

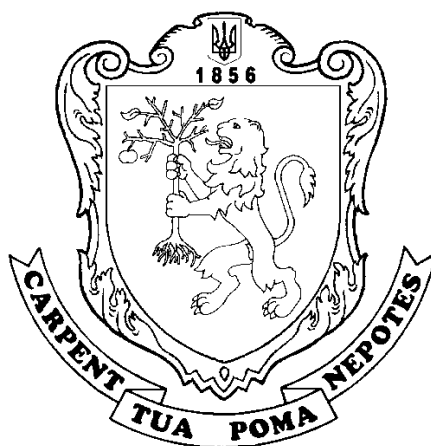
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

ВІСНИК

**ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

Агрономія

№ 26



Львів 2022

Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія «Агронімія».
2022. № 26. 212 с.

Розглядаються актуальні питання екології, рослинництва, плодоовочівництва, кормовиробництва і тваринництва, селекції і насінництва, захисту рослин, агрохімії і ґрунтознавства, способи основного обробітку ґрунту й системи удобрення та їх вплив на урожайність сільськогосподарських культур.

Для наукових працівників, викладачів, аспірантів і студентів закладів вищої освіти аграрного профілю, фахівців агропромислового комплексу.

*Рекомендовано до друку
вченою радою Львівського національного університету природокористування
(протокол № 2 від 09.11.2022 р.)*

Редакційна колегія:

Снітинський В. В., д. б. н., академік НААНУ, Львівський національний університет природокористування – головний редактор;

Гнатів П. С., д. б. н., професор, Львівський національний університет природокористування – заступник головного редактора;

Іванків М. Я., к. с.-г. н., доцент, Львівський національний університет природокористування – відповідальний секретар;

Андрейова А., д. інж., доктор філософії, доцент, Словацький сільськогосподарський університет в Нітрі, Словацька Республіка;

Бальковський В. В., к. с.-г. н., доцент, Львівський національний університет природокористування;

Вовк С. О., д. б. н., професор, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН України;

Голячук Ю. С., к. б. н., доцент, Львівський національний університет природокористування;

Гаськевич О. В., к. геогр. н., доцент, Львівський національний університет природокористування;

Гунчак А. В., д. с.-г. н., старший науковий співробітник, Інститут біології тварин НААН;

Дидів О. Й., к. с.-г. н., доцент, Львівський національний університет природокористування;

Іванюк В. Я., к. с.-г. н., доцент, Львівський національний університет природокористування;

Ільчук Р. В., д. с.-г. н., старший науковий співробітник, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН;

Жиромські А., д. габ., професор, Вроцлавський університет природничих наук, Республіка Польща;

Забродіна І. В., к. с.-г. н., доцент, Державний біотехнологічний університет;

Заневич-Байковска А., д. габ., професор, Природничо-гуманітарний університет в Седльце, Республіка Польща;

Капрусь І. Я., д. б. н., професор, Львівський національний університет ім. Івана Франка;

Квасовські В., доктор наук, доцент, Варшавський університет природних наук, Республіка Польща;

Косилович Г. О., к. б. н., доцент, Львівський національний університет природокористування;

Лихочвор В. В., д. с.-г. н., професор, Львівський національний університет природокористування;

Мартин В., д. габ., професор, Державна вища школа ім. Шимона Шимоновица в м. Замосць, Республіка Польща;

Огородник Н. З., д. вет. н., професор, Львівський національний університет природокористування;

Роса Р., д. габ., професор, Природничо-гуманітарний університет в Седльце, Республіка Польща;

Рутковська Б., д. габ., професор, Варшавський університет природних наук, Республіка Польща;

Самборські А., д. габ., професор, Державна вища школа ім. Шимона Шимоновица в м. Замосць, Республіка Польща;

Спихай-Фабісяк Є., доктор сільськогосподарських наук, професор, Технологічно-природничий університет у Бидгощі, Республіка Польща;

Станкевич С. В., к. с.-г. н., доцент, Державний біотехнологічний університет;

Фудмаска І. В., д. с.-г. н., професор, Інститут біології тварин НААН;

Франчук Й., д. габ., професор, Природничо-гуманітарний університет в Седльце, Республіка Польща;

Хірівський П. Р., к. б. н., доцент, Львівський національний університет природокористування;

Хойніцкі Ю., д. габ., професор, Варшавський університет природних наук, Республіка Польща;

Шувар І. А., д. с.-г. н., професор, Львівський національний університет природокористування;

Шульц В., д. габ., професор, Варшавський університет природних наук, Республіка Польща.

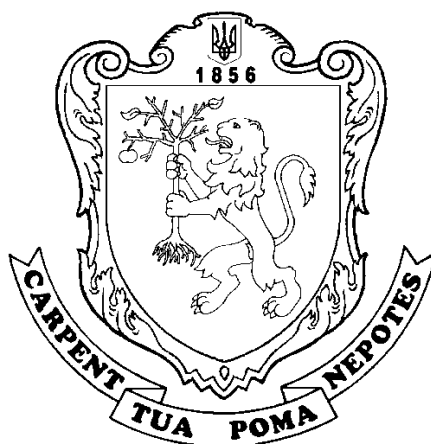
Засновник: Львівський національний університет природокористування
Періодичність видання: 1 раз на рік

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
LVIV NATIONAL ENVIRONMENTAL
UNIVERSITY**

**BULLETIN
OF LVIV NATIONAL ENVIRONMENTAL UNIVERSITY**

Agronomy

№ 26



Lviv 2022

Bulletin of Lviv National Environmental University. Series «Agronomy». 2022. № 26. 212 p.

The main fields of the research are: ecology, plant cultivation, fruit-and-vegetables farming, fodder production and animal raising, selection and seed-growing, plant protection, Agro-Chemistry and soil study, methods of basic soil cultivation and systems of fertilization and their impact on the agricultural crops.

The edition is for scientists, teachers, students and postgraduate students, specialists of agriculture.

*Recommended for publication
by the Academic Council of the Lviv National Environmental University
(protocol № 2 from 09.11.2022)*

Editorial board:

Snitynskyi V. V., Doctor of Biological Sciences, Academician of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Lviv National Environmental University – editor-in-chief;

Hnativ P. S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Lviv National Environmental University – deputy editor-in-chief;

Ivankiv M.Ya., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University, executive – secretary of the Journal;

Andrejiová A., Doc. Ing., PhD, docent, Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovak Republic;

Balkovskiy V. V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University;

Vovk S. O., Doctor of Biological Sciences, Professor, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of Ukraine of NAAS;

Holiachuk Yu. S., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University;

Haskevych O.V., Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University;

Hunchak A. V., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Institute of Animal Biology of NAAS;

Dydiv O. Y., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University;

Ivaniuk V.Ya., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University;

Ilichuk R.V., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of Ukraine of NAAS;

Zyromski A., Dr. hab. inż., Professor, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Republic of Poland;

Zabrodina I.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, State Biotechnological University;

Zaniewicz-Bajkowska A., Dr. hab., Professor, Siedlce University of Natural Sciences and Humanities, Republic of Poland;

Kaprus I. Ya., Doctor of Biological Sciences, Professor, Ivan Franko National University of Lviv;

Kwasowski W., Dr inż., Adiunkt, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Republic of Poland;

Kosylovych H. O., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University;

Lykhochvor V. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Agriculture Sciences of Ukraine, Lviv National Environmental University;

Martyn W., Dr. hab., Professor, Doctor Honoris Causa, State School of Higher Education in Zamość, Uczelnia Państwowa im. Szymona Szymonowica w Zamościu, Republic of Poland;

Ohorodnyk N. Z., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Lviv National Environmental University;

Rosa R., Dr. hab. inż., Professor, Siedlce University of Natural Sciences and Humanities, Republic of Poland;

Rutkowska B., Dr. hab., Professor, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Republic of Poland;

Samborski A., Dr. hab., Professor, State School of Higher Education in Zamość, Uczelnia Państwowa im. Szymona Szymonowica w Zamościu, Republic of Poland;

Spychaj-Fabisiak E., Dr. hab., Profesor nauk rolniczych, Bydgoszcz University of Technology and Life Sciences, Republic of Poland;

Stankevych S.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, State Biotechnological University;

Fudmaska I.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Institute of Animal Biology of NAAS;

Franczuk J., Dr. hab., Professor, Siedlce University of Natural Sciences and Humanities, Republic of Poland;

Khirivskiy P. R., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Lviv National Environmental University;

Chojnicki J., Dr. hab., Professor, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Republic of Poland;

Shuvar I. A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Lviv National Environmental University;

Szulc W., Dr. hab., Professor, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Republic of Poland

Розділ 1

ЕКОЛОГІЯ

УДК 339.138:379.851:504.03

МАРКЕТИНГОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФОРМУВАННЯ І РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНОГО ТУРИЗМУ У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

В. Снітинський, д. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-9633-1004

Р. Хірівський, к. е. н.

ORCID ID: 0000-0002-7299-429X

П. Хірівський, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-7246-9260

Ю. Корінець, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-8920-3186

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.005>

Снітинський В., Хірівський Р., Хірівський П., Корінець Ю. Маркетингове забезпечення формування і розвитку зеленого туризму у Львівській області

Вивчено ефективність застосування маркетингового підходу до управління регіональним розвитком туризму. Проведено комплексне дослідження понять «зелений маркетинг», «сталий маркетинг» та «екологічний маркетинг». Враховано відмінність підходів до цих понять з боку вітчизняних та закордонних науковців. Вказано, які саме особливості сфери зеленого туризму сприяють зростанню його привабливості на ринку туристичних послуг. Розглянуто суть та елементи маркетингового планування у процесі створення і розвитку агроосель. Подано найбільш перспективні варіанти просування туристичних послуг. Схематично описано маркетингові стратегії розвитку агрооселі та її продукції у сфері зеленого туризму. Подана триетапна маркетингова модель розвитку агроосель сприятиме еволюції їхнього позиціонування на ринку в напрямі становлення традиційних агроосель із повним переліком супутніх послуг для довготермінового проживання усіх категорій туристів.

Розглянуто ключові передумови відносно розвитку зеленого туризму у досліджуваному регіоні – Львівській області. Аналіз статистичних даних щодо розподілу внутрішніх туристів, обслуговуваних туроператорами та турагентами, за метою поїздки та регіонами демонструє лідерські позиції області, особливо у сфері лікувально-оздоровчого туризму.

Зауважено, що в межах області зелений туризм розвивається нерівномірно. Відповідно до наявності рекреаційних ресурсів, які є невід'ємною складовою розвитку цього виду туризму, понад 95 % агроосель розташовано у південній та південно-східній частині області. У результаті проведеного SWOT-аналізу зеленого туризму у Львівській області виявлено потенційні можливості та загрозові фактори його розвитку. На основі здійсненої оцінки розвитку сільського зеленого туризму за допомогою факторів різного впливу запропоновано комплекс заходів, призначених для вдосконалення галузі.

Ключові слова: зелений туризм, комплекс маркетингу, агрооселя, маркетингове забезпечення, конкурентоспроможність.

Snitynskyi V., Khirivskyi R., Khirivskyi P., Korinets Yu. Marketing support for establishment and development of green tourism in Lviv region

The research topic is devoted to the study of effectiveness of the marketing approach to management of the regional tourism development. The article supplies a comprehensive study of the concepts of «green marketing», «sustainable marketing» and «environmental marketing». Domestic and foreign scientists have different approaches to these concepts. The authors of the research identify features of green tourism, which contribute to the raise of its attractiveness at the market of tourist services. The essence and elements of marketing planning in the process of creation and development of agro-villages are considered. The most promising options for promoting tourist services are presented. The marketing strategies of agro-village development and its products in the field of green tourism are schematically described. The presented three-stage marketing model of agro-village development will contribute to evolution of their positioning at the market in the direction of formation of traditional agro-villages with a full list of related services for long-term accommodation of all categories of tourists.

The article considers all key prerequisites for development of green tourism in the studied region, i.e. Lviv region. The analysis of statistical data on distribution of domestic tourists served by tour operators and travel agents for the purpose of travel and regions demonstrates leading positions of the region, especially in the field of health-curative tourism.

The study shows that development of green tourism is uneven within the region boundaries. According to the availability of recreational resources, which are an integral part of development of this type of tourism, more than 95 % of agro-villages are located in the southern and south-eastern part of the region. By making SWOT-analysis of green tourism in Lviv region, the researchers identify potential opportunities and threatening factors of its development. Basing on assessment of the rural green tourism development under the effect of different factors, a set of measures is proposed to improve the examined area.

Key words: green tourism, marketing complex, agro-village, marketing support, competitiveness.

Постановка проблеми. У більшості держав світу сфера туризму розвивається як система, метою функціонування якої є ознайомлення з історичними, культурними, звичаєвими, духовними та релігійними цінностями держави чи регіону. Одним із ключових та найбільш динамічно зростаючих елементів туризму є зелений туризм – специфічна форма відпочинку в сільській місцевості.

Широкий асортимент послуг спричинює потребу в маркетинговій діяльності і просуванні у мережі інтернет. Вказана потреба зумовлена високими показниками розвитку галузі, зростанням кількості баз зеленого туризму, урізноманітненням та поглибленням диференціації пропозиції. Застосування комплексу маркетингових стратегій на базі підприємств зеленого туризму має на меті активізацію просування туристичної продукції, зростання рентабельності туристичного бізнесу підвищенням показників якості обслуговування, введенням нових послуг та збільшенням рівня пізнаваності зелених садиб.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню понять «зеленого туризму» та «зеленого маркетингу» присвячено низку праць вітчизняних та закордонних учених і дослідників. Зокрема еволюції теорії «зеленого маркетингу» присвячено праці Ф. М. Белз і В. Карстенс, а також В. Данціу. Практичним аспектам зеленого маркетингу присвячено праці Дж. Оттман, Дж. Гранта та В. М. Прайда [10]. Помітно розрізняється і бачення поняття зеленого туризму у вітчизняній та закордонній науці. Так, Ю. В. Зінко розглядає сутність зеленого туризму у забезпеченні відпочинку в селянських господарствах сільської місцевості, що дає змогу туристам перебувати поряд із недоторканою природою та історичною спадщиною. Проте більш актуальним вважаємо трактування Міжнародного Союзу охорони природи (МСОП), котрий визначає його як мандрівку з підвищеною відповідальністю перед навколишнім природним середовищем на

відносно незайманих територіях задля вивчення й насолоди навколишньою природою, котра сприяє заходам щодо її охорони, забезпечує активізацію соціально-економічної участі жителів території у збереженні природи й отриманні внаслідок цього ними переваг від вказаної діяльності.

Постановка завдання. Наше завдання – аналіз проблем і перспектив втілення інструментів зеленого маркетингу в туристичній галузі, дослідження сучасного становища та перспектив розвитку сільського зеленого туризму в межах Львівської області.

Виклад основного матеріалу. Аналіз наукових публікацій показує, що, на відміну від закордонних науковців, котрі розпочали дослідження екологічних аспектів маркетингу ще у 70-х роках ХХ століття, у вітчизняній науковій думці це поняття з'явилося відносно нещодавно. Саме тому, та з огляду на відсутність достатньої кількості досліджень поняття інструментарію зеленого маркетингу та єдиної термінологічної системи, ми застосували поняття, яким послуговуються в іноземних наукових працях. Зокрема найбільш поширеними є категорії зеленого маркетингу («green marketing»), маркетингу навколишнього середовища («environmental marketing»), а також екологічного маркетингу («eco-marketing»), дещо рідше використовують поняття сталого маркетингу («sustainable marketing») [6]. Найбільш комплексним вважаємо визначення Американської маркетингової асоціації (рис. 1).

Оцінюючи привабливість туристичних послуг, виокремлюють такі особливості сфери зеленого туризму:

1. Відпочинок в екологічно чистому середовищі;
2. Ознайомлення з локальною культурою та традиціями;
3. Перебування у родинній атмосфері;
4. Наявність цікавого відпочинку для дітей;
5. Ширше самообслуговування [9].



Рис. 1. Визначення поняття «Зелений маркетинг»

Вказані характеристики послуг сфери зеленого туризму задовольняють потреби потенційних туристів у відпочинку, покращанні здоров'я, фізіологічного та психічного стану [1].

Під час створення і розвитку агроосель необхідно розробити маркетинговий план із чітко визначеними потребами туристів, які користуватимуться туристичними послугами у тому чи іншому регіоні, та спрогнозувати, яких саме послуг вони потребують. Суть маркетингового планування полягає у визначенні ключових цілей маркетингу та оптимальної моделі їхнього досягнення завдяки оптимальному розподілу ресурсів.

Основна мета розробки маркетингового плану – визначити, який тип наданих послуг буде для агрооселі найбільш перспективним та які саме сфери будуть найбільш привабливими для інвестування [8].

Під час формування маркетингової стратегії необхідно розглянути такі елементи:

1. Шлях досягнення успіху;
2. Послуга, котру ми пропонуємо (структура послуги);
3. Забезпечення якості послуги;
4. Напрями приваблення туристів (менеджмент продукту) [2].

За виконання цього завдання можливі такі варіанти просування туристичних послуг:

1. Надання наявних туристичних послуг:
 - а) розширення частки на ринку;
 - б) розширення комплексу супутнього сервісу;
 - в) покращання якості послуг.
2. Популяризація послуг на нових ринках:
 - а) пошук нових сегментів ринку туристичних послуг у регіоні;
 - б) просування нових чи модифікованих послуг на нових ринках (пошук ринків у нових регіонах) [4].

Маркетингові стратегії розвитку агрооселі та її продукту у сфері зеленого туризму показано на рис. 2.

Перспективний розвиток агроосель полягає в поступовому переході від моделі А до моделі Е. Проте варто зауважити, що для значної частки агроосель вказаний перехід неактуальний. Іноді достатнім є перехід у межах «А-Б» та «А-В».

Досліджуваний регіон – Львівщина – має всі ключові передумови відносно розвитку зеленого туризму:

1. Розташування у трьох природних зонах;
2. Наявність значного туристично-рекреаційного потенціалу території;

3. Велика кількість природно-кліматичних, історико-культурних та етнічних туристичних ресурсів, зручне транспортно-географічне розташування.

Сукупність цих чинників зумовила потрапляння Львівської області до переліку лідерів за кількістю внутрішніх туристів (табл. 1) [4].

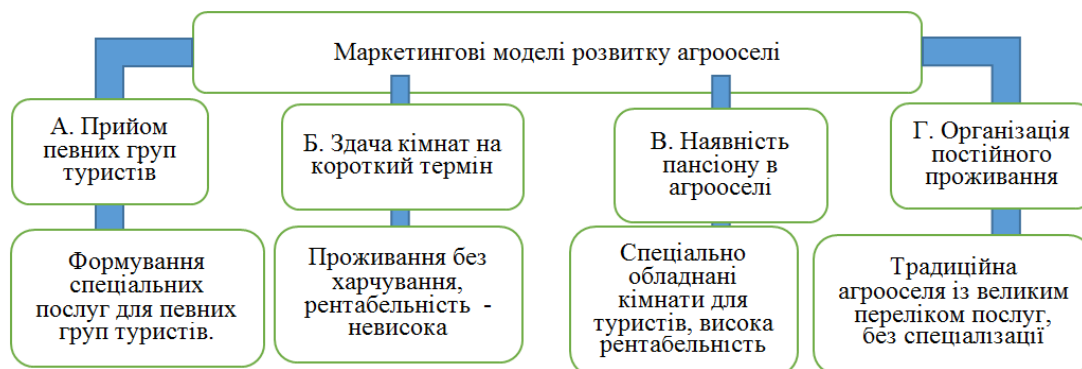


Рис. 2. Маркетингові моделі розвитку агроосель

Таблиця 1

Розподіл внутрішніх туристів, обслуговуваних туроператорами та турагентами, за метою поїздки та регіонами у 2020 р.

Область	Кількість внутрішніх туристів, усього	Зокрема за метою поїздки					
		службова, ділова, навчання	дозвілля, відпочинок	лікування	спортивний туризм	спеціалізований туризм	інші
Україна	187530	45057	121628	13729	573	2225	4318
Вінницька	5128	–	5128	–	–	–	–
Волинська	297	–	241	56	–	–	–
Дніпропетровська	2323	35	1901	279	108	–	–
Донецька	3484	–	3480	4	–	–	–
Житомирська	138	–	138	–	–	–	–
Закарпатська	2250	–	2250	–	–	–	–
Запорізька	5924	309	5128	487	–	–	–
Івано-Франківська	50176	55	50117	4	–	–	–
Київська	468	13	376	64	15	–	–
Кіровоградська	20	–	18	2	–	–	–
Луганська	4	–	2	2	–	–	–
Львівська	18371	–	7104	11267	–	–	–
Миколаївська	136	–	134	2	–	–	–
Одеська	1917	537	1355	1	24	–	–
Полтавська	751	9	742	–	–	–	–
Рівненська	1060	–	1060	–	–	–	–
Сумська	2338	1653	681	4	–	–	–
Тернопільська	437	–	437	–	–	–	–
Харківська	4230	–	4175	55	–	–	–
Херсонська	1823	–	1823	–	–	–	–
Хмельницька	745	–	744	1	–	–	–
Черкаська	617	–	615	2	–	–	–
Чернівецька	520	8	485	7	20	–	–
Чернігівська	110	–	110	–	–	–	–
м.Київ	84263	42438	33384	1492	406	2225	4318

Згідно з даними табл. 1, Львівщина – очевидний лідер у сфері лікувально-оздоровчого туризму. Зокрема у 2020 році на область припадало понад 82 % туристів цього напрямку [3]. Зручне географічне розташування області та сусідство

із державами Європейського Союзу сприяли великій кількості закордонних туристів. Відповідно до статистичних даних, область входить у трійку лідерів регіонів України за кількістю прийнятих закордонних туристів (табл. 2).

Таблиця 2

Розподіл в'їзних (іноземних) туристів, обслуговуваних туроператорами та турагентами, за метою поїздки та регіонами у 2020 році

Область	Кількість в'їзних (іноземних) туристів, усього	Зокрема за метою поїздки					
		службова, ділова, навчання	дозвілля, відпочинок	лікування	спортивний туризм	спеціалізований туризм	інші
Україна	11773	481	8444	232	256	2304	56
Вінницька	–	–	–	–	–	–	–
Волинська	19	–	6	13	–	–	–
Дніпропетровська	–	–	–	–	–	–	–
Донецька	–	–	–	–	–	–	–
Житомирська	–	–	–	–	–	–	–
Закарпатська	–	–	–	–	–	–	–
Запорізька	36	–	36	–	–	–	–
Івано-Франківська	1569	–	1569	–	–	–	–
Київська	92	–	–	–	–	92	–
Кіровоградська	–	–	–	–	–	–	–
Луганська	–	–	–	–	–	–	–
Львівська	267	–	87	180	–	–	–
Миколаївська	–	–	–	–	–	–	–
Одеська	145	120	25	–	–	–	–
Полтавська	–	–	–	–	–	–	–
Рівненська	3	–	3	–	–	–	–
Сумська	–	–	–	–	–	–	–
Тернопільська	–	–	–	–	–	–	–
Харківська	4	–	4	–	–	–	–
Херсонська	–	–	–	–	–	–	–
Хмельницька	–	–	–	–	–	–	–
Черкаська	–	–	–	–	–	–	–
Чернівецька	–	–	–	–	–	–	–
Чернігівська	–	–	–	–	–	–	–
м. Київ	9638	361	6714	39	256	2212	56

Варто зауважити, що схожа динаміка розвитку «зеленого туризму» є загальносвітовою тенденцією. Експерти Всесвітньої туристичної організації (ВТО) погоджуються з думкою, що сільський туризм (СЗТ) – складна багатоаспектна діяльність, яка охоплює пішохідні й кінні прогулянки, оздоровчі подорожі, інші, менш спеціалізовані форми туризму.

Згідно з офіційними статистичними даними ВТО, «зелені» подорожі нині займають від 7 до

20 % у загальному обсязі туристичних поїздок. Темпи росту СЗТ оцінюють від 10–20 до 30 % на рік, а його частка у доходах від міжнародного туризму сягає 10–15 %.

Лише європейський ринок СЗТ, за оцінками Європейської Федерації Фермерського та Сільського туризму (EuroGites), нині становить близько 2 млн ліжок-місць. Український ринок потенційно здатний прийняти майже 150 тис. «зелених» туристів. Сьогодні сільський туризм розвивається

доволі швидкими темпами і в деяких країнах привертає увагу великої частки іноземних туристів. За популярністю відпочинку у сільській місцевості в цих країнах посідає тепер друге місце після відпусток на морі. Найбільш вдалим прикладами можна назвати Італію, Францію, Ірландію, Великобританію, Іспанію, Німеччину. У Західній Європі, де розміщення в готелях порівняно дороге, поширені недорогі пансіони і будинки для гостей, популярних серед подорожуючої молоді й бізнесменів. В&В у багатьох європейських країнах відіграють ключову роль у розширенні готельних місць під час проведення масштабних спортивних і культурно-масових заходів. Наприклад, встановлено, що понад 60 % футбольних уболівальників у Західній Європі розміщуються в недорогих

приватних пансіонах. Розвинена транспортна інфраструктура західноєвропейських країн й умови Шенгенської угоди (безвізовий режим в'їзду-виїзду в Європейському Союзі) дозволяють значній кількості європейських футбольних уболівальників вільно подорожувати з однієї країни в іншу. Крім того, в Європі понад 70 % туристів під час подорожей зупиняються в неготельних засобах розміщення, більшу частину з яких становлять саме приватні гостинні садиби.

У межах області розвиток зеленого туризму відбувається нерівномірно. Відповідно до наявності рекреаційних ресурсів, які є невід'ємною складовою розвитку цього виду туризму, агрооселі розташовані у південній та південно-східній частинах області (рис. 3) [7].

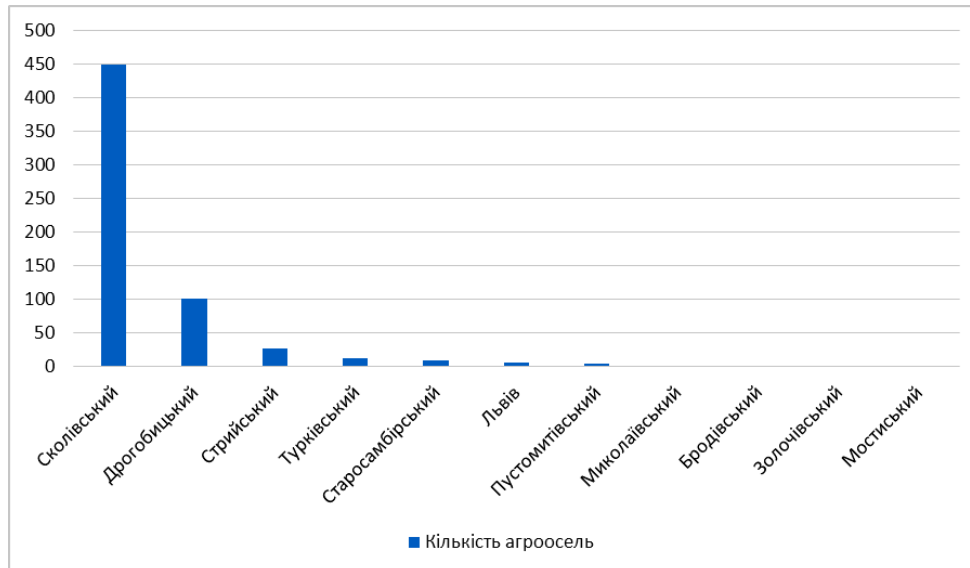


Рис. 3. Кількість агроосель у розрізі адміністративних районів Львівської області (на 2020 р.)

Дослідження показують, що найбільш розвиненим є сільський зелений туризм у колишньому Сколівському (із 17.07.2020 року – входить до складу Стрийського) і Дрогобицькому районах (відповідно – 450 та 101 садиба).

Решта районів відповідно до кількості садиб зеленого сільського туризму розташована у такому порядку: Стрийський (28 садиб), Турківський (12 садиб), Старосамбірський (9 садиб), Львів та його околиці (6 садиб), Пустомитівський (4 садиби), Миколаївський – 2 і по одній садибі в межах Бродівського, Золочівського та Мостиського районів (перелік районів – на 01.01.2020 р.).

Причинами такої асиметричності розвитку сільського зеленого туризму вважаємо низку чинників: відмінність географічного розташування та туристичного потенціалу районів (зокрема –

гірські й передгірські території мають більший туристичний потенціал, тож привабливіші для туристів), наявність достатньої кількості рекламних матеріалів, традиційне сприйняття певних регіонів області як «екологічно чистих», кращі соціальна інфраструктура і поінформованість сільського населення щодо перспективності розвитку зеленого туризму у їхній місцевості та ін.

Для досягнення сталого розвитку зеленого туризму у Львівській області варто активізувати державну підтримку розвитку СЗТ, врегулювати інституційну базу в цій сфері, популяризувати зелений туризм у середовищі сільських жителів, проводити навчання і тренінги для власників агроосель, здійснювати активну промоцію СЗТ області, організовувати фестивалі і майстер-класи.

Доцільність розвитку сільського зеленого туризму на теренах Львівщини підтверджує проведений SWOT-аналіз, за допомогою якого можемо об'єктивно оцінити переваги цього виду туризму та розробити результативні заходи для попередження можливих загроз.

Аналіз сильних сторін дає змогу визначити потенційні можливості регіону і розробити ефективну стратегію розвитку зеленого туризму на його теренах. У процесі визначення оптимальної

стратегії розвитку сільського зеленого туризму у Львівській області підхід запропонованого SWOT-аналізу безумовно ефективний (табл. 3).

На основі здійсненої оцінки розвитку сільського зеленого туризму за допомогою факторів різного впливу пропонуємо такі напрями вдосконалення досліджуваної галузі:

1. Формування нових джерел фінансово-інвестиційних ресурсів завдяки впровадженню грантів та преференційних мікрокредитів.

Таблиця 3

SWOT-аналіз зеленого туризму у Львівській області

Фактори розвитку сільського зеленого туризму у Львівській області	
Сприятливі	Несприятливі
високі показники природно-рекреаційного потенціалу області	незнання приймаючою стороною іноземних мов
перспективні можливості щодо розвитку альтернативних видів відпочинку (пізнавального туризму, спортивної рекреації (зокрема полювання, риболовлі), агротуризму тощо)	брак стартового капіталу для відкриття власної підприємницької діяльності
конкурентні ціни за проживання і харчування	вакуум туристичної інформації про рекреаційні можливості регіону
значна кількість індивідуальних операторів, котрі весь рік приймають гостей	відсутність практичного досвіду туристичної діяльності у власників агроосель
збережена етнокультурна самобутність краю, традиційна гостинність населення	недостатній розвиток соціальної та виробничої інфраструктури
зручне транспортно-географічне розташування	нерозповсюдженість систем резервування місць
Можливості, що стимулюватимуть розвиток СЗТ у Львівській області	Загрози, які перешкоджатимуть розвитку СЗТ у Львівській області
підтримка сільськими громадами розвитку зеленого туризму сприятиме облаштуванню агроосель і благоустрою усієї місцевості, розвитку соціальної інфраструктури та сфери обслуговування	розширення нічліжної бази без категорії, котра зменшує якість надаваних послуг
збільшення зайнятості місцевого населення (формування нових робочих місць у сфері обслуговування, медицини та транспортній мережі, що забезпечить роботою і випускників ЗВО регіону)	брак організаційного, економічного і правового підґрунтя функціонування агроосель (неврегульованість нормативно-законодавчої бази відносно діяльності суб'єктів сільського зеленого у податковій сфері, узгодження тарифів на проживання і надання послуг, затвердження правил пожежної безпеки і вимог санітарно-епідеміологічної станції тощо)
розвиток зеленого туризму сприятиме надходженню інвестицій у сільську місцевість і зростанню доходів місцевого населення, підвищуючи їхній життєвий рівень загалом	зростання конкуренції й відсутність координації дій між різними структурами, котрі займаються промоцією сільського зеленого туризму, перешкоджають упровадженню єдиної стратегічної цілі розвитку досліджуваної галузі у регіоні
залучення туристів сприятиме збереженню і реставрації пам'яток історико-культурного значення	високий рівень безробіття, що спричинює зростання злочинності, котра відлякуватиме потенційних туристів
сповільнення темпів трудової міграції працездатного населення до міст і за кордон	брак стимулювання розвитку туризму з боку державних органів
	нестабільна політична й економічна ситуація знижує активність закордонних інвесторів

2. Створення інформаційно-маркетингової служби, ключовими функціями котрої було б виконання широкого спектру послуг для підприємців і туристів (дослідження з метою вивчення і прогнозування попиту на широкий спектр туристичних послуг тощо) [5];

3. Потужна рекламна кампанія, випуск високоякісних інформаційно-довідкових матеріалів (формування порталу «Сільський зелений туризм Львівської області», котрий міститиме каталог агроосель регіону).

4. Проведення категоризації приватних садиб, для забезпечення персоніфікації пропозиції для клієнта.

5. Розроблення централізованої (насамперед – комп'ютерної) системи резервування місць.

6. Забезпечення дотацій.

7. Регулярне проведення тренінгів для власників агроосель і сільських працівників, задіяних у сфері агротуризму.

8. Налагодження обміну досвідом із гмінами Республіки Польщі, котрі здобули чималий досвід діяльності у сфері сільського зеленого туризму.

9. Створення (вдосконалення) інженерної інфраструктури (зокрема – проведення освітлення, опалення, телефонізації, будівництво чи ремонт доріг, каналів водопостачання, лижних трас, підйомників тощо).

10. Забезпечення розвитку соціальної інфраструктури, котра активізуватиме контакти поміж сільськими мешканцями і туристами (зокрема – будівництво чи ремонт будинків культури, місцевих кінотеатрів, проведення святкових заходів, карнавалів, змагань та ін.);

11. Удосконалення виробничої інфраструктури, орієнтованої на аутентичні народні ремесла і виробництво характерних лише для певного регіону сувенірів.

Висновки. Ключовою рушійною силою прискореного розвитку сільського зеленого туризму (СЗТ) є динамічно зростаючий попит на рекреаційний туризм у природному середовищі, спричинений зростанням розриву між умовами середовища проживання сучасної людини та її фізіологічними й психологічними потребами.

Під час формування маркетингової стратегії просування агроосель варто сформулювати ключові риси пропонованих послуг і виявити, які саме потреби та очікування туристів вони здатні задовольнити.

Комплекс маркетингу базується на чотирьох основних елементах: продукті, ціні, продажу, просуванні. Базовою категорією політики розробки власного туристичного продукту є дослідження попиту та потреб споживачів.

Маркетингова політика просування послуг у сільському зеленому туризмі полягає у формуванні інформаційних матеріалів про послуги, що надаються власниками агроосель, рекламних звернень у різних формах завдяки мережі інтернет, засобам масової інформації та іншим типам просування: зв'язкам із громадськістю, участі у конференціях, семінарах, виставках, ярмарках та ін.

Отож, кожна агрооселя має виробити індивідуальний комплекс маркетингу відповідно до запитів обраних цільових груп та власних цілей.

Для ефективного поширення СЗТ у межах Львівської області необхідно активізувати державну підтримку розвитку сільського зеленого туризму, врегулювати інституційну базу, популяризувати СЗТ поміж сільських жителів, проводити навчання і тренінги для власників агроосель, здійснювати активну промоцію СЗТ регіону, організовувати місцеві етнографічні фестивалі та майстер-класи тощо.

Формування комплексного стратегічного плану розвитку сільського зеленого туризму у регіоні – тривалий та складний процес, підґрунтям для якого є дотримання ключових характеристик: адаптивність, баланс інтересів, легітимність, ефективність, цілеспрямованість, системність, комплексність, соціальний захист населення та навколишнього природного середовища від негативних наслідків.

Бібліографічний список

1. Варталян Г. В. Роль екологічного маркетингу в організації туристичної діяльності. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2012. № 13. С. 100–105.
2. Грищенко О. Ф. Дослідження проблем та перспектив використання зеленого маркетингу в туризмі. *Економічні проблеми сталого розвитку: матеріали Всеукр. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих, присвяченої 80-річчю від дня народження професора Олега Балацького*, м. Суми, 21–25 квітня 2017 р. Суми: СумДУ, 2017. С. 265–267.
3. Державна служба статистики України: Туристична діяльність в Україні у 2020 році. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 01.03.2022).
4. Коберніченко Т. О. Сільський зелений туризм: програма навчання. Київ: *Аграрна освіта*. 2005. 76 с.

5. Рутинський М. Й. Сільський туризм. Київ: Знання, 2006. С. 271.
6. Сімків Л. Є. Теоретичні аспекти стратегії розвитку сільського зеленого туризму в регіоні. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. Вип. 22.12. С. 74–81.
7. Худоба В. В., Лабарткава В. К. Сутність та функції екотуризму. 2019. URL: <http://repository.ldufk.edu.ua/bitstream/34606048/23927/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F%201.pdf> (дата звернення: 11.02.2022).
8. Шевченко І. В. Маркетинг у сільському зеленому туризмі. URL: <https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/nppdaa/4.1/317.pdf> (дата звернення: 08.02.2022).
9. Haponenko H., Vasylenko A., Shamara I. Green Tract Organizing Prospects in Ukraine as an Internal Tourism Market Development Priority Direction. *The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series: International Relations. Economics. Country Studies. Tourism*. 2021. No 15. P. 174–185.
10. Pride W. M. Study Guide for Marketing / W. M. Pride, O. C. Ferrell. Houghton Mifflin Company, 2006. 571 p.

Стаття надійшла 05.05.2022

ПІДВИЩЕННЯ БАР'ЄРНИХ ФУНКЦІЙ ҐРУНТУ ЗА НЕБЕЗПЕКИ ЗАБРУДНЕННЯ КАДМІЄМ З МЕТОЮ ОДЕРЖАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ КАПУСТИ БІЛОГОЛОВОЇ

В. Снітинський, д. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-9633-1004

А. Дидів, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4436-9008

Н. Качмар, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-4471-5895

М. Іванків, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4911-2877

Т. Дацко, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-2957-1822

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.014>

Снітинський В., Дидів А., Качмар Н., Іванків М., Дацко Т. Підвищення бар'єрних функцій ґрунту за небезпеки забруднення кадмієм з метою одержання екологічно безпечної продукції капусти білоголової

Ґрунт – специфічний компонент біогеосфери. Він здатен акумулювати забруднювачі та є їхнім природним буфером, проміжною або кінцевою ланкою транслокації хімічних елементів і різних сполук у циклі: атмосфера – гідросфера – жива речовина – літосфера. Близько 90 % важких металів (ВМ), що потрапили у довкілля, акумулюються ґрунтами, забруднюючи суміжні середовища та біоту, або зазнають седиментації (фіксації у твердій фазі). Надходження таких важких металів як Cd, Pb, Zn, Ni, Hg в агроєкосистеми значно переважає їх природний винос та включення в біогеохімічний кругообіг. Усі основні цикли природної міграції важких металів у біогеосфері (водні, атмосферні, біотичні) починаються з літосфери. Антропогенне забруднення ґрунтів доповнює ці цикли, і якщо ґрунти не «справляються» з їх седиментацією, або слабо «працюють» як буфери, потрібні додаткові агротехнічні заходи з метою запобігання забрудненню агропродукції важкими металами. Саме тут відбуваються їх мобілізація і утворення різних міграційних форм та токсичних фонів. Більшість важких металів, які потрапили на поверхню ґрунту, затримуються органічними компонентами (закріплюються у верхніх гумусових горизонтах) або фіксуються його мінеральною складовою і зазнають седиментації.

Для підвищення бар'єрних функцій ґрунту, забрудненого важкими металами, з метою одержання екологічно безпечної агропродукції вносять органічні та бактеріальні добрива, використовують сидерати, правильно чергують культури у сівозміні, раціонально застосовують комплексні мінеральні добрива та кальцієві меліоранти, що допомагають підтримувати сприятливі фізико-хімічні властивості ґрунту та підвищувати його родючість. Ці та інші заходи збільшують буферність та седиментаційний потенціал ґрунтів стосовно рухомих форм важких металів та інших ксенобіотиків.

Дослідженнями встановлено, що застосування органічної та органо-мінеральної систем удобрення у поєднанні з вапнуванням ґрунту у нормі Біогумус 8 т/га + CaCO₃ 5 т/га та N₆₄P₆₄K₆₄+ Біогумус 4 т/га + CaCO₃ 5 т/га сприяло активізації бар'єрних функцій ґрунту, а відтак – зниженню рухомості йонів Cd²⁺ у ґрунті та зменшенню їх транслокації в рослини капусти білоголової на всіх рівнях змодельованого забруднення ґрунту кадмієм.

З'ясовано, що на контрольному фоні у зазначених варіантах досліду були: найменша концентрація рухомих форм кадмію у ґрунті – 0,051 та 0,063 мг/кг, найнижчий перехід елемента з валової форми у рухому 3,30 та 4,67 % за коефіцієнта небезпеки 0,07 та 0,09. Відповідно у цих варіантах коефіцієнти небезпеки концентрації елемента в головках капусти також були найменшими (0,13 та 0,21), що свідчить про екобезпечність продукції капусти білоголової та доцільність застосування методів хімічної меліорації ґрунтів, забруднених важкими металами. Виявлено сильний кореляційний зв'язок ($r=0,96$) між концентрацією рухомих форм Cd²⁺ у ґрунті та концентрацією елемента в рослинах капусти білоголової.

Ключові слова: забруднення, седиментація, буферність ґрунту, капуста білоголова, важкі метали, рухомість, транслокація йонів, меліоранти, добрива.

Snitynskyi V., Dydiv A., Kachmar N., Ivankiv M., Datsko T. Improving the soil barrier functions under the threat of cadmium contamination in order to obtain ecologically safe yields of white cabbage

Soil is a specific component of the biogeosphere. It is able to accumulate pollutants and is the natural buffer for them. Soil is an intermediate or final link in the translocation of chemical elements and various compounds in the cycle:

atmosphere – hydrosphere – living matter – lithosphere. Approximately 90 % of heavy metals (HM) entering the environment are accumulated in soils, polluting the adjacent environments and biota, or undergo sedimentation (fixation in the solid phase). The influx of such heavy metals as Cd, Pb, Zn, Ni, Hg into agroecosystems significantly exceeds the natural removal of them and inclusion in the biogeochemical cycle. All main cycles of the natural migration of heavy metals in the biogeosphere (aqueous, atmospheric, biotic) begin with the lithosphere. Anthropogenic pollution of soils complements these cycles, and if soils do not «cope» with their sedimentation, or poorly «work» as buffers, additional agrotechnical measures are needed to prevent contamination of agricultural products with heavy metals. It is in the soil that their mobilization and formation of various migratory forms and toxic backgrounds takes place. The vast majority of heavy metals that have reached the soil surface are retained by organic components (fixed in the upper humus horizons) or fixed by its mineral component and undergo sedimentation.

To improve the barrier functions of the soil which is contaminated with heavy metals in order to obtain ecologically safe agricultural products, organic and bacterial fertilizers are applied, siderates are used, proper rotation of crops is carried out in crop rotation, complex mineral fertilizers and calcium ameliorants are rationally used, that help maintain favorable physical and chemical properties of the soil and increase its fertility. These and other measures increase the buffering capacity and sedimentation potential of soils in relation to mobile forms of heavy metals and other xenobiotics.

The research has established, that the use of an organic and organic-mineral fertilizer system in combination with liming of the soil at the norm of Biohumus 8 t/ha + CaCO₃ 5 t/ha and N₆₄P₆₄K₆₄+ Biohumus 4 t/ha + CaCO₃ 5 t/ha contributes to activation of the soil barrier functions, which has been manifested in a decrease in the mobility of Cd²⁺ ions in the soil and a decrease in their translocation into white cabbage plants at all levels of the simulated soil contamination with cadmium.

It was found that the lowest concentration of mobile forms of cadmium in the soil of 0.051 and 0.063 mg/kg, the lowest transition of the element from the gross form to the mobile form of 3.30 and 4.67 % with a hazard ratio of 0.07 and 0.09 was noted on the control background in specified variants of the experiment. Accordingly, on these variants, the hazard coefficients of element concentration in heads of cabbage were also the lowest (0.13 and 0.21), which indicated the ecological safety products of white cabbage and the feasibility of using methods of chemical reclamation of the soil contaminated with heavy metals. A strong correlation ($r = 0.96$) was found between the concentration of mobile forms of Cd²⁺ in the soil and the concentration of the element in white cabbage plants.

Key words: pollution, sedimentation, soil buffering, white cabbage, heavy metals, mobility, ion translocation, ameliorants, fertilizers.

Постановка проблеми. В умовах антропогенного навантаження на агроєкосистеми на особливу увагу заслуговує контроль у ґрунті за важкими металами (ВМ), такими як кадмій, ртуть, свинець, миш'як, котрі належать до першого класу небезпеки хімічних речовин [6]. Забруднення агробіоценозів важкими металами негативно позначається на екологічних функціях ґрунту, а відтак змінює його фізико-хімічні властивості та пригнічує мікробіологічні процеси, погіршуючи тим самим родючість [5].

Токсичний вплив мають важкі метали у ґрунті, розташовані в рухомій формі, які й визначають рівень небезпечності для сільськогосподарських рослин, а відтак і для людини [8]. Фітотоксичність та нагромадження рослинами важких металів проявляються у порушенні всіх фізіолого-біохімічних та ростових процесів, що в результаті позначається на зниженні врожайності та якості продукції рослинництва [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одне з екологічних функціональних призначень ґрунту як геохімічного бар'єру – його здатність затримувати забруднювачі. Виконання бар'єрних функцій ґрунту визначається стійкістю до

забруднення системи ґрунт-ґрунтова вода, здатністю перешкоджати надходженню токсикантів до біологічного кругообігу – стійкістю системи ґрунт-рослина, здатністю забезпечувати умови мешкання організмів – стійкістю ґрунтового мікробіоценозу [10].

Функціональна стійкість ґрунту до транслокації елементів тісно пов'язана з його хімічним і мінералогічним складом, фізико-хімічними та водно-фізичними властивостями. Затримання елементів супроводжується зміною стану фізико-хімічної та дисперсної системи ґрунту, і навпаки – зміна властивостей ґрунту призводить до зміни буферної ємності ґрунту загалом [9].

Стійкість ґрунту вважають мірою зовнішнього впливу щодо відгуку системи, а буферність – мірою внутрішньосистемних сил, які компенсують цей вплив. Тому на вищих рівнях організації ґрунту використовують термін «функціональна стійкість». Стійкість бар'єрних функцій ґрунту безпосередньо пов'язана з його станом як фізико-хімічної й дисперсної систем [2].

На забруднених важкими металами ґрунтах при різних рівнях вмісту їх валових і рухомих форм, для всіх ґрунтів спостерігається єдина тенденція. На тлі зростання валових запасів ВМ

(від дерново-підзолистих ґрунтів до чорноземів), кількість металів у рухомих формах зменшувалася. Проте найбільш небезпечною є та кількість важких металів, яка міститься у рухомій та потенційно рухомій формі, спроможній переходити з твердої фази ґрунту у ґрунтовий розчин, оскільки саме вона визначає рівень небезпечності важких металів для ґрунтової біоти, рослин, тварин та в підсумку – для людини [11].

Капуста білоголова (*Brassica oleracea var. capitata* L.) – поширена в Україні овочева культура. Проте біологічна стійкість (толерантність) цієї рослини до токсичної дії йонів важких металів незначна, що зумовлено генетично. Так, підвищені рівні рухомих форм Cd^{2+} та Pb^{2+} у ґрунті здатні знижувати врожайність, нагромаджуватись у рослинах та, найважливіше, – погіршувати якість капусти білоголової [2; 7].

Тому сьогодні актуальним питанням є вивчення та застосування у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах ефективної та безпечної системи удобрення у поєднанні з кальцієвими меліорантами, завдяки якій відбуваються швидкодіюча детоксикація ґрунту із зниженням рухомості важких металів, підвищення родючості, а також зменшення транслокації катіонів ВМ у рослини, що загалом сприяє одержанню екологічно безпечної овочевої продукції [13].

Постановка завдання. Наше завдання – дослідити вплив добрив та кальцієвих меліорантів на активізацію бар'єрних функцій темно-сірого ґрунту до забруднення кадмієм за вирощування капусти білоголової (*Brassica oleracea var. capitata* L.); визначити коефіцієнти безпеки рухомих форм Cd^{2+} у ґрунті та концентрації елемента в рослинах капусти білоголової, а також встановити кореляційну залежність між рухомістю кадмію у ґрунті та нагромадження йонів металу в рослинах.

Виклад основного матеріалу. В умовах Західного Лісостепу України на темно-сірих опідзолених ґрунтах досліджували вплив добрив та меліорантів на поведінку важких металів у системі «ґрунт-рослина», зокрема вивчали потенціал бар'єрних функцій ґрунту за безпеки забруднення кадмієм у модельних дослідах за вирощування капусти білоголової з визначенням концентрації йонів металу у ґрунті та в рослинах.

Капусту білоголову (сорт Ярославна) висівали у третій декаді квітня в попередньо забруднений важкими металами ґрунт. Як забруднювачі використовували сіль $CdCl_2$, яку вносили водним розчином за змодельованих рівнів забруднення 1;

3; 5 ГДК (валових форм) окремо восени, а через два тижні вносили меліорант (вапнякове борошно) $CaCO_3$ у нормі 5 т/га (за гідролітичною кислотністю) згідно зі схемою досліду [5]. При цьому враховували [8], що ГДК валових форм для Cd становить 3 мг/кг ґрунту. У контрольному варіанті солі кадмію не вносили. Навесні під культивування застосовували мінеральне добриво нітроаммофоску марки 16:16:16 та органічне добриво Біогумус (продукт вермикюльтури) згідно зі схемою досліду, які занесені у Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні.

Схема мікроділянкового двофакторного досліду за вирощування капусти білоголової передбачала такі варіанти: 1) Контроль (без добрив); 2) $N_{136}P_{136}K_{136}$; 3) Біогумус, 8,0 т/га; 4) $N_{64}P_{64}K_{64}$ + Біогумус, 4,0 т/га; 5) $N_{136}P_{136}K_{136}$ + $CaCO_3$ 5,0 т/га; 6) Біогумус, 8,0 т/га + $CaCO_3$ 5,0 т/га; 7) $N_{64}P_{64}K_{64}$ + Біогумус, 4,0 т/га + $CaCO_3$ 5,0 т/га.

Облікова площа однієї мікроділянки – 2 м². Повторність досліду п'ятиразова, розміщення варіантів систематичне [1]. Ґрунт дослідного поля темно-сірий сірий опідзолений легкосуглинковий в орному горизонті (0–20 см), характерний такими агрохімічними показниками: $pH_{\text{сол.}}$ – 5,4–5,6, гідролітична кислотність – 3,49–3,62 мг-екв./100 г ґрунту, сума увібраних основ – 11,0–12,2 ммоль/100 г ґрунту, вміст гумусу – 2,29–2,32 %, забезпеченість легкогідролізованим азотом – 118–124 мг/кг, рухомих фосфором – 97–110 мг/кг, обмінним калієм – 88–95 мг/кг [5; 10]. Технологія вирощування капусти білоголової загальноприйнята для умов Західного Лісостепу України.

Концентрацію кадмію в рослинних та ґрунтових зразках визначали методом атомно-адсорбційної спектрофотометрії на приладі С115М за атестованими і стандартизованими методиками [3].

Для оцінки ступеня небезпечності елемента-забруднювача (Cd) використовували коефіцієнт безпеки (K_n) – співвідношення між концентрацією полютанта у ґрунті чи рослині та його гранично допустимою концентрацією за формулою (1). За нормальних умов K_n має бути меншим або дорівнювати 1:

$$K_n = \frac{C_i}{ГДК_i} \geq 1, \quad (1)$$

де: C_i – концентрація i -тої забруднювальної речовини, мг/кг; $ГДК_i$ – гранично допустима концентрація i -тої забруднювальної речовини, мг/кг.

Для кількісної оцінки надходження (транслокації) рухомих форм важких металів із ґрунту в

рослини використовували коефіцієнт біологічного накопичення ($K_{би}$) за формулою (2):

$$K_{би} = \frac{C_p}{C_z}, \quad (2)$$

де: C_p – концентрація забруднювальної речовини у рослині, мг/кг; C_z – концентрація забруднювальної речовини у ґрунті, мг/кг [14].

За результатами трирічних досліджень встановлено, що буферність ґрунту до забруднення кадмієм проявлялася у зміні рухомості катіонів Cd^{2+} у ґрунті, їх здатності до транслокації у рослини капусти білоголової та залежала від ґрунтово-кліматичних умов року, внесених норм органічних і мінеральних добрив, кальцієвих меліорантів, агрохімічних параметрів ґрунту, а також від змодельованих рівнів забруднення.

Із збільшенням градації змодельованих рівнів забруднення ґрунту кадмієм від 1 до 5 ГДК збільшувалась і концентрація рухомих форм Cd^{2+} у ґрунті у всіх варіантах дослідження за ймовірної різниці до фону $p < 0,01-0,001$. Проте загальні закономірності рухомості важких металів у ґрунті за вирощування капусти білоголової між варіантами зберігалися на кожному рівні забруднення (табл. 1).

Крім того, за внесення добрив і меліорантів спостерігали загальну тенденцію, а саме із зменшенням рухомості йонів кадмію (перехід елемента із валової форми у рухому), зменшувалась відповідно і концентрація рухомих форм Cd^{2+} у ґрунті, знижувалися коефіцієнти їх безпеки, проте збільшувалась концентрація валових фракцій, які переходили у більш стійкі й недоступні ґрунтовій біоті та рослинам капусти білоголової комплекси.

Встановлено, що в усіх варіантах за внесення добрив та меліорантів концентрація рухомих форм Cd^{2+} у ґрунті була значно меншою порівняно з контролем – без добрив ($p < 0,05-0,001$), що свідчить про підвищення буферної та седиментаційної функцій темно-сірого ґрунту стосовно рухомих сполук кадмію. Так, спільне застосування органічних і мінеральних добрив у половину норми $N_{68}P_{68}K_{68}$ + Біогумус 4 т/га (вар. 4) виявилось більш ефективним у зв'язуванні катіонів Cd^{2+} у ґрунті, аніж внесення тільки мінерального добрива у повній нормі $N_{136}P_{136}K_{136}$ (вар. 2). Однак за внесення в повній нормі органічного добрива Біогумус 8 т/га (вар. 3) рухомі фракції кадмію ще міцніше закріплювалися ґрунтово-вбирним комплексом.

Утім за внесення тих самих норм органічних і мінеральних добрив, але на провапно-

ваному ґрунті (вар. 5–7), концентрація лабільних форм кадмію суттєво знизилась порівняно з іншими варіантами дослідження за ймовірної різниці до контролю – без добрив $p < 0,01-0,001$. Зниження кислотності ґрунту за внесення кальцієвих меліорантів підвищило буферну стійкість ґрунту та мало сильний вплив на зменшення рухомості йонів Cd^{2+} у ґрунті.

За результатами досліджень встановлено, що на фоні (контроль) найменшу концентрацію рухомих форм кадмію (0,051 і 0,063 мг/кг) у ґрунті виявлено за внесення Біогумус 8 т/га + 5 т/га $CaCO_3$ та $N_{68}P_{68}K_{68}$ + Біогумус 4 т/га + 5 т/га $CaCO_3$. У цих варіантах дослідження виявили найменший перехід кадмію (3,30 та 4,67 %) з валової форми у рухому, а відповідно, найменші коефіцієнти безпеки – 0,07 та 0,09.

На змодельованому рівні забруднення ґрунту 5 ГДК за використання повної норми мінеральних добрив $N_{136}P_{136}K_{136}$ (вар. 2) та органічних добрив Біогумус 8 т/га (вар. 3) концентрація рухомих форм Cd^{2+} у ґрунті становила 1,068 та 0,873 мг/кг, перехід елемента з валової форми у рухому – 31,22 та 22,28 %, при коефіцієнті безпеки 1,53 та 1,25 за ймовірної різниці до фону $p < 0,001$. Найвищий коефіцієнт безпеки – 1,91, а відповідно найбільшу концентрацію рухомих форм кадмію у ґрунті – 1,338 мг/кг – встановлено у контрольному варіанті (без добрив).

Визначено, що за внесення органічної (вар. 6) та органо-мінеральної (вар. 7) систем удобрення на фоні вапнування ґрунту за рівня змодельованого забруднення ґрунту кадмієм 5 ГДК концентрація рухомих форм кадмію у ґрунті була найнижчою і становила 0,652 та 0,692 мг/кг, що менше за контроль (без добрив) на 0,686 та 0,646 мг/кг сухого ґрунту, або 51,2 та 48,2 % за ймовірної різниці до фону $p < 0,001$. У зазначених варіантах коефіцієнт безпеки був також найменшим, відповідно 0,93 та 0,99.

У результаті трирічних досліджень встановлено, що із збільшенням рівнів забруднення від 1 до 5 ГДК збільшувалась і концентрація рухомих форм Cd^{2+} у ґрунті у всіх варіантах, що позначилось на інтенсивнішому нагромадженню йонів рослинами капусти білоголової (табл. 2).

Визначено, що у зовнішньому качані концентрація кадмію у 3,92–4,76 рази була більшою, аніж у головці (істивній частині), оскільки корінь капусти білоголової та зовнішній качан є першим органом і біологічним бар'єром на шляху транспорту катіонів Cd^{2+} з ґрунту в рослини.

Таблиця 1

Вплив добрив та меліорантів на концентрацію валових і рухомих форм кадмію у ґрунті при змодельованих рівнях забруднення за вирощування капусти білоголової (середнє за три роки)

Варіант	Рівні змодельованого забруднення ґрунту кадмієм (Cd ²⁺)											
	Фон (контроль)			1 ГДК			3 ГДК			5 ГДК		
	Концентрація кадмію у ґрунті, мг/кг	Перехід елементів з валової форми у рухому, %	Коефіцієнт небезпеки (K _n) рухомих форм	Концентрація кадмію у ґрунті, мг/кг	Перехід елементів з валової форми у рухому, %	Коефіцієнт небезпеки (K _n) рухомих форм	Концентрація кадмію у ґрунті, мг/кг	Перехід елементів з валової форми у рухому, %	Коефіцієнт небезпеки (K _n) рухомих форм	Концентрація кадмію у ґрунті, мг/кг	Перехід елементів з валової форми у рухому, %	Коефіцієнт небезпеки (K _n) рухомих форм
1) Без добрив (контроль)	$\frac{0,156}{0,730}$	21,36	0,22	$\frac{0,357^{**}}{1,450^{**}}$	24,64	0,51	$\frac{0,802^{***}}{2,870^{***}}$	27,93	1,15	$\frac{1,338^{***}}{3,250^{***}}$	41,17	1,91
2) N ₁₃₆ P ₁₃₆ K ₁₃₆	$\frac{0,112^+}{0,820^+}$	13,66	0,16	$\frac{0,274^{**}}{1,560^{**}}$	17,59	0,39	$\frac{0,633^{***}}{2,830^{***}}$	22,37	0,90^{***}	$\frac{1,068^{***}}{3,420^{***}}$	31,22	1,53
3) Біогумус 8 т/га	$\frac{0,090^{++}}{0,960^+}$	9,37	0,13	$\frac{0,235^{**}}{1,730^{**}}$	13,58	0,34	$\frac{0,547^{***}}{3,180^{***}}$	17,19	0,78	$\frac{0,873^{***}}{3,920^{***}}$	22,28	1,25
4) N ₆₈ P ₆₈ K ₆₈ + Біогумус 4 т/га	$\frac{0,096^{++}}{0,890^+}$	10,81	0,14	$\frac{0,252^{**}}{1,680^{**}}$	15,02	0,36	$\frac{0,617^{***}}{2,910^{***}}$	21,19	0,88	$\frac{1,010^{***}}{3,630^{***}}$	27,83	1,44
5) N ₁₃₆ P ₁₃₆ K ₁₃₆ + CaCO ₃ 5 т/га	$\frac{0,074^{++}}{1,130^{++}}$	6,54	0,11	$\frac{0,197^{**}}{1,950^{**}}$	10,12	0,28	$\frac{0,486^{***}}{3,460^{***}}$	14,04	0,69	$\frac{0,752^{***}}{4,330^{***}}$	17,36	1,07
6) Біогумус 8 т/га + CaCO ₃ 5 т/га	$\frac{0,051^{+++}}{1,550^{+++}}$	3,30	0,07	$\frac{0,136^{***}}{2,650^{**}}$	5,15	0,19	$\frac{0,337^{***}}{4,120^{***}}$	8,19	0,48	$\frac{0,652^{***}}{6,250^{***}}$	10,43	0,93
7) N ₆₈ P ₆₈ K ₆₈ + Біогумус 4 т/га + CaCO ₃ 5 т/га	$\frac{0,063^{+++}}{1,350^{+++}}$	4,67	0,09	$\frac{0,186^{**}}{2,180^{**}}$	8,53	0,27	$\frac{0,410^{***}}{3,620^{***}}$	11,33	0,59	$\frac{0,692^{***}}{4,590^{***}}$	15,08	0,99

Примітки: 1. Чисельник – концентрація рухомих форм Cd²⁺, знаменник – концентрація валових форм Cd; 2. + – p < 0,05; ++ – p < 0,01, +++ – p < 0,001, різниця ймовірна між показниками на фоні порівняно до контролю – без добрив; 3. ** – p < 0,01; *** – p < 0,001, різниця ймовірна між показниками на змодельованих рівнях забруднення ґрунту кадмієм порівняно з фоном. 4. ГДК рухомих форм Cd²⁺ – 0,7 мг/кг повітряно-сухого ґрунту.

Таблиця 2

Концентрація кадмію в рослинах капусти білоголової залежно від рівнів змодельованого забруднення ґрунту за використання добрив та меліорантів, мг/кг маси сирої речовини (середнє за три роки)

Варіант	Рівні змодельованого забруднення ґрунту кадмієм (Cd ²⁺)											
	Фон (контроль)			1 ГДК			3 ГДК			5 ГДК		
	Вміст Cd в рослині, мг/кг	К.н.	К.б.н.	Вміст Cd в рослині, мг/кг	К.н.	К.б.н.	Вміст Cd в рослині, мг/кг	К.н.	К.б.н.	Вміст Cd в рослині, мг/кг	К.н.	К.б.н.
1) Без добрив (контроль)	0,017 0,081	0,57 2,70	0,109 0,518	0,022 0,097	0,73 3,23	0,062 0,272	0,038 0,159	1,27 5,30	0,047 0,198	0,068 0,267	2,27 8,90	0,051 0,200
2) N ₁₃₆ P ₁₃₆ K ₁₃₆	0,013* 0,064*	0,43 2,13	0,116 0,571	0,015* 0,073*	0,50 2,43	0,055 0,266	0,026** 0,117*	0,87 3,90	0,041 0,185	0,051* 0,208*	1,70 6,93	0,048 0,195
3) Біогумус 8 т/га	0,010** 0,053**	0,33 1,76	0,111 0,588	0,012** 0,070**	0,40 0,33	0,051 0,298	0,020** 0,106**	0,67 3,53	0,037 0,198	0,035** 0,165**	1,17 5,50	0,040 0,189
4) N ₆₈ P ₆₈ K ₆₈ + Біогумус 4 т/га	0,011** 0,058*	0,37 1,93	0,114 0,603	0,013** 0,066**	0,43 0,20	0,052 0,262	0,024** 0,108**	0,80 3,60	0,039 0,175	0,042** 0,196*	1,40 6,53	0,043 0,194
5) N ₁₃₆ P ₁₃₆ K ₁₃₆ + CaCO ₃ 5 т/га	0,008** 0,044**	0,26 1,80	0,108 0,594	0,010** 0,062**	0,33 2,07	0,051 0,315	0,016*** 0,094**	0,53 3,13	0,033 0,193	0,030*** 0,153**	1,00 5,10	0,040 0,203
6) Біогумус 8 т/га + CaCO ₃ 5 т/га	0,004*** 0,029***	0,13 0,96	0,078 0,567	0,006*** 0,043***	0,20 1,43	0,044 0,316	0,011*** 0,072**	0,37 2,40	0,033 0,214	0,023*** 0,135**	0,77 4,50	0,035 0,207
7) N ₆₈ P ₆₈ K ₆₈ + Біогумус 4 т/га + CaCO ₃ 5 т/га	0,006*** 0,036***	0,21 1,20	0,095 0,571	0,008*** 0,055**	0,27 1,83	0,043 0,296	0,013*** 0,081**	0,43 2,70	0,032 0,198	0,026*** 0,139**	0,87 4,63	0,038 0,201
		0,063			0,186			0,410			0,692	

Примітки: 1. Чисельник – концентрація Cd у голові, знаменник – концентрація Cd у зовнішньому качані; 2. # – концентрація рухомих форм Cd²⁺ у ґрунті, мг/кг; 3. * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$, різниця ймовірна до контролю (без добрив); 4. К.н. – коефіцієнт небезпеки, К.б.н. – коефіцієнт біологічного накопичення, ГДК Cd в овочах – 0,03 мг/кг маси сирої речовини.

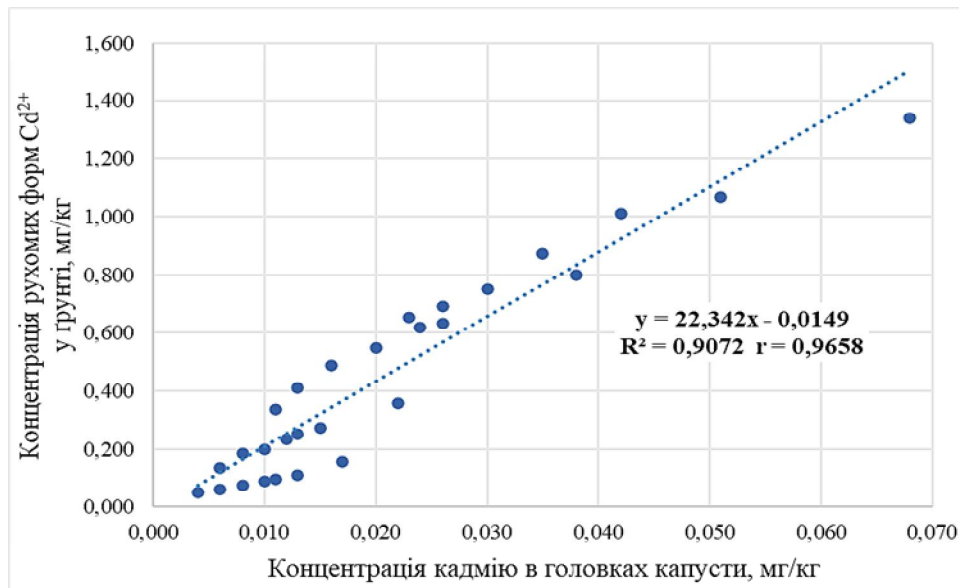


Рис. Графік кореляційної залежності між концентрацією рухомих форм Cd^{2+} у ґрунті та концентрацією кадмію в рослинах капусти білоголової за внесення добрив і меліорантів

За результатами проведених досліджень розраховували коефіцієнт небезпеки (*К.н.*) та коефіцієнт біологічного накопичення (*К.б.н.*). Зазначимо, що *К.б.н.* зменшувався із збільшенням рівнів змодельованого забруднення ґрунту кадмієм. Проте виявився менш інформативним порівняно з *К.н.* і не показав очевидної закономірності між концентрацією рухомих форм кадмію у ґрунті та нагромадженням цього елемента в рослинах капусти білоголової.

Тому для кращого розуміння бар'єрних функцій ґрунту за небезпеки забруднення кадмієм залежно від внесених добрив та меліорантів на всіх рівнях змодельованого забруднення провели кореляційний аналіз між концентрацією рухомих форм Cd^{2+} у ґрунті та концентрацією елемента в рослинах капусти білоголової (рис.).

За результатами кореляційного аналізу встановлено сильний кореляційний зв'язок ($r = 0,96$) між концентрацією рухомих форм Cd^{2+} у ґрунті та нагромадженням кадмію в головках капусти білоголової за коефіцієнта детермінації $R = 0,91$.

Визначено, що у контрольному варіанті (без добрив) за рівня забруднення 1 ГДК (Cd) концентрація кадмію в головках капусти становила 0,022 мг/кг, а у зовнішньому качані – 0,097 мг/кг маси сирої речовини, що майже у 4,4 раза більше, аніж у головці. Коефіцієнт небезпеки у цьому варіанті становив відповідно 0,73 (для головки) та 3,23 для зовнішнього качана. Виявлено, що на цьому ж рівні забруднення у вар. 6 за внесення

органічних добрив та меліорантів у нормі Біогумус у нормі 8 т/га + 5 т/га $CaCO_3$ концентрація кадмію в головках капусти знизилась до 0,006 мг/кг маси сирої речовини за ймовірної різниці до контролю $p < 0,001$ за *К.н.* – 0,20.

На рівні змодельованого забруднення ґрунту 3 ГДК концентрація Cd в головках капусти перевищила ГДК тільки на контролі (без добрив) за *К.н.* – 1,27. Найменшу концентрацію йонів Cd^{2+} у рослинах капусти (на цьому рівні забруднення) виявили за внесення добрив і меліорантів у нормі Біогумус 8 т/га + 5 т/га $CaCO_3$ та $N_{68}P_{68}K_{68}$ + Біогумус 4 т/га + 5 т/га $CaCO_3$, відповідно 0,011 та 0,013 мг/кг маси сирої речовини ($p < 0,001$).

Добрива та меліоранти суттєво впливали на зниження транслокації йонів кадмію з ґрунту в рослини капусти білоголової навіть за змодельованого рівня забруднення ґрунту кадмієм 5 ГДК. Так, за внесення Нітроамофоски у повній нормі $N_{136}P_{136}K_{136}$ (вар. 2) концентрація йонів Cd^{2+} у головках капусти становила 0,051 мг/кг за ймовірної різниці до контролю $p < 0,05$, а *К.н.* – 1,70. За внесення Біогумусу 8 т/га (вар. 3) концентрація кадмію в головках становила 0,035 мг/кг сирої маси ($p < 0,01$) при коефіцієнті небезпеки 1,17. Проте за внесення $N_{68}P_{68}K_{68}$ + Біогумус 4 т/га (вар. 4) концентрація Cd^{2+} в головках становила 0,042 мг/кг ($p < 0,01$), тоді як у зовнішньому качані – 0,196 мг/кг маси сирої речовини ($p < 0,05$), при коефіцієнтах небезпеки – 1,40 (головка) та 6,53 (зовнішній качан). Найменшу концентрацію кадмію в головках капусти біло-

голової (0,023 та 0,026 мг/кг маси сирової речовини) виявили у 6-му та 7-му варіантах досліджу за ймовірної різниці до контролю $p < 0,001$ та коефіцієнта небезпеки 0,77 та 0,87.

Висновки. Застосування органічної та органо-мінеральної системи удобрення у поєднанні з вапнуванням ґрунту у нормі Біогумус 8 т/га + СаСО₃ 5 т/га та N₆₄P₆₄K₆₄+ Біогумус 4 т/га + СаСО₃ 5 т/га сприяло підвищенню бар'єрних функцій ґрунту стосовно рухомих форм кадмію. Унаслідок позитивної дії вказаних прийомів агротехніки спостерігали зниження рухомості йонів Cd²⁺ у ґрунті та зменшення їх транслокації в рослини капусти білоголової на всіх рівнях змодельованого забруднення. Відповідно у зазначених варіантах досліджу виявили найменший коефіцієнт небезпеки для рухомих форм кадмію у ґрунті та концентрації елемента в рослинах капусти білоголової. Це свідчить про екологічну безпечність продукції капусти білоголової та доцільність застосування методів хімічної меліорації ґрунтів, забруднених важкими металами. Виявлено сильний кореляційний зв'язок ($r = 0,96$) між концентрацією рухомих форм Cd²⁺ у ґрунті та концентрацією елемента в рослинах капусти білоголової.

Бібліографічний список

1. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа, 2001. 370 с.
2. Гуральчук Ж. З. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії. Київ: Логос, 2006. 208 с.
3. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. Москва: Гидрометеоздат, ЦИНАО, 1992. 61 с.
4. Мислива Т. М., Надточій П. П., Герасимчук Л. О. Ведення сільськогосподарського виробництва у приватному секторі в умовах посиленого антропогенного впливу на навколишнє середовище. Житомир, 2011. 52 с.
5. Надточій П. П., Мислива Т. М., Вольвач Ф. В. Екологія ґрунту: монографія. Житомир: ПП Рута, 2010. 473 с.
6. Рідей Н. М., Строкаль В. П., Рибалко Ю. В. Екологічна оцінка агробіоценозів: теорія, методика, практика. Херсон: Олді-плюс, 2011. 258 с.
7. Снітинський В., Дидів А. Біохімічний склад капусти білоголової залежно від рівня забруднення ґрунту кадмієм і свинцем за використання меліорантів та різних систем удобрення. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2016. № 20. С. 3–13.
8. Фатєєв А. І., Самохвалова В. Л. Детоксикація важких металів у ґрунтовій системі: методичні рекомендації. Харків: КП «Міськдрук», 2012. 70 с.
9. Фатєєв А. І., Самохвалова В. Л., Мірошніченко М. М., Бородіна Я. В. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт-рослина: методика. Харків: КП «Міськдрук», 2012. 146 с.
10. Хімічна меліорація ґрунтів (концепція інноваційного розвитку) / за ред. С. А. Балюка, Р. С. Трускавецького. Харків: «Міськдрук», 2012. 129 с.
11. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: Crc Press, 2011. 505 p.
12. Mirosznichenko N. N., Pashchenko Ya. V., Fateeov A. I. Buffering and resilience parameters for evaluating the barrier function of soils. *Eurasian Soil Sciencethis*. 2003. № 36 (7). 724–732 pp.
13. Snitynskyi V., Dydiv A. The mobility of cadmium and lead in soil and their impact on the quality of beetroot (*Beta vulgaris* L.) with different systems of fertilization. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wroclawiu: seria rolnictwo*. 2017. CXXII (625). Str. 87–98.

Стаття надійшла 26.09.2022

ВПЛИВ АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА РІЧКИ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

В. Снітинський, д. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-9633-1004

П. Хірівський, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-7246-9260

О. Зеліско, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-1713-4243

М. Іванків, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4911-2877

І. Гнатів, аспірант

ORCID ID: 0000-0002-2987-1673

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.022>

Снітинський В., Хірівський П., Зеліско О., Іванків М., Гнатів І. Вплив антропогенних факторів на річки Західного регіону Українських Карпат

Антропогенне навантаження на водні об'єкти постійно збільшується, що зумовлено зростанням кількості населення та характерними для нашого часу процесами урбанізації. Значні техногенні впливи на водні об'єкти – об'єктивна обставина, адже основою світового господарства зараз є технології, які використовують велику кількість води, а скиди після виробництва дуже забруднені. Значне забруднення водних екосистем біогенними елементами, стоком із сільськогосподарських угідь призвели до евтрофікації не лише озер та водосховищ, а й багатьох водотоків. Істотними чинниками антропогенної евтрофікації водойм є скорочення водообміну, утворення застійних зон, будівництво гребель і теплове забруднення води. Оцінено вплив урбанізації території Західного регіону Українських Карпат на екологічний стан річок та процеси природного самоочищення.

Дослідження впливу урбанізації території західного регіону Українських Карпат на екологічний стан річок показали незадовільні гідрохімічні показники деяких малих річок регіону. Встановлено перевищення нормованих значень для вод рибогосподарського призначення за показниками заліза загального (у 2,4 раза), марганцю (5 разів) та завислих речовин – у 1,54 раза. Антропогенна діяльність, пов'язана із сільськогосподарським виробництвом, водо- та лісгосподарською діяльністю, розорюванням і вирубуванням території, призводить до істотної зміни умов формування річкового стоку. Зокрема основні обсяги забруднення річкової води спричиняють недостатнє очищення стоків на очисних спорудах, дощові стоки з території промислових площ, які не очищаються, змив з водозбірних територій внесених у ґрунт добрив та отрутохімікатів, стихійні звалища побутових відходів у руслі річок, а також несанкціоновані кар'єрні розробки, що погіршують гідрологічний режим і процеси природного очищення води.

Ключові слова: урбанізовані території, антропогенний вплив, показники якості води, гірські потоки, малі ГЕС.

Snitynskyi V., Khirivskyi P., Zelisko O., Ivankiv M., Hnativ I. Influence of anthropogenic factors on rivers of the Western region of the Ukrainian Carpathians

Anthropogenic burden on water bodies is constantly increasing due to population growth and urbanization processes characterizing our time. A significant human impact on water bodies is an objective circumstance, because today, technology is the basis of the world economy and uses a lot of water, and discharges after production are very polluted. Heavy pollution of aquatic ecosystems with nutrients and runoff of agricultural land has led to the eutrophication of not only lakes and reservoirs, but also many watercourses. Significant factors of anthropogenic eutrophication of water bodies include reduction of water exchange, formation of stagnant zones, construction of dams and thermal pollution of water. The aim of the work is to assess the impact of urbanization of the Western region of the Ukrainian Carpathians on the ecological condition of rivers and natural self-cleaning processes.

Assessment of the impact of urbanization of the Western region of the Ukrainian Carpathians on the ecological status of rivers showed unsatisfactory hydrochemical parameters of some small rivers in the region. The study confirms an excess of the standard values of the indicators of total iron (2.4 times) manganese (5 times) and suspended solids – 1.53 times for fishery waters. Anthropogenic activities related with agricultural production, water and forestry activities, plowing and deforestation lead to a significant change in the conditions of river runoff formation. In particular, the main volumes of river water pollution are caused by insufficient treatment of sewage at treatment facilities, rainwater from the territory of

industrial areas that are not treated, wash away from water catchments of fertilizers and pesticides introduced into the soil, unauthorized dumps of household waste in riverbeds, and unauthorized mining developments that worsen the hydrological regime and the processes of natural water purification.

Key words: urbanized areas, anthropogenic impact, water quality indicators, mountain streams, small hydropower plants.

Постановка проблеми. Антропогенне навантаження на водні об'єкти невпинно збільшується, що зумовлено зростанням кількості населення та характерними для нашого часу процесами урбанізації. У промисловому та сільськогосподарському виробництві використовують велику частку водних ресурсів, оскільки сучасні технологічні методи передбачають використання значної кількості води, а відповідно, зростає маса скидів відпрацьованих гідроресурсів. Це становить небезпеку, позаяк істотний техногенний вплив на водні об'єкти незворотний.

Населення планети постійно зростає, зокрема за 100 років зросло у 3,5 раза – з 1,6 млрд до 8,0 млрд осіб, та продовжує приростати до 100 млн на рік. Якщо припустити, що все населення земної кулі, кількість якого до 2050 р. оцінюють в 11 млрд осіб, досягне рівня технічного розвитку та добробуту економічно розвинених країн за незмінного негативного впливу на навколишнє середовище, саме доквілля спричинить загибель людства [12].

Значне забруднення водних екосистем біогенними елементами, стоком із сільськогосподарських угідь призвело до евтрофікації не лише озер та водосховищ, а й багатьох водотоків. Істотними чинниками антропогенної евтрофікації водойм є скорочення водообміну, утворення застійних зон, будівництво гребель і теплове забруднення води.

Природні водні екосистеми здатні до самоочищення, яке передбачає наявність сукупності гідродинамічних, біохімічних, хімічних і фізичних процесів, що призводять до зменшення концентрації забруднювальних речовин. Цей процес можна охарактеризувати за допомогою різних показників. Однак проблема їх оцінки дуже складна та вимагає одночасного обліку різних властивостей водного об'єкта [14; 16].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різноманітний рослинно-грунтовий покрив та фауна гідромережі суходолу утворюють біогеоценологічну складову ландшафтних екосистем. Ландшафт за сучасного антропогенного впливу розчленований житловими і промисловими забудовами, елементами інфраструктури тощо. Зміна екоситуації конкретного регіону залежить

від масштабів руйнування первинного рослинного покриву території, освоєння і трансформації ґрунтів, розвитку господарської інфраструктури [1; 13].

За результатами наукових досліджень структури рослинного покриву Сколівського і Турківського районів первинним біогеоценологічним покривом вважався лісовий. Сьогодні екоситуація гірської частини Львівщини істотно змінилася залежно від доступності для освоєння ландшафтів. Господарська діяльність та густота населення гірських районів Львівщини визначають сучасну структуру використання земельного ресурсу ландшафтних екосистем [1; 15].

Ландшафти в районах розроблення корисних копалин зазнають значних змін за впливу антропогенних навантажень. Вивчення сучасних техногенних змін гірничопромислових геосистем Західного регіону України зумовило необхідність розроблення методики кількісного оцінювання їх антропогенної трансформації на основі бальних шкал. Виокремлюють п'ять основних видів антропогенних модифікацій геосистем, характерних для більшості ландшафтів Західного регіону України. У межах гірничопромислових територій, окрім антропогенно змінених, є гірничопромислові геосистеми, створені людиною, які формуються внаслідок гірничого розроблення корисних копалин, тож виокремлюють ще п'ять видів антропогенних модифікацій геосистем, властивих для гірничопромислових територій [3; 4; 6].

Більшість екологічних проблем на гірничопромислових територіях спричинена геохімічним та радіоактивним забрудненням геосистем. Оцінювати забрудненість геосистем таких територій треба відповідно до методичних розробок [4; 11], задля вивчення екологічних умов гірничопромислових територій та їхнього впливу на життєдіяльність людини.

Постановка завдання. Наше завдання – оцінити вплив урбанізації території Західного регіону Українських Карпат на екологічний стан річок та процеси природного самоочищення. Для оцінювання рівнів забруднення варто збирати і опрацьовувати дані польового знімання, картографічні, статистичні, літературні джерела, використовуючи кількісні та якісні показники.

Виклад основного матеріалу. Річки живляться з площі водозбору річкового басейну. На таку територію припадає основний обсяг поверхневого стоку і на ній формується його якісний склад. Антропогенна діяльність, пов'язана із сільськогосподарським виробництвом, водогосподарською та лісогосподарською діяльністю, розорюванням і вирубуванням території тощо, призводить до істотної зміни умов формування річкового стоку. Особливо гостро проблеми забруднення виникають на водозбірних територіях середніх та малих річок, які через свою природну вразливість першими реагують на антропогенну діяльність [5].

Останніми роками на водотоках Українських Карпат реконструйовано та збудовано десятки гідроелектростанцій. У гірських районах Львівщини діє лише Явірська гідроелектростанція на р. Стрий (с. Явора Турківського району). У праці Микітчака Т. [8] досліджено вплив гідроелектростанцій на біоту карпатських водотоків, а саме аналіз впливу функціонування Явірської ГЕС на угруповання водяних безхребетних річки Стрий. Основні завдання наукових досліджень полягали в оцінці розмаїття, кількості та біомаси угруповань безхребетних у руслі р. Стрий та визначення якості води із застосуванням методів біоіндикації. Зміни в кількісній та якісній структурах їхніх таксоценів свідчать про зміни умов існування, тож дослідження безхребетних гідробіонтів обов'язкове за вивчення обсягу антропогенного впливу на гідроекосистеми.

У низці наукових праць [7; 8; 17; 18] зауважено про наявний і прогнозований вплив гідроелектростанцій на стан екосистем карпатських річок. У статті Сухарева О. Ю. та ін. [7] розглянуто вплив греблі малої ГЕС на стан річки Шипот, а в наукових працях Микітчака Т. [17] – функціонування Теремле-Ріцької ГЕС на спільноти безхребетних гідробіонтів річок Ріки й Теремлі в Українських Карпатах. У праці Ковальчук А. та ін. [18] на прикладі річок Шипоту, Черемоша, Теремлі і Тересви проведено ґрунтовні дослідження проблем розвитку малої гідроенергетики в Карпатському регіоні. У цих працях зауважено, що вплив гребель малих ГЕС докорінно змінює сформовану річкову екосистему або істотно знижує якість води чи призводить до збіднення й перебудови угруповань гідробіонтів.

Явірське водосховище [8] досліджували на трьох створах, з яких два постійні (рис.). Його фізико-географічні параметри істотно змінюються протягом року залежно від функціонування Явірської ГЕС. За тривалого наповнення водосхо-

вища його дно повністю вкрите мулом і глинистим осадом товщиною близько метра. При спуску водосховища більшість мулу зноситься вниз та оголюється кам'янисте дно, а річка швидко відновлює типовий для регіону вигляд. Після чергового затоплення водосховище знову заноситься мулом та глинами. Вплив Явірської ГЕС на угруповання водяних безхребетних містить низку небезпечних тенденцій, які з часом можуть досягти критичного рівня. Проте така гідроспорода може завдавати значно меншої шкоди річковій екосистемі або навіть давати певну користь за умови усунення чи зменшення впливу негативних чинників [8].

У пошуках місць для відпочинку популярними найчастіше стають природно-заповідні території Українських Карпат, а саме Карпатський біосферний заповідник, НПП «Синевир», «Сколівські Бескиди» тощо. Через інтенсивний розвиток рекреації, прокладання транспортних шляхів, лісокористування та пасовищного господарства природні об'єкти вказаних територій, які мають особливий статус охорони, зазнають значного погіршення їх екологічного стану. Дослідження свідчать про необхідність екологічного моніторингу і контролю за якістю поверхневих водойм, ґрунтів та зміною біорозмаїття природно-заповідних територій Українських Карпат [2].

Заселення гірських територій Карпатського регіону розпочиналося із долин водотоків, унаслідок чого тепер усі поселення розміщені в долинах річок Стрий, Опір, Рибник, Бутивля тощо. Більшість сучасних таборів та комплексів для відпочинку, приватних садиб, готелів і ресторанів у цьому регіоні розташовані поблизу водних об'єктів [10].

Активна туристична діяльність у поєднанні з недостатньо або зовсім неочищеними господарсько-побутовими стоками і антропогенним впливом сільськогосподарського та лісового виробництва негативно позначаються на стані заповідної території і призводять до забруднення поверхневих водойм. Режим річок формується за різноманітного рельєфу, неоднорідних ґрунтів, рослинності та місцевих відмінностей клімату. Оскільки живлення гірських річок має змішаний характер з переважанням дощового і снігового, їх водний режим переважно залежить від кількості атмосферних опадів [9].

Результати досліджень гідрофізичних параметрів води гірських річок, а саме Рожанки, Бутивлі, Славки, Оряви та інших, показують їх високу якість за показниками прозорості, кольоровості й запаху, проте за гідрохімічними показниками маємо відхилення деяких значень відносно

ГДК, що вказує на зниження здатності водотоків до природного самоочищення [2].

Аналіз дослідних даних Вовкунович М. та ін. [2] показує, що у пробах води досліджуваних річок є підвищений вміст завислих речовин – від 1,0 до 8,4 мг/дм³, заліза загального – до 0,08 мг/дм³, а марганцю – близько 0,04 мг/дм³. Показники хімічного споживання кисню (ХСК) та

амоній-іонів перебувають на межі допустимих норм, що також вказує на погіршення якості води річок заповідної території. При цьому такі гідрохімічні показники не перевищують нормованих значень у пробах води, відібраних вище рекреаційних зон, поблизу відпочинкових будівель чи сільськогосподарських угідь, тобто на початку формування річок [2].

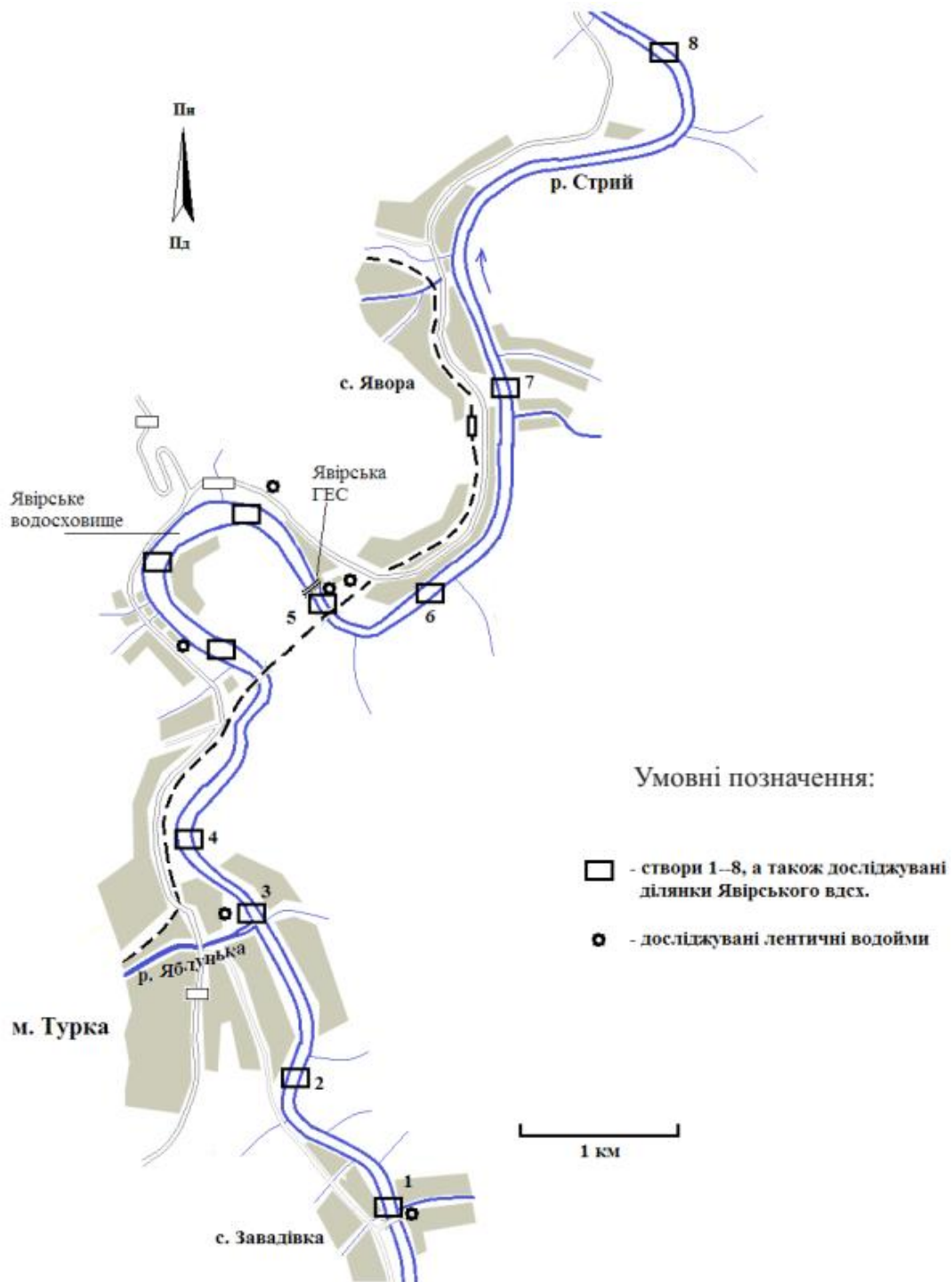


Рис. Досліджені створи та лентичні водойми р. Стрий [12]

Перевищення вмісту заліза та марганцю обумовлено геологічною будовою місцевості, а показника ХСК – надмірною антропогенною діяльністю на території парку. Підвищений вміст органічних речовин спричинений господарсько-побутовими стоками і зливом добрив та засобів захисту рослин із сільськогосподарських угідь, що може призводити до зниження якості річкової води, а також зменшення біорозмаїття водної фауни.

Висновки. Результати наших досліджень впливу урбанізації території Західного регіону Українських Карпат на екологічний стан річок, які частково опубліковані у працях [14; 15], показали незадовільні гідрохімічні показники деяких малих річок регіону. Встановлено перевищені нормовані значення для вод рибогосподарського призначення за показниками заліза загального, марганцю та завислих речовин. Антропогенна діяльність, пов'язана із сільськогосподарським виробництвом, водо- та лісгосподарською діяльністю, розорюванням і вирубуванням території, призводить до істотної зміни умов формування річкового стоку.

Основні обсяги забруднення річкової води спричинюють недостатнє очищення стоків на очисних спорудах, дощові стоки з території промислових площ, які не очищаються, злив із водозбірних територій, внесених у ґрунт добрив та отрутохімікатів, стихійні звалища побутових відходів у руслі річок, а також несанкціоновані кар'єрні розробки, що погіршують гідрологічний режим і процеси природного очищення води.

Бібліографічний список

1. Антропогенні зміни біогеоценотичного покриву в Карпатському регіоні / за ред. М. А. Голубця. Київ: Наук. думка, 1994. 166 с.
2. Вовкунович М. І., Роман Л. Ю., Чундак С. Ю. Антропогенна діяльність на території НПП «Сколівські Бескиди» та її вплив на екологічний стан гідромережі. *Науковий вісник Ужгородського університету (Серія Хімія)*. 2020. № 1 (43). С. 86–91.
3. Іванов Є. Оцінка стану регіональних геокомплексів в умовах впливу гірничодобувної промисловості (на прикладі Львівської області). *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2003. Вип. 29. Ч. 2. С. 176–183.
4. Іванов Є. А., Біланюк В. І., Тиханович Є. Є. Оцінювання екологічного стану геосистем гірничо-промислових територій. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування: п'ята Міжнар. наук.-практ. конф.* (Україна, м. Трускавець, 8–12 жовтня 2018 р.) Трускавець, 2018. С. 75–81.
5. Карпенко Н. П., Глазунова И. В. Управление земельными и водными ресурсами для снижения загрязнения рек на основе экспертных оценок эффективности природоохранных мероприятий. *Природообустройство*. 2019. № 4. С. 102–108.
6. Мельник А. В. Українські Карпати: еколого-ландшафтознавче дослідження. Львів, 1999. 286 с.
7. Микітчак Т. І. Вплив функціонування Терезько-Ріцької ГЕС на угруповання безхребетних гідробіонтів рік Ріка й Терезля (Українські Карпати). *Наукові основи збереження біотичного різноманіття*. 2015. Т. 6 (13), № 1. С. 249–262.
8. Микітчак Т., Штупун В. Вплив функціонування Явірської ГЕС на угруповання безхребетних гідробіонтів р. Стрий (Українські Карпати). *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2017. Вип. 76. С. 77–86.
9. Нестерова О. В., Шарков В. В., Журавльова О. А., Нестеров Я. С. Проблеми басейнів малих річок. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 5. С. 257–258.
10. Паньків Н. М. Історико-географічні особливості формування поселенської мережі Українських Карпат. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2009. № 36. С. 255–260.
11. Рудько Г. И. Оценка техногенных изменений геологической среды и вопросы управляемого контроля техногенеза (на примере Карпатского региона Украины). *Геоэкол. Инж. геол. Гидрогеол. Геокриол*. 1999. № 1. С. 15–25.
12. Селезнева А. В. Антропогенная нагрузка на реки от точечных источников загрязнения. *Известия Самарского научного центра РАН*. 2003.
13. Снітинський В. В., Гнатів П. С., Лопотич Н. Я. Екобезпека і захист природного довкілля Східних Бескид: монографія. Львів: Камула, 2018. 180 с.
14. Снітинський В. В., Хірівський П. Р., Гнатів І. Р. Процеси самоочищення за впливу урбанізації територій на передгірській та рівнинній ділянках р. Стрий. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2021. № 25. С. 30–34.
15. Снітинський В. В., Хірівський П. Р., Гнатів І. Р. Особливості формування поверхневого стоку гірських річок за вирубки лісів та розорювання схилів територій. *Екологічні науки: наук.-практ. журнал*. 2020. № 3 (30). С. 73–77.
16. Спицына Т. П., Тасейко О. В. Комплексные критерии самоочищения водотоков. *Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология»*. 2018. № 2. С. 248–262.
17. Сухарева О. Ю., Рябухіна Т. С., Делеган-Кокайко С. В., Сухарев С. М. Вплив греблі малої ГЕС на стан річки Шипот. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія хімічна*. 2015. № 2 (34). С. 51–54.
18. Issues and challenges of small hydropower development in the Carpathians region (hydrology, hydrochemistry, and hydrobiology of watercourses) / Kovalchuk A., Obodovskiy O., Shcherbak V. et al. Uzhgorod; Lviv; Kyiv: Hydroecological Society «Uzh», 2016. 195 p.

Стаття надійшла 13.05.2022

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ АНТРОПОГЕННО-ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ЛЬВІВСЬКОГО ПОЛІГОНУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

В. Снігинський, д. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-9633-1004

О. Зеліско, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-1713-4243

П. Хірівський, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-7246-9260

О. Мазурак, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0001-7846-2799

Б. Кректун, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-0224-8144

Ю. Корінець, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-8920-3186

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.027>

Снігинський В., Зеліско О., Хірівський П., Мазурак О., Кректун Б., Корінець Ю. Екологічний моніторинг антропогенно-порушених земель Львівського полігону твердих побутових відходів

Проведено моніторингові екологічні дослідження стану ґрунтово-рослинного покриву антропогенно-порушених земель території експлуатації Львівського міського звалища твердих побутових відходів та прилеглих до нього територій.

Морфологічний аналіз ґрунтів показав, що на території, прилеглий до звалища, поширені дернові ґрунти, які з глибини 30–40 см підтоплюються підґрунтовими водами, тож є огленими.

В усіх проаналізованих зразках ґрунтів було виявлено перевищення вмісту важких металів від середніх значень та санітарних норм. Найбільше перевищення над середнім вмістом у кадмію і миш'яку – у 4 рази, свинцю – у 2 рази, молібдену, кобальту і срібла – відповідно у 23,7; 12,3; і 49 разів.

Найвищі концентрації важких металів тяжіють до периферійних ділянок сміттєзвалища. Поблизу звалища виявлено аномальні концентрації майже всіх окреслених елементів. Далі від об'єкта забруднення важкими металами зменшується, але їхні концентрації залишаються вищими за норму. З глибиною за генетичними горизонтами концентрації цих елементів наближаються до норми.

Значну неоднорідність виявлено у розподілі концентрацій елементів за площею випробуваної ділянки. Аномальний вміст більшості елементів проявляється у ґрунтах ділянки власне долини яру до 350 метрів від сміттєзвалища, хоч і далі також зберігаються досить високі їх концентрації. Аномальні концентрації металів характерні також для північно-східної частини долини, що прилягає до потічка стоків з полігону. Очевидно, з цього потоку певною мірою відбувається інфільтрація забруднювачів у ґрунти. Забруднення ґрунтів важкими металами, практично всіма елементами, спостерігаємо в межах санітарно-захисної зони полігону, а саме в місцях розташування гудронових озер і, особливо, в місцях виходу рідкої фази гудронів на земну поверхню.

Встановлено, що Львівський полігон твердих побутових відходів і штучно створені сховища гудронів організовані та споруджені без дотримання основних вимог захисту навколишнього середовища, зокрема не створений геохімічний бар'єр захисту геологічного та гідрогеологічного середовища від проникнення забруднювачів.

Ключові слова: екологічний моніторинг, антропогенно-порушені землі, ґрунт, полігон відходів, забруднення важкими металами.

Snitynskyi V., Zelisko O., Khirivskyi P., Mazurak O., Krektun B., Korinets Yu. Ecological monitoring of anthropogenic-disturbed lands of the Lviv landfill of solid domestic waste

Monitoring ecological studies of the conditions of soil and vegetation cover of anthropogenic-disturbed lands of the area of Lviv municipal landfill of solid domestic waste and the surrounding area were conducted.

The morphological analysis of soils showed that on territory, adjoining to the dump, turf soils are preventing. At the depth of 30–40 cm, they are flooded by the ground waters and thus, become clay ones.

It is determined that in the analyzed samples, the concentration of heavy metals exceeded the average values and sanitary standards. The greatest excess over the average values was marked in cadmium and arsenic, namely four times, lead – two times, molybdenum, cobalt and silver – 23.7; 12.3; and 49 times respectively.

The greatest concentrations of heavy metals are mostly found in the peripheral areas of trash dump. Near the dump, the anomalous concentrations of almost all determined elements are marked. With a removal from the object of contamination heavy metals diminishes, but their concentrations remain higher than the norms. At the depth by genetic horizons, concentration of those elements is approaching the standard.

Considerable heterogeneity was registered in distribution of concentrations of the elements on the tested areas. The anomalous content of most elements shows up in soils of area actually valleys of to 350 meters from trash dump, though further their high enough concentrations are also kept. The abnormal concentrations of metals are characteristic also in the north-eastern part of valley which adjoins to the stream of flows from a ground. Obviously this stream to some extent performs infiltration of pollutants in soils. Contamination of soils with heavy metals, practically all elements, are marked within the limits of sanitary-hygienic area of the landfill, namely, in the places of location of oil lakes and, especially, in the places of output of liquid phase of oil on an earth surface.

Thus, it is concluded that the Lviv landfill of solid domestic waste and artificially created depositories of oil, organized and built with violation of the basic requirements of environmental protection, namely, the geochemical barrier to protect geological and geohydrological environment from penetration of pollutants is not created.

Key words: ecological monitoring, anthropogenic-disturbed lands, soil, landfill of wastes, heavy metals pollution.

Постановка проблеми. Мета моніторингових екологічних досліджень полягала у спостереженні за фізико-хімічними параметрами території, прилеглих до Львівського полігону твердих побутових відходів, і на їхній основі – в оцінці екологічного стану земель у зоні експлуатації полігону та розробці комплексу заходів, спрямованих на покращання стану ґрунтового покриву.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Широкомасштабне споживання ресурсів та матеріалів зумовлює зростання кількості відходів. У середньому у промисловості та сільському господарстві тільки 1–1,5 % споживаних ресурсів належить до кінцевого корисного продукту [2]. Решта – це відходи, що забруднюють навколишнє природне середовище. Частка їх виноситься стічними водами, забруднюючи ґрунт, а поверхневі та підземні води, рослинність, інші речовини у вигляді газів, пари і пилу потрапляють в атмосферу.

Традиційно побутові відходи вивозять на звалища, розташовані поблизу населених пунктів. Ігнорування геоекологічних умов при виборі ділянок під звалища і нехтування вимогами щодо утилізації сміття призвели до того, що такі об'єкти стали джерелом інтенсивного екологічного навантаження на природне середовище [5].

Забруднення ґрунтово-рослинного покриву на прилеглих до джерел забруднення територіях пов'язане із засвоєнням ґрунтом і рослинами забруднювальних речовин, які мігрують від джерел у латеральному і горизонтальному напрямках [1].

У дослідженнях Андерсена І. П. щодо проходження фільтрату через ґрунт зауважено, що відстань, на яку переноситься забруднення, залежить від складу ґрунтів, їхньої проникливості та характеру забруднень. Так, органічні сполуки, які є продуктами біологічного розкладу відходів, переносяться на невеликі відстані, тоді як неорганічні іони можуть мігрувати на значно більші [3; 4].

Постановка завдання. У місцях поховання відходів екологічна обстановка напружена, що пов'язано із забрудненням практично всіх компонентів навколишнього природного середовища: атмосфери, ґрунтового покриву, поверхневих і підземних вод. З огляду на це у місцях утилізації відходів необхідний моніторинг природного середовища, що становить систему періодичних, безперервних і довгострокових спостережень за довкіллям, його оцінку для своєчасного виявлення і усунення негативних антропогенних процесів, а також вживання комплексу ефективних природоохоронних заходів на основі оперативних і середньострокових прогнозів.

Наше завдання – визначити кількісні та якісні зміни екологічних параметрів ландшафтів, що зазнали антропогенного порушення внаслідок складування твердих відходів побуту, проконтролювати діяльність підприємства, що експлуатує полігон, та спрогнозувати можливий розвиток екологічної ситуації на досліджуваних територіях.

Вклад основного матеріалу. Львівський полігон твердих побутових відходів розташований у природній балці, яка була витокком струмка, що протікає через с. Малехів і впадає у р. Полтву. Експлуатація полігону розпочалася у 1969 р. Сьогодні полігон займає площу 33,3 га та розташований на землях Грибовицької сільської ради Львівського району Львівської області. Відстань до межі міста Львова становить 4 км, а до прилеглих сіл Збиранки і Грибович – 1 км. Санітарно-захисну зону для сіл, розташованих поблизу сміттєзвалища, витримано.

Морфологічний аналіз ґрунтів показав, що на території, прилеглій до звалища, поширені дернові ґрунти, які з глибини 30–40 см підтоплюються підґрунтовими водами, тож є оглеєними (табл.).

**Фізико-хімічні параметри дернових глейових ґрунтів території,
прилеглої до Львівського полігону твердих побутових відходів**

Місце відбору зразка	Показник					
	Вміст гумусу	рН	Маса ґрунту, г/см ³		Загальна пористість, %	Максимальна гігроскопічність
			об'ємна	питома		
50 м від звалища	4,3	6,9	1,28	2,42	49,8	4,4
100 м від звалища	4,5	6,9	1,29	2,42	49,4	4,3
200 м від звалища	4,5	7,0	1,28	2,41	49,5	4,2
300 м від звалища	4,7	6,8	1,27	2,42	49,3	4,1
400 м від звалища	4,6	6,8	1,28	2,43	49,6	4,4
500 м від звалища	4,8	6,9	1,29	2,42	49,3	4,6

Відповідно до отриманих результатів, територія, прилегла до Львівського полігону твердих побутових відходів, забруднена аеральним шляхом, унаслідок довготривалого спалювання сміття до 1991 року та інфільтраційними водами, які пробивалися через відвідний канал.

На наявність забруднення вказують показники реакції ґрунтового середовища. Для дернових глейових ґрунтів характерна слабокисла реакція (рН–5,6–5,9), у нашому випадку показник рН коливався в межах близької до нейтрально-слаболужної (рН 6,8–7,0). Підвищена кислотність ґрунтів досліджуваної території сприяє нагромадженню та міграції рухомих форм важких металів.

Уміст гумусу в цих ґрунтах досить високий (4,3–4,8%), з глибиною його кількість поступово зменшується, що пов'язано з дерновим процесом ґрунтоутворення в цих ґрунтах на глибині 30 см.

За даними досліджень, у всіх проаналізованих зразках ґрунтів спостерігаємо перевищення вмісту рухомих форм важких металів порівняно з ГДК. До елементів, концентрація яких понад ГДК, належать: свинець, кадмій, цинк, мідь, кобальт, нікель, хром, миш'як, ванадій, марганець. Найбільше перевищення над середніми вмістом виявлено в кадмію і миш'яку – у 4 рази, свинцю – у 2 рази, молібдену, кобальту і срібла – відповідно у 23,7; 12,3; і 49 разів.

Найвищі концентрації важких металів тяжіють до периферійних ділянок сміттєзвалища. Близьче до звалища спостерігали аномальні кон-

центрації майже всіх елементів. З віддаленням від об'єкта забруднення важкими металами зменшується, але їхні концентрації залишаються вищими за норму. З глибиною за генетичними горизонтами концентрації цих елементів наближаються до норми.

Істотну неоднорідність бачимо у розподілі концентрацій елементів за площею випробуваної ділянки. Аномальний вміст більшості елементів проявляється у ґрунтах ділянки власне долини яру до 350 метрів від сміттєзвалища, хоча і далі також зберігаються досить високі їх концентрації. Аномальні концентрації металів спостерігали й у північно-східній частині долини, що прилягає до потічка стоків з полігону. Очевидно, з цього потоку інфільтруються забруднювачі у ґрунти. Забруднення ґрунтів важкими металами, практично всіма елементами, спостерігаємо в межах санітарно-захисної зони полігону, зокрема в місцях розташування гудронових озер і, особливо, в місцях виходу рідкої фази гудронів на земну поверхню.

Висновки. Одержані результати літохімічного обстеження території, прилеглої до Львівського полігону твердих побутових відходів, вказують на техногенне забруднення ґрунтів. Особливо непокоїть значне накопичення у ґрунтах високотоксичних кадмію і миш'яку.

Отож, Львівський полігон твердих побутових відходів і штучно створені сховища гудронів, організовані та споруджені без дотримання

основних вимог захисту навколишнього середовища, зокрема не створений геохімічний бар'єр захисту геологічного та гідрогеологічного середовища від проникнення забруднювачів.

Відпрацьовані ділянки сміттєзвалища слід рекультивувати та розробити і вжити заходів, спрямованих на припинення надходження продуктів розкладу сміття у ґрунти і сільськогосподарську продукцію. Перед закриттям полігону поверхню останнього шару сміття необхідно засипати шаром ізолюючого ґрунту, ущільненим не менше ніж на 750 кг/м^3 .

Для захисту відкосів закритого полігону від вивітрювання та змиву атмосферними опадами необхідно терасувати по поверхні укосів та облаштувати зону захисних насаджень.

Львівському комунальному підприємству «Збиранка», яке експлуатує полігон, доцільно встановити технологічну лінію для сортування твердих побутових і промислових відходів.

Бібліографічний список

1. Глуховский И. В., Овруцкий В. М., Шумейко В. Н. Современные методы обезвреживания, утилизации и захоронения токсичных отходов промышленности. Киев: ГИПК Минэкобезопасности Украины, 1996. 100 с.
2. Охорона ґрунтів / М. К. Шичула, О. Ф. Гнатенко, Л. Р. Петренко, М. В. Капштик. Київ: Знання, 2004. 398 с.
3. Сметанин В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. Москва: Колос, 2000. 232 с.
4. Снітинський В. В., Баб'як Н. М. Забруднення важкими металами дерново-підзолистих ґрунтів території, прилеглої до законсервованого Луцького звалища твердих побутових відходів / В. В. Снітинський, Н. М. Баб'як. *Вісник ЛДАУ: агрономія*. 2003. № 7. С. 3–5.
5. Хільчевський В. К. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2007. 152 с.

Стаття надійшла 11.05.2022

ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ТА ЇХНІЙ СТАН НА ТЕРИТОРІЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ МІСТА РАВА-РУСЬКА ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Н. Панас, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0003-3737-6338

Г. Лисак, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0003-3388-7966

М.-Д. Фірсанов, здобувач освітнього рівня «Магістр»

ORCID ID: 0000-0001-8430-835X

М. Онисковець, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0002-4566-1000

Н. Лопотич, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-3319-0723

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.031>

Панас Н., Лисак Г., Фірсанов М.-Д., Онисковець М., Лопотич Н. Поводження з відходами та їхній стан на території територіальної громади міста Рава-Руська Львівської області

Оцінено стан поведження з відходами на території територіальної громади м. Рава-Руської Львівської області. Виокремлено першочергові дії керівництва територіальної громади щодо практичного бачення рішення управління відходами, які збільшилися внаслідок перебування переселенців, біженців, осіб, які перетинають кордон. Проаналізовано масштаби й тенденції утворення твердих побутових відходів на території Рава-Руської територіальної громади, з'ясовано їхній склад та властивості для подальшого екологічно безпечного поведження з ними. Узагальнено досвід щодо методів та способів поведження з твердими побутовими відходами на території Рава-Руської територіальної громади, зокрема збір, транспортування, захоронення. Досліджено процеси утворення, збору, транспортування, утилізації та знешкодження твердих побутових відходів на території Рава-Руської територіальної громади. Предметом дослідження стало теоретичне підґрунтя удосконалення взаємозалежної сукупності відносин, що виникають у процесі утворення, збору, транспортування, утилізації та знешкодження твердих побутових відходів на місцевому рівні.

Представлене практичне бачення рішення щодо управління відходами. Розроблено концептуальні підходи щодо реалізації еколого-безпечної моделі поведження з відходами в межах ТГ та запропоновано етапи запровадження «Дорожньої карти поведження з відходами на території Рава-Руської територіальної громади Львівської області» з урахуванням територіальних особливостей у контексті регіональної екологічної безпеки.

Ключові слова: поведження з відходами, Рава-Руська територіальна громада.

Panas N., Lysak G., Firsanov M.-D., Onyskovets M., Lopotych N. Waste management and their condition on the area of Rava-Ruska territorial community in Lviv region

The article makes assessment of the state of waste management in Rava-Ruska territorial community. A particular attention is focused on the primary decisions made by managers of the territorial community during the war on the practical vision concerning the problems of waste management, the amount of which increased due to the presence of migrants, refugees, persons crossing the border. The scales and tendencies of solid waste production on the territory of Rava-Ruska territorial community in Lviv region are analyzed. The authors of the research clarified their composition and properties for further ecologically safe handling. The experience of the methods and ways of dealing with solid household waste on the area of Rava-Ruska territorial community, in particular collection, transportation, burial, is consolidated. The existing processes of formation, collection, transportation, utilization and disposal of solid household wastes on the area of Rava-Ruska territorial community in Lviv region have been studied. The subject of the research was the theoretical basis for improvement of the interdependent relations, which appears in the process of formation, collection, transportation, utilization and disposal of solid household waste at the local level. The issue of eliminating gaps in legislation in the field of wartime waste was raised.

A practical vision of the solutions of waste management is presented. Conceptual approaches to the implementation of an environmentally friendly model of waste management within the TC have been developed and stages of implementation of the «Roadmap for waste management in Rava-Ruska territorial community of Lviv region» have been proposed with consideration of the territorial features in the context of regional environmental security.

Key words: waste, ecology, Rava-Ruska territorial community.

Постановка проблеми. Через повномасштабне вторгнення Росії на територію України у Львівську область переїхало і тимчасово перебуває близько 600 тисяч осіб [12]. За показниками Єдиної інформаційної бази, у регіоні зареєструвалося близько 287 тис. переселенців, які розселялися спеціалізовано, і стільки ж внутрішньо переміщених осіб оселилося самостійно у приватних секторах області [11]. Оскільки Рава-Руська територіальна громада має статус прикордонної території, то на її територію постійно прибувають для переходу кордону з часу війни в середньому 40 тис. українців за добу [13]. Окремі з них тимчасово поселяються на цій території, моніторячи безпечний стан. Так за час воєнних дій на території Рава-Руської ТГ знайшли прихисток понад 840 тимчасово переміщених осіб. Значне збільшення кількості населення ТГ за рахунок переселенців, біженців, осіб, які перетинають кордон, зумовило загострення злободенної проблеми щодо поводження з відходами.

Саме поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) стає ключовою соціально-екологічною проблемою Рава-Руської територіальної громади з огляду ще й на те, що до їх складу входять невеликі населені пункти, які зазвичай взагалі не мають розвинутої інфраструктури, вибудованої системи поводження з відходами, а кількість переселенців часто перевищує кількість мешканців населених пунктів. У довоєнний час для них були характерні стихійні сміттєзвалища та відсутність санкціонованих місць складування ТПВ [4]. Низька інноваційно-інвестиційна активність суб'єктів господарювання у невеликих населених пунктах з безліччю переселенців низки об'єднаних територіальних громад у сфері поводження з відходами виражається у повільних темпах упровадження роздільного збирання побутових відходів, сортування, енергетичної утилізації тощо. Саме підвищення регіональної екологічної безпеки удосконаленням системи поводження з відходами – актуальна проблема сьогодення для новостворених громад.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Збільшення споживання у всіх сферах життя населення неодмінно зумовлює зростання темпів утворення відходів. Сучасні концепції поводження з ТПВ у розвинутих країнах [8; 9] чіткі й орієнтовані на довгострокову перспективу. Однак такі програми не можуть використовувати малі міста України через соціальні та економічні відмінності між Україною та розвинутими країнами [3]. Низка дослідників, такі як Бондар І. Л.,

Полтораченко Л. І., Лико Д. В. [1; 3; 10] зауважують, що найоптимальнішим сценарієм у сфері поводження з відходами для малих населених пунктів є роздільне збирання органічних та інших ТПВ із поступовим переходом на роздільне збирання більшої кількості фракцій – пластикових пляшок, паперу, скла і органічних відходів. Адже першочерговим завданням при роздільному збиранні відходів є виокремлення вологої органічної фракції, що дає змогу зробити решту відходів більш інертними й перешкоджає утворенню багатьох небезпечних речовин. У Токіо винайшли ефективний спосіб переробки відходів: сміття спалюють, дим фільтрують, а попел стає складовою виробництва цементу. Тому більшість міст у світі не має сміттєзвалищ.

Оскільки для України характерний переважно один метод поводження з побутовими відходами [6] – складування на полігонах, який має суттєві вади й істотно загрожує довкіллю, то важливе завдання – побудова певної ієрархії управління відходами на території кожної об'єднаної територіальної громади.

Постановка завдання. Завдання нашого дослідження – оцінка кількості та джерел відходів, прогноз потоків відходів у майбутньому, оптимізація за можливості наявних схем збору, транспортування, захоронення відходів та оцінка рівня роботи установ щодо поводження з відходами на території територіальної громади міста Рава-Руської Львівської області.

У дослідженні послуговувалися такими методичними засобами і прийомами: індукції та дедукції – щодо узагальнення основних результатів роботи та формулювання висновків; причинно-наслідкових зв'язків – за дослідження складу, властивостей і впливу нагромадження твердих побутових відходів Рава-Руської територіальної громади; системного підходу, моделювання і порівняння – під час аналізу основних технологій поводження з твердими побутовими відходами; комплексного аналізу – для удосконалення концептуальних підходів щодо поводження з останніми.

Виклад основного матеріалу. Управління побутовими відходами на сучасному етапі стає істотною екологічною та фінансовою проблемою не лише на рівні держави, а й на регіональному рівні. Окремі програми мають досить декларативний характер, а деякі втратили актуальність через зміни в адміністративно-територіальній структурі [2]. Низка програм підходить лише для

великих міст, через суттєві відмінності між інфраструктурними і соціально-економічними характеристиками великих і малих населених пунктів (останні не можуть ефективно користуватись наявними програмами поводження з ТПВ).

Досить перспективне застосування практичних кроків щодо поводження з відходами на території Євросоюзу, що подано в Директиві ЄС про відходи від 19 листопада 2008 р. [5]. Послідовність кроків відображено в ієрархії із запобігання утворенню відходів та управління ними в такому порядку щодо пріоритетності та безпечності для довкілля:

1. Запобігання.
2. Підготовка до повторного використання.
3. Переробка.
4. Інша утилізація (наприклад, відновлення енергії).
5. Видалення відходів.

Політику поводження з відходами задекларовано у Національній стратегії управління відходами в Україні до 2030 року [7]. У Стратегії виокремлено шляхи поводження з відходами, зокрема методи переробки побутових відходів (50 %), методи захоронення побутових відходів на сміттєзвалищах (30 %). Щодо повторного використання, то від загального обсягу побутових відходів можна досягнути рівня щонайбільше 10 % ТПВ. Такий розподіл основних елементів системи поводження із ТПВ пов'язаний з особливостями законодавства, фінансових можливостей, складу відходів, людського чинника.

Для ефективного управління відходами на регіональному(місцевому) рівні потрібно розробити інформаційну систему, задля доступу до всієї інформації щодо екологічних питань, зокрема даних стосовно ліцензій, дозволів, розміщення полігонів та сміттєзвалищ, актуальної інформації про забруднювачів та переробні потужності.

Рава-Руська об'єднана територіальна громада вважається однією з найбільших новостворених територіальних одиниць Львівського району Львівської області. До її складу увійшло 46 населених пунктів з населенням близько 29 тисяч.

Основним підприємством, задіяним у структурі поводження з відходами на території територіальної громади, є Комунальне підприємство «Рава-Руське будинкоуправління № 2», що займається збором, вивезенням та захороненням відходів.

Відходи збирають на підставі угод, укладених із власниками житла, об'єктами торгівлі, установами соціально-культурного призначення,

державними установами. Якщо для організацій, підприємств і жителів приватних та багатоповерхових будинків м. Рава-Руської є укладені індивідуальні договори на вивезення відходів, то охоплення населення приватного сектору жителів сіл договорами на вивезення ТПВ – на етапі розроблення. На 01.01.2021 року в місті відкритих абонентських рахунків – близько 2200, кількість зареєстрованих споживачів – близько 4000 [13]. Протягом 2021 року почалася активна стадія укладання договорів з мешканцями інших населених пунктів ТГ.

На жаль, більшість мешканців населених пунктів ТГ здійснюють часткове захоронення та переробку побутових відходів у своїх садибах. Саме неналежна організація щодо збору твердих побутових відходів у приватному секторі призводить до утворення стихійних звалищ. Побутові відходи, особливо у сільських населених пунктах Рава-Руської ТГ, складають у природних рельєфних утвореннях – балках, ярах, що створює істотну екологічну небезпеку.

На території громади функціонує понад 100 місць збору відходів [13], найбільше – у місті Рава-Руській, що пов'язано із найбільшою кількістю населення та тривалішим часом організації.

Сортування сміття декілька років тому запровадили у м. Рава-Руській: пластик та інші відходи. Із 60 місць збирання відходів лише близько 40 обладнані окремими контейнерами для пластику. Проте інші способи селективного збору вельми обмежені, відсутні пункти для збору вторинної сировини (закрилися кілька років тому) та небезпечних відходів. Тому надважливим завданням на перспективу є застосування сучасної системи сортування відходів із вилученням ресурсоцінних матеріалів у всіх населених пунктах новоствореної ТГ. Необхідно наголосити, що протягом 2021 року придбали 110 сучасних контейнерів для збору об'ємом ТПВ 1,1 м³ [7].

У підприємства, що надає послуги зі збору відходів (Комунальне підприємство «Рава-Руське будинкоуправління № 2») підготовлені Декларації про утворення відходів, згідно з якими ліміт становить близько 30 тис. м³.

Аналіз обсягів утворення відходів протягом останніх років свідчить про стабільно високі показники – понад 19 тис. м³ (рис. 1). Перший квартал 2022 року характерний стабільно високим рівнем утворення відходів та певним зростанням їх обсягів (понад 5 тис. м³), що пов'язано із збільшенням кількості осіб, які тимчасово перебувають чи проживають на території територіальної громади.

Щодо питомої частки користувачів у загальному утворенні побутових відходів, більшість (60 %) – це місцеве населення разом з

переселенцями (рис. 2), 5,3 % – бюджетні установи на території громади, 34,7 % – інші споживачі, передусім промислові підприємства.

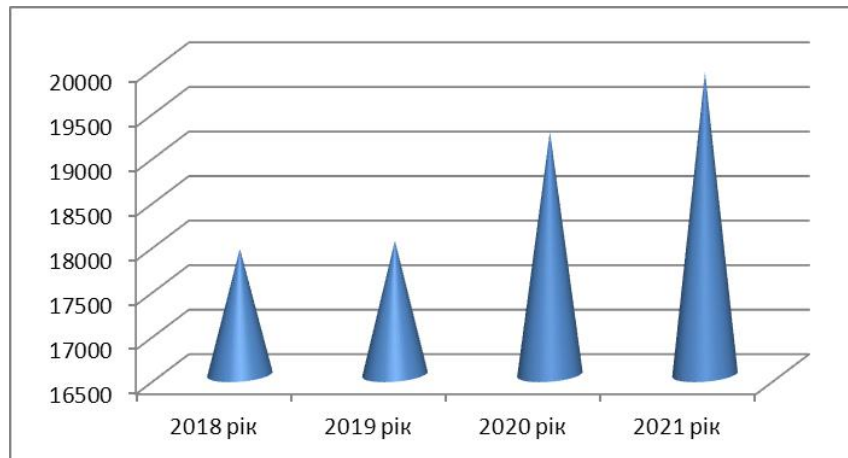


Рис. 1. Обсяги утворення відходів на території Рава-Руської територіальної громади, м³

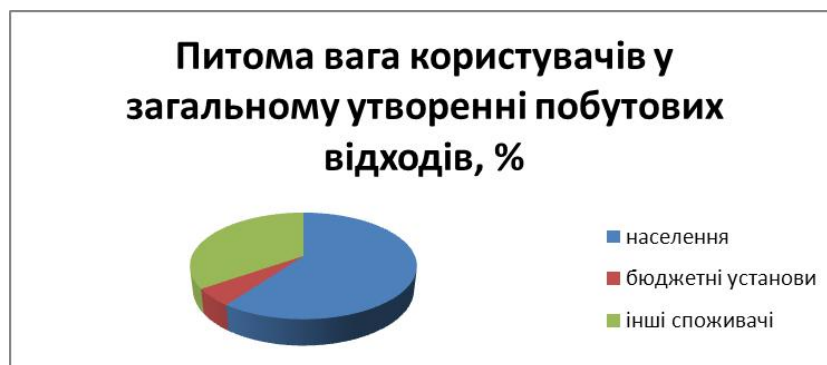


Рис. 2. Питома вага користувачів у загальному утворенні побутових відходів на території Рава-Руської територіальної громади

Основними підприємствами – джерелами утворення відходів на території ТГ, є ПП «Любисток» (312 м³), АЗС «Укр-Петроль» (150 м³), АЗС «ОККО-Рітейл» (310 м³), АЗС «Вест Петрол Маркет» (900 м³), ФОП Федик (ресторан «ДаВінчі») (276 м³), ТзОВ ТВК «Львівхолод» (магазин «Рукавичка») (600 м³), СП ТзОВ «Агродерев» (384 м³), КП «Річки» (1446 м³), ПП «Рома» (840 м³), ПП «Західний Буг» (216 м³). Сумарний обсяг відходів від промислових та комунальних підприємств сягає понад 10 тис. м³. Певну частку до загального обсягу відходів вносять бюджетні установи (понад 1600 м³) та ОСББ, створені на базі багатоповерхівок міста Рава-Руської (близько 600 м³) [4].

Аналіз проведених досліджень морфологічного складу побутових відходів Рава-Руської ТГ свідчить, що лівову частку відходів становлять харчові відходи, пластмаси та ПЕТ, інертні від-

ходи. Зросло використання пакувальних матеріалів і напівфабрикатів у повсякденному житті більшості мешканців, переважно полімерної та комбінованої, більшість різновидів якої не піддається процесам біологічного розкладання, що призвело до зростання частки їх відходів у загальному обсязі. Наслідок – зростання вмісту паперу й полімерів у ТПВ. За даними морфологічного складу ТПВ більшу частку утворюють компоненти, які можна повторно використати. Оскільки у складі ТПВ є великий вміст паперу, полімерів, скла тощо – цінної вторинної сировини, що не відбираються на стадії утворення у достатній кількості, а вивозяться й захоронюються на полігоні та стають небезпечними забруднювачами навколишнього середовища. Тому впровадження схеми збирання ТПВ у містах та селах, що передбачає роздільне збирання в одному контейнері – одного певного виду ресурсоцінних

компонентів, у другому контейнері – другого певного виду ресурсоцінних компонентів, у третьому – інших ресурсоцінних компонентів, у четвертому – змішаних, – першочергове завдання для Рава-Руської громади, яке можна реалізувати найближчим часом.

За попередніми орієнтовними даними, серед побутових відходів населених пунктів 1% – це небезпечні відходи, утилізація яких належить до платних послуг. Організація цивілізованого збору та утилізації небезпечних відходів має бути завданням місцевої влади. На жаль, на території Рава-Руської ТГ такої роботи практично не ведеться. Важливо донести до мешканців інформацію про перелік небезпечних відходів, організувати збір таких відходів у тимчасових пунктах, передбачити певні кошти у бюджеті громади та залучати організації-спонсори. Місцева влада разом з громадськими організаціями може

підготувати програму зі сприяння утилізації небезпечних відходів, залучивши також приватних компаній-виробників небезпечних відходів (ламп, батарейок, фарб).

Сезонні зміни складу ТПВ характерні збільшенням харчових відходів: з 20–25% навесні, до 40–55% восени, а взимку зменшується кількість вуличного відсіву.

Як бачимо з аналізу складу промислових відходів (рис. 3–4), серед таких переважають харчові та будівельні відходи, відходи шкіри, тканин, гуми, відходи очисних споруд. Велика частка припадає на скло, що може бути пов'язано з відсутністю пунктів прийому склотари.

Загалом на 2017–2022 рр. КП «Рава-Руське будинкоуправління № 2» отримало дозвіл на розміщення 30109,8 т на рік відходів (табл. 1). Хоча реально вивозило значно менші обсяги відходів (табл. 2).



Рис. 3. Склад ТПВ Рава-Руської ТГ



Рис. 4. Склад промислових відходів Рава-Руської ТГ

Таблиця 1

Дозволені обсяги відходів КП «Рава-Руське будинкоуправління № 2»

Найменування групи і видів відходів	Клас безпеки	Код відходу	Дозволена кількість, т/рік	Розміщення
Відходи діяльності установ громадського харчування, технічного обслуговування та ремонту устаткування, приладів і виробів інших, відходи комунальні та аналогічні неспецифічні промислові, інші Тверді побутові відходи	IV	77	30109,8	Сміттєзвалище м. Рава-Руська
Шлам від очищення вод стічних комунальних міських	IV	9030/2/9/05	200,0	Мулові майданчики КП «Рава-Руське будинкоуправління №2»

Таблиця 2

Ліміти та фактичні показники розміщення відходів
КП «Рава-Руське будинкоуправління № 2» на 2018–2021 роки, т за рік

Показник	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.
Ліміти	30109,8	30109,8	30109,8	30109,8
Фактично	17910,0	18000,0	19223,0	19861,0

Комунальне підприємство «Рава-Руське будинкоуправління № 2» здійснює не лише збір, а й транспортування та утилізацію твердих побутових відходів, утримує та контролює роботу полігону для ТПВ, розміщених на території ТГ, забезпечує чистоту та благоустрій у місті Рава-Руській.

Побутові відходи, особливо у сільських населених пунктах, складають у природних рельєфних утвореннях – балках, ярах, долинах річок. Це становить екологічну небезпеку, оскільки стічні води, насичені забруднювальними речовинами, потрапляють у водні об'єкти.

Водночас спостерігається тенденція до значного підвищення тарифів на паливно-мастильні матеріали, збільшення мінімальної заробітної плати, вартості матеріалів для експлуатації та ремонту тощо. Водночас витрати населення на поводження з побутовими відходами становлять 0,1 % середнього доходу.

Захоронення побутових відходів населених пунктів Рава-Руської ТГ здійснюють на полігоні ТПВ, що функціонує поблизу с. Потелича Львівського району Львівської області.

Хоча згідно з технічними характеристиками на 01.10.2018 року потужність наявного об'єкта –

3 тис. т на рік, площа земельної ділянки – 5 га, питома вага користувачів у загальному споживанні – захороненні побутових відходів – свідчить, що основна частка належить відходам від населення. Необхідно зауважити, що останніми роками значно зросли обсяги відходів, що захоронюються, на території полігону ТПВ, від приватних осіб. На жаль, тут не обладнано локальні мережі спостережних свердловин для контролю за якісним станом вод, тож немає контролю за якістю підземних вод, а також за газовими виділеннями з полігону. Відсутня система захисту ґрунтових вод, збору, вилучення та знешкодження фільтратів та біогазу [1; 3].

На сміттєзвалищі не вживають заходів із вилучення та утилізації біогазу, чим, зокрема, порушують закріплені Кіотським протоколом кількісні зобов'язання розвинутих країн і країн з перехідною економікою, зокрема Україною, з обмеження і зниження надходження парникових газів у атмосферу.

Дослідження функціонування полігону для ТПВ засвідчують, що він далекий від європейських стандартів стосовно гарантування безпеки його функціонування, особливо щодо фільтрату. Відсутність додаткового захисту від

проникання фільтрату на рельєф у вигляді геомембран – суттєва проблема. Негативним моментом є також відсутність буферних зелених зон та якісного огороження. Проте не виявлено відходів, які б розносилися вітром. Позитивно те, що складовані відходи регулярно ущільнюються та пересипаються шаром інертних матеріалів, а не нагромаджують безладно.

Висновки

1. Система поводження з ТПВ на території Рава-Руської ТГ потребує переходу на більш прогресивні методи. Слід у засобах масової інформації пропагувати реалізацію «Програми з поводження з ТПВ території Рава-Руської ТГ», у межах якої важливо виокремлювати основні напрямки цієї діяльності щодо охоплення території населених пунктів, що входять до ТГ, послугами зі збору та вивезення ТПВ, а також упровадження оптимальної схеми поводження з ТПВ.

2. Аналіз перспектив логістичної організації регіональної системи управління відходами дасть змогу модернізувати логістику поводження з ТПВ: вибір видової бази сміттєвозів, економічні маршрути та прогнози обсягів перевезень.

3. До сучасних першочергових заходів з поводження із відходами на досліджуваній території належать:

- фінансове заохочення населення використовувати сміття як вторинну сировину для зменшення відходів;

- штрафування осіб за шкоду довкіллю як наслідок недбалого поводження із побутовими відходами;

- інформування місцевого населення про можливості та придатність вторинного використання відходів для побутових потреб (добрива, корми, тощо).

4. Одним із найдешевших способів утилізації сміття можна вважати його спалювання у спеціалізованих приміщеннях з обладнаними повітряними фільтрами та подальше використання попелу для виготовлення цементу.

5. Систематичне надання сільському населенню базової екологічної освіти, ознайомлення з передовим світовим досвідом утилізації відходів, що стане передумовою розвитку громадської відповідальності за екологічну безпеку регіону.

Бібліографічний список

1. Бондар І. Л., Полтораченко Л. І. Системи поводження з твердими побутовими відходами в українських містах, роль міського населення в роздільному збиранні сміття та рекомендації для органів місцевого самоврядування. Київ: ПРООН/МПВСР, 2011. 47 с.

2. Коваль І. І., Погребенник В. Д. Організація інтегрованої системи управління ТПВ для Львівської області. *Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: 5-й Міжнар. конгрес*, Львів, 26–29 вересня 2018 р.: збірник матеріалів. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. С. 45.

3. Лико Д. В., Гуцук І. В. Поводження з відходами та їх утилізація у Рівненській області. *Екологічний вісник*. 2010. № 1. С. 31–32.

4. Панас Н. С., Хірівський П. Р., Лисак Г. А., Лопотич Н. Я. Стан поводження з твердими побутовими відходами на території Жовківського району Львівської області. *Розроблення та реалізація регіональних Програм поводження з відходами: проблемні питання та кращі практики: збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології» (м. Івано-Франківськ, 8–10 жовтня 2020 р.)*. Київ: Центр екологічної освіти та інформації, 2020. С. 130–132.

5. Попович Н. П., Мальований М. С., Попович В. В. Підвищення регіональної екологічної безпеки шляхом удосконалення логістичної системи поводження з відходами. *Екологічні науки*. 2021. № 1 (20), том 2. С. 11–14.

6. Стан і проблеми реалізації реформи адміністративно-територіального устрою в Україні. URL: www.niss.gov.ua. (дата звернення: 12.06.2022).

7. Фірсанов М. Д. Впровадження культури поводження з твердими побутовими відходами як необхідний етап підвищення ефективності нових сучасних технологій поводження з ними. *Студентська молодь і науковий прогрес в АПК: тези доп. Міжнар. студ. наук. форуму*, 2021 року. Львів, 2021. С. 8.

8. Gerke G., Th. Pretz. Experience with waste management by means of collecting recyclable materials separately. *Waste*, 2004, Stratford, 2004.

9. Kreith F. *Handbook of solid waste management*. USA: McGraw-Hill Inc., 1994. 822 p.

10. Vergara S., Tchobanoglous G. *Municipal Solid Waste and the Environment: A Global Perspective*. *Annu. Rev. Environ. Resourc.* 2012. Vol. 37. P. 277–309.

11. URL: <https://interfax.com.ua/news/general/821653.html> (дата звернення: 12.06.2022).

12. URL: <https://loda.gov.ua/news/> – повідомлення ЛДА про внутрішнє переміщення (дата звернення: 12.06.2022).

13. URL: https://zaxid.net/ravaruska_tag49781/ – кількість перетинів у Рава-Руській (дата звернення: 12.06.2022).

Стаття надійшла 17.06.2022

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЗАБРУДНЕННЯ ПЕСТИЦИДАМИ РУДЕРАЛЬНИХ І КУЛЬТУРНИХ БІОГЕОЦЕНОЗІВ

М. Іванків, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4911-2877

Н. Качмар, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-4471-5895

Т. Дацко, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-2957-1822

А. Дидів, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4436-9008

С. Павкович, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-0844-3071

В. Бальковський, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-3995-1909

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.038>

Іванків М., Качмар Н., Дацко Т., Дидів А., Павкович С., Бальковський В. Екологічні ризики забруднення пестицидами рудеральних і культурних біогеоценозів

Наголошено, що важливим завданням захисту довкілля сьогодні є попередження загрози екоризиків на першому етапі мінімізації можливих негативних наслідків. Доведено актуальність завдання щодо антропогенного забруднення токсикантами територій, прилеглих до складів агрохімікатів, спричиненого локалізацією і транслокацією залишків пестицидів у компонентах агробіогеоценозів. Проаналізовано екологічні аспекти оцінювання ризику небезпеки на наукових засадах, що дозволить виявити наслідки антропогенного навантаження на навколишнє середовище на локальному рівні. Залишки пестицидів – стійкі екоотоксиканти у природних середовищах, здатні мігрувати у харчових ланцюгах набагато швидше, ніж важкі метали. Тому наслідки їх потрапляння в біогеоценози небезпечні, оскільки багато з них є стійкими і лабільними.

Зауважено, що, незважаючи на отримані невисокі значення коефіцієнтів транслокації, багаторічні рослини здатні рости в умовах фітотоксичності ґрунту і накопичувати ДДТ та його метаболіти у значних кількостях у тканинах коренів. Отримані результати підтверджують наявність певного фізіологічного бар'єру щодо накопичення рослинами екоотоксикантів з ґрунту та залежність такого накопичення від видових особливостей рослин. Найнижчі показники вмісту пестицидів отримано для дерев'ю звичайного, де мінімальні концентрації ДДТ знайдено в надземних органах – 18,1 мкг/кг, у кореневій системі – 404,6 мкг/кг, а високі кількості досліджено у полині звичайному, який при вмісті ДДТ у ґрунті ризосфери становив 1642,8 мкг/кг (16,4 ГДК), накопичував пестицид у надземних органах рослин у концентрації 1898,4 мкг/кг у перерахунку на суху масу рослин, а його коренева система – 1846,2 мкг/кг.

Досліджено процеси транслокації і трансформації хлорорганічних пестицидів та встановлено закономірності розподілу пестицидів у вегетативних органах ячменю ярого. Дослідженнями на темно-сірому опідзоленому ґрунті в умовах Західного Лісостепу України визначено, що біотичне накопичення залишків ДДТ у вегетативній масі рослин ячменю ярого залежить не тільки від біологічних особливостей культури, а й від вихідної концентрації у ризосферному ґрунті.

Ключові слова: екоотоксиканти, транслокація, біоаккумуляція, трансформація, ґрунт, рослини.

Ivankiv M., Kachmar N., Datsko T., Dydiv A., Pavkovych S., Balkovsky V. Ecological risks of pesticide contamination of ruderal and cultural biogeocenoses

Attention is focused on the fact that the urgent task of protecting the environment today is to prevent the threat of ecological risks at the first stage of minimizing possible negative consequences. The article is devoted to the solution of the actual problem of anthropogenic contamination with toxicants of the territories adjacent to the warehouses of agrochemicals, caused by the localization and translocation of pesticide residues in the components of agrobiogeocenoses. Ecological aspects of hazard risk assessment are analyzed on a scientific basis, which will allow to reveal the consequences of anthropogenic load on the environment at the local level. Pesticide residues are potent ecotoxicants, and some are very persistent in natural environments, able to migrate through food chains much faster than heavy metals. Therefore, the consequences of their entry into biogeocenoses are dangerous, since many of them are stable and labile.

The studies have shown that despite the obtained low values of translocation coefficients, perennial plants are able to grow in conditions of phytotoxicity of the soil and accumulate significant quantities of DDT and its metabolites in root tissues. The obtained results confirm existence of a certain physiological barrier to the accumulation of ecotoxicants from the soil by plants and the dependence of such accumulation on the species characteristics of plants. The lowest indicators of pesticide content were obtained for common yarrow, where the minimum concentrations of DDT were found in aerial organs – 18.1 mg/kg, and in the root system – 404.6 mg/kg, and high amounts were investigated in wormwood, which with DDT content in the soil of the rhizosphere was 1642.8 mg/kg (16,4 MPC), the pesticide accumulated in the aerial organs of plants at a concentration of 1898.4 mg/kg based on the dry weight of plants, and its root system – 1846.2 mg/kg.

The processes of translocation and transformation of organochlorine pesticides are investigated in the article and regularities of distribution of pesticides in the vegetative organs of spring barley were determined. The experiment was conducted on dark grey podzolized soils in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine and showed that biological accumulation of DDT residues in the vegetative mass of spring barley plants depends not only on biological features of culture, but also on the initial concentration in rhizosphere soil.

Key word: ecotoxicants, translocation, bioaccumulation, transformation, soil, plants.

Постановка проблеми. Потенційні ризики використання пестицидів, характерні високою хімічною стабільністю, зумовлені їх різнобічним негативним впливом не тільки для земельних ресурсів, а й для тваринного та рослинного світу. Основна небезпека пестицидів полягає у входженні їх у біологічний колообіг, у процесі якого вони надходять в організм тварин і людини. Негативному впливу пестицидів піддаються насамперед агрофітоценози та їхні основні компоненти: ґрунти сільськогосподарських угідь, рослинний покрив, наземна та ґрунтова біота, водні об'єкти, зокрема ґрунтові води [3; 4; 10; 11; 13]. Дуже важливо сьогодні акцентувати увагу на тому, що загрозу довкіллю становлять непридатні або заборонені пестициди та інші отрутохімікати, які не утилізовані та зберігаються з порушенням правил. Саме тому в Україні проблема забруднення земель сільськогосподарського призначення залишковими кількостями пестицидів та питання збереження агробіорізноманіття сьогодні актуальні для суспільства.

Потрапляючи до ґрунту, пестициди забруднюють його токсичними сполуками, пригнічують біологічну активність, породжують небезпеку для популяційного складу біоценозів, спричиняють появу мутацій, що порушує генетичну чистоту високопродуктивних сортів та погіршує якість сільськогосподарської продукції, а відтак з'являється небезпека інтоксикації тварин і людини.

Найбільш суттєвою ознакою екобезпеки є ризик, як слушно вказує М. О. Фролов у своїх працях [16], адже питання про обрання того чи іншого заходу, важеля, механізму забезпечення екологічної безпеки залежить від конкретного прояву, реалізації чинника екологічного ризику.

Орел С. М. та Мальований М. С. зазначають, що забруднення та завдання шкоди довкіллю і необхідність ухвалення відповідних рішень для його зменшення вимагають здійснити

оцінку стану довкілля, а відтак – забезпечувати його захист з мінімальними затратами. Важливо науково обґрунтувати підходи до зниження рівня накопичення ксенобіотиків у продуктах харчування та кормах, тож необхідно з'ясувати шляхи міграції й накопичення ксенобіотиків агроєко-системами. Отже, аналіз екологічного ризику є одним з ефективних інструментів, який об'єднує екологічні дані з управлінськими рішеннями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Численні публікації про високу стійкість пестицидів та їх метаболітів у довкіллі до розпаду, що є важливою передумовою їхньої міграції за профілем ґрунту, а також у суміжні середовища (рослини, повітря, воду), що небезпечно для природних біоценозів і, відповідно, для здоров'я людини, свідчать про те, що проблема, пов'язана із застосуванням цих полютантів, становить значний науковий та практичний інтерес.

Прогресивний або регресивний розвиток агробіогеоценозу визначається трансформацією і міграцією небезпечних речовин, енергії та інформації. Прогресивний розвиток характерний накопиченням екосистемою внутрішньої енергії, збільшенням довговічності та надійності [9; 12; 15]. Це супроводжується збільшенням адаптаційних можливостей екосистеми або ступенем її еластичності. Слід зауважити, що для агроєко-системи, яка має високу врожайність одного (декількох) видів або сортів культурних рослин, характерні низька надійність і нездатність до тривалого існування без підтримки людиною. Тому для підвищення можливості її існування та посилення функціональної ефективності необхідно збільшувати надійність.

Науковці Войціцький В. М., Хижняк С. В., Данчук В. В., Ушкалов В. О. зазначають, що принциповим при оцінюванні накопичувальної та транс-

портувальної здатності агроєкосистеми щодо екотоксикантів є встановлення їхньої місткості стосовно цих речовин – ліміт забруднення агроєкосистеми поллютантами, за якого ще не спостерігаються зміни, загрозливі для її існування та функціонування [1; 2]. Це фундаментальна властивість, яка визначає ту граничну кількість поллютантів, що може стабільно утримувати біота екосистеми без зміни (за рахунок надійності) своїх основних функцій (приросту біомаси, зміни складу тощо). Місткість агроєкосистеми може слугувати мірою надійності кожного компонента агроєкосистеми, а також цієї системи загалом. При збільшенні надійності необхідно зменшити можливість накопичувальних процесів для поллютантів як окремими компонентами, так і всією агроєкосистемою, для забезпечення мінімально можливого потрапляння поллютантів до продуктів харчування людей і корму свійських тварин.

Слід пам'ятати, що агроландшафти – не тільки місце виробництва сільськогосподарської продукції, а й місце мешкання величезної кількості диких тварин, рослин, грибів та інших живих організмів. Багато з них пристосовані до існування в агробіогеоценозах і залежать від них. Дошові черв'яки, різноманітні комахи та їхні личинки, створюючи ходи під землею, забезпечують доступ повітря до коренів рослин, поліпшуючи врожайність.

Жуков О. В. [5] зауважує, що угруповання ґрунтових безхребетних характерне високими адаптивними можливостями для існування в умовах хімічного забруднення середовища існування. Стійкість комплексів мезофауни зумовлює підтримання низки синекологічних показників на постійному рівні, близькому до рівня природних угруповань. Це дозволяє угрупованням ґрунтових безхребетних виконувати свої функції в біогеоценозі навіть за досить високого ступеня забруднення навколишнього середовища.

Негативні впливи пестицидів на мікробне різноманіття та життєдіяльність мікроорганізмів ґрунту описали чимало дослідників [5; 10; 13; 14]. Так, у ґрунтах, забруднених пестицидами, спостерігали інактивізацію мікроорганізмів, що фіксують азот, і бактерій, що розчиняють важкодоступні сполуки фосфору. Аналогічно, як показали численні дослідження науковців, деякі пестициди впливали на ферментативну активність ґрунту, яка є біологічним індикатором родючості ґрунтів та біологічних процесів у ґрунтовому середовищі.

Науковці зауважують, що виняткове значення у забрудненні агробіогеоценозів належить

екотоксикантам. Необхідно враховувати, що агроєкосистеми можуть бути забруднені поллютантами, які потрапляють як із природних, так і з антропогенних джерел [1; 3; 11]. Сьогодні в літературі виокремлюють три групи факторів, які впливають на рухомість забруднювачів у ґрунтах: пов'язані з властивостями ґрунтів, залежні від характеристик забруднювачів та ті, що визначаються кліматичними умовами. Інтенсивність шкідливого впливу пестициду, а отже, й ризики для навколишнього середовища і для людини, залежать від поєднання низки чинників: на цей процес, зокрема, впливають фізико-хімічна форма поллютантів (аерозолі, пара, частинки, сорбовані на різних матеріалах тощо), їх стійкість у довкіллі (що залежить від реакції середовища, гранулометричного складу ґрунту, умісту в ньому гумусу тощо) чи погодньо-кліматичні умови (вітер, температура, атмосферні опади тощо). Отож, можна стверджувати, що міграція забруднювачів, які потрапляють у ґрунт, призводить до їх перерозподілу й за глибиною ґрунту, і в горизонтальному напрямі. Отже, ґрунт є середовищем загального накопичення і початковою точкою переміщення пестицидів. Крім того, надходження токсикантів до рослин агроєкосистеми залежить від видових і сортових особливостей рослин, внесення пестицидів чи агрохімікатів тощо.

Аналіз наукових праць багатьох українських та зарубіжних науковців свідчить, що в угрупованні організмів (біоценозі) зазвичай буває декілька паралельних ланцюгів живлення, між якими можливий взаємозв'язок, що забезпечує цілісність та динамічність біоценозу.

Деякі фахівці вважають, що ці джерела створюють відповідні поля (ореоли) забруднення земель. Так, розташування та конфігурація вказують на ступінь небезпечності цих джерел. Зокрема В. С. Мошинський, Т. В. Бухальська, А. Г. Ліщинський, Ж. В. Наконечна [12] зауважують, що первинне поле забруднення формується на поверхні ґрунту внаслідок прямого надходження забруднювальних речовин від джерела забруднення, що залежить від: 1) розташування джерела забруднення; 2) технологічних характеристик джерела забруднення; 3) агрегатного стану, хімічної форми, фізико-хімічних властивостей забруднювачів; 4) шляхів надходження; 5) метеорологічного режиму; 6) ландшафтно-морфологічної структури земель; 7) просторових особливостей та видового складу рослинного покриву; 8) структури природокористування й шляхів надходження забруднювальних речовин. Вторинне поле забруднення формується внаслідок процесів між-

територіального та міжкомпонентного перерозподілу забруднювальних речовин (механічної, фізико-хімічної, біогенної міграції) та їхньої акумуляції у природних компонентах, насамперед у біоті та у ґрунтах [12].

Отже, можливі обсяги чи інтенсивність надходження екотоксикантів від джерел підлягають науково обґрунтованому нормуванню.

Постановка завдання. Наше завдання – оцінити сучасний стан забруднення рослинного покриву агроєкосистем залишковими кількостями пестицидів, додатково проаналізувавши фітоценоз та пристосування рослин до забруднених територій навколо складів.

Пестициди застосовують у межах агроєкосистем, що в умовах регіонів аграрного спрямування займають великі площі. Тому проблема поширення високотоксичних речовин на значних територіях спричинює істотні екологічні ризики (пов'язані з порушенням стану довкілля); ризики для здоров'я (пов'язані з впливом на здоров'я людей); ризики для якості продуктів (пов'язані з імовірним потраплянням токсичних речовин у харчові продукти); інші види ризиків.

Виклад основного матеріалу. Аналіз екологічних аспектів у процесі здійснення агроєкологічного моніторингу на території розміщення сховища для тимчасового зберігання непридатних до застосування пестицидів на досліджуваній території свідчить про досить високу оцінку потенційного екологічного ризику (за рахунок загрози забруднення довкілля, зокрема ґрунту та рослинності).

У попередніх працях [6–8] ми описали серйозність проблеми забруднення ґрунтів хлор-органічними пестицидами та дослідили видовий склад фітоценозу територій, прилеглих до складів агрохімікатів.

Стосовно наземних екосистем, зокрема лучних екосистем і агроценозів, пестициди у рослини надходять унаслідок поверхневої адсорбції листям і стеблами, а також поглинання кореневою системою. Тож є два основні типи надходження речовин до рослин: позакореневий і кореневий.

Рослинні зразки аналізували у Львівському обласному державному проектно-технологічному центрі охорони родючості ґрунтів і якості продукції «Облдержродючість» (тепер Львівська філія ДУ «Держґрунтохорона»).

За нашими спостереженнями у структурі рослинних угруповань територій, прилеглих до складів агрохімікатів, наявні як токсикото-

лерантні, так і чутливі до токсичного впливу види рослин. Зазвичай комплекс різних токсикантів на цих територіях має нерівномірний розподіл у ґрунті. Відокремити вплив певного препарату в польових умовах полікомпонентного забруднення ґрунту зазвичай не вдається. Можна лише оцінити синергічну реакцію рослин на цілісний комплекс забруднювальних речовин, наявних у ґрунті, на різних стадіях функціонування рудерального чи культурного агробіоценозу.

Для виявлення змін у рослинному угрупованні з віддаленням від епіцентру забруднення ми поділили територію навколо складського приміщення радіусом 50 м умовно на 12 секторів (дослідних ділянок), розміщених у південному, північному, східному та західному напрямках на відстанях 1-50 м від приміщення складу. У межах кожного сектору закладали по 3–4 облікові рамки.

Рослинне угруповання досліджуваної території представлено 21 видом дикорослих рослин. Виявлено, що з віддаленням від джерела забруднення у всіх напрямках збільшуються густина рослинного покриву та видова насиченість рослинного угруповання. Порівняння облікових ділянок за кількістю видів та густиною рослинного покриву на різній відстані від джерела забруднення протягом дослідних років показало, що забруднена територія поступово зростає.

Для виявлення у структурі фітоценозу, сформованого в умовах високого пестицидного навантаження ґрунту в межах зони складу отрутохімікатів у минулому Жовківського району Львівської області, дикорослих видів рослин з високою здатністю до фітоекстракції та фітодеградації токсикантів, визначали залишкові кількості стійких органічних забруднювачів у тканинах рослин та ризосферному ґрунті. На основі отриманих даних про ступінь хімічної деградації ґрунтового покриву навколо складського приміщення для дослідження відібрали рослини з ділянок із максимальними рівнями забруднення ДДТ.

Одним із основних показників здатності рослин до фітоекстракції забруднювачів із забруднених ґрунтів є коефіцієнт транслокації (K_T), який характеризує інтенсивність процесу переходу токсикантів з підземної у надземну частину рослин. Це безрозмірна величина, що визначається як співвідношення вмісту пестицидів у надземних органах рослин до їх вмісту у кореневій системі. Американський учений Дж. Ввайт вважає, що при значеннях цього коефіцієнта ≥ 1 рослини мають високу здатність переміщувати

токсиканти із кореневої у надземну частину та є перспективними для використання у технологіях фітоекстракції [18].

Для рослин кожного виду визначали залишкові кількості хлорорганічних пестицидів окремо у надземних органах рослин і їх кореневій системі та розраховували коефіцієнт біонакопичення K_6 (співвідношення вмісту

пестицидів у рослин до їх вмісту у ризосферному ґрунті) та коефіцієнт транслокації токсикантів K_T (співвідношення вмісту пестицидів у надземній частині до вмісту у кореневій системі рослин). Серед наведених показників обирали критерії фітореMediaційної спроможності для дикорослих видів рослин. Дані розрахунків представлено в табл. 1.

Таблиця 1

**Біонакопичення та транслокація ДДТ дикорослими видами рослин
(у перерахунку на абсолютно суху масу рослин)**

Вид рослини	Вміст суми ізомерів та метаболітів ДДТ, мкг/кг			K_6 , коефіцієнт біонакопичення	K_T , коефіцієнт транслокації
	ґрунт ризосфери	надземні органи	коренева система		
Полин звичайний	1642,8±4,9	1898,4±2,4	1846,2±2,7	1,14	1,03
Кульбаба лікарська	2174,4±9,7	1661,6±1,9	2600,2±4,6	0,98	0,64
Тонконогі вузьколистий	1576,4±2,7	620,2±0,8	1365,6±1,7	0,63	0,45
Лопух великий	1627,3±3,2	195,3±0,7	1204,2±2,4	0,43	0,16
Різак звичайний	1864,2±4,2	225,4±0,9	930,1±1,3	0,31	0,24
Пирій повзучий	1637,5±2,7	51,0±0,3	538,5±2,0	0,18	0,09
Деревій звичайний	1921,6±3,1	18,1±0,2	404,6±1,8	0,11	0,04
ГДК	100			-	-

Результати досліджень показали, що дикорослі види рослин, толерантні до токсичного впливу пестицидів, здатні активно накопичувати ДДТ у тканинах своїх надземних і підземних органів. Переважно досліджувані багаторічні дикорослі рослини здатні до накопичення ДДТ та його метаболітів у значно більших кількостях у тканинах коренів порівняно з надземними органами. Виняток становив полин звичайний, який за вмісту ДДТ у ґрунті ризосфери у кількості 1642,8 мкг/кг (16,4 ГДК) накопичував пестицид у надземних органах рослин у концентрації 1898,4 мкг/кг у перерахунку на суху масу рослин, а його коренева система – 1846,2 мкг/кг. Найнижчі показники вмісту пестицидів отримано для деревію звичайного, де мінімальні концентрації ДДТ знайдено в надземних органах – 18,1 мкг/кг, а у кореневій системі – 404,6 мкг/кг.

Розрахунки показали тісний корелятивний зв'язок між вмістом ДДТ у ризосферному ґрунті й органах рослини. Найвищі показники коефіцієнтів транслокації та біонакопичення виявлено для

рослин полину звичайного, кульбаби лікарської і тонконога вузьколистого. Так, коефіцієнт біонакопичення був максимальним для полину звичайного і становив 1,14, при цьому коефіцієнт транслокації для цього виду становив 1,03. Такі показники свідчать про високу інтенсивність поглинання ДДТ цим видом рослин.

Високі значення коефіцієнтів біонакопичення і транслокації виявлено для кульбаби лікарської (0,98 і 0,64) і для тонконога вузьколистого (0,63 і 0,45). Це підтверджує припущення, що коефіцієнти біонакопичення дикорослих рослин перебувають у тісному корелятивному зв'язку з коефіцієнтами транслокації, хоча останній не повною мірою залежить від ступеня забруднення ґрунту ДДТ. Наприклад, винятком була рослина лопуха великого, де при вмісті в ризосферному ґрунті ДДТ на рівні 1627,3 мкг/кг коефіцієнт транслокації для цієї рослини становив 0,16. Так, для рослин лопуха великого, різак звичайного, пирію повзучого і деревію звичайного були невисокими показники коефіцієнтів біона-

копичення (0,43, 0,31, 0,18 і 0,11) і транслокації (0,16, 0,24, 0,09 і 0,04). Отримані результати підтверджують наявність певного фізіологічного бар'єру, а саме активізації комплексу захисних механізмів рослинного організму, спрямованих на призупинення процесу міграції токсикантів з ґрунту.

Основною фітопродукційною функцією ґрунту є створення необхідних умов, які б забезпечували належне проходження процесу онтогенезу культурних рослин, а як наслідок – одержання якісної продукції.

Тому з метою дослідження можливостей екстракції, транслокації і трансформації хлороорганічних пестицидів та встановлення закономірностей розподілу хлороорганічних пестицидів у вегетативних органах ячменю ярого проаналізовано кореневу систему, надземну частину та зерно культури на вміст залишкових кількостей хлороорганічних пестицидів.

Уміст хлороорганічних пестицидів у вегетативних органах ячменю ярого (коренях, надземній вегетативній масі, зерні) представлено в табл. 2.

Таблиця 2

**Накопичення та транслокація ДДТ у біомасі ячменю ярого
мкг/кг (у перерахунку на абсолютно суху речовину)**

Рік дослідження	Сумарний вміст ДДТ та його метаболітів, мкг/кг				K ₆ , коефіцієнт біонакопичення	K _т , коефіцієнт транслокації
	ґрунт ризосфери	коренева система	надземна частина	зерно		
Перший	215,8±3,7	147,4±2,9	126,2±2,3	101,4±1,6	0,63	0,85
Другий	201,7±4,1	122,1±2,0	98,6±1,8	61,25±1,3	0,54	0,80
Третій	193,4±1,8	106,5±1,7	68,1±1,85	25,5±0,9	0,45	0,63

Результати досліджень показали (див. табл. 2), що біологічне накопичення залишків ДДТ у вегетативній масі рослин ячменю ярого залежить не тільки від біологічних особливостей культури, а й від вихідної концентрації у ризосферному ґрунті. Найбільша частка хлороорганічних пестицидів зосереджена в коренях (у всіх варіантах досліджу), найменша – в зерні. При вмісті в ризосферному ґрунті ДДТ на рівні 215,8 мкг/кг (2,2 ГДК) накопичувався пестицид у кореневій системі – 147,4 мкг/кг у перерахунку на суху масу рослин, а в надземних органах рослин у концентрації 126,2 мкг/кг. Найнижчі показники вмісту пестицидів отримано на третій рік дослідження, при вмісті ДДТ у ґрунті ризосфери у кількості 193,4 мкг/кг (1,9 ГДК), де мінімальні концентрації ДДТ знайдено в зерні – 25,5 мкг/кг, у надземних органах – 68,1 мкг/кг, а у кореневій системі – 106,5 мкг/кг. Отримані результати підтверджують наявність певного фізіологічного бар'єру в кореневій системі рослин щодо накопичення та міграції токсикантів з ґрунту до рослин.

Результати наведених даних свідчать про те, що вміст хлороорганічних пестицидів зменшується у ряді: підземна фракція > генеративна фракція > вегетативна фракція фітомаси. Якість насіння – найважливіший фактор урожайності, тому що насіння є носієм біологічних і господарських властивостей рослини [16]. Розвиток зерна завер-

шується з набуттям фізіологічної зрілості, коли настає повна стиглість і зерно здатне виконувати функції насіння, при цьому набуває високих технологічних якостей.

Так, із поступовим зменшенням сумарного вмісту ДДТ та його метаболітів, коефіцієнт біонакопичення знижується (у межах 0,63–0,45), що свідчить про пряму корелятивну залежність між вмістом токсиканта у ґрунті та його надходженням до рослин. Коефіцієнт транслокації знижується за мінімального вмісту ДДТ (193,4 мкг/кг) у ризосферному ґрунті, як видно з таблиці, у межах 0,85–0,63. У такому разі при зменшенні токсичної дії пестициду активніше спрацьовує захисна функція кореневої системи, що сприяє зменшенню надходження залишків ДДТ у надземну частину ячменю.

Це підтверджує припущення, що коефіцієнти біонакопичення перебувають у тісному корелятивному зв'язку з коефіцієнтами транслокації, хоча останній не повною мірою залежить від ступеня забруднення ґрунту ДДТ.

Висновки. Дикорослі види рослин, толерантні до токсичного впливу пестицидів, здатні активно накопичувати ДДТ у тканинах своїх надземних і підземних органів. Причому переважно досліджувані багаторічні дикорослі рослини здатні до накопичення ДДТ та його

метаболітів у значно більших кількостях у тканинах коренів порівняно з надземними органами. Отримані результати підтверджують наявність певного фізіологічного бар'єру в кореневій системі рослин щодо накопичення та міграції токсикантів з ґрунту до рослин.

Розрахунки показали тісний кореляційний зв'язок між вмістом ДДТ у ризосферному ґрунті та органах рослини. Найвищі показники коефіцієнтів транслокації та біонакопичення виявлено для рослин полину звичайного, кульбаби лікарської і тонконога вузьколистого. Так, коефіцієнт біонакопичення був максимальним для полину звичайного і становив 1,14, при цьому коефіцієнт транслокації для цього виду утворив 1,03. Такі показники свідчать про високу інтенсивність поглинання ДДТ цим видом рослин.

Слід врахувати, що більшість досліджуваних видів належить до багаторічних рослин, здатних накопичувати значні кількості ДДТ та його метаболітів у тканинах коренів. Це свідчить про можливість застосування таких видів як фітостабілізаторів стійких органічних забруднювачів у ґрунті для запобігання міграційним процесам.

Надходження ДДТ та його метаболітів з ґрунту у рослини ячменю ярого досліджуваної території, процеси їх накопичення та трансформації у тканинах залежать від вихідної концентрації у ризосферному ґрунті, наявності фітотоксичних речовин, а також від біологічних особливостей культури.

Бібліографічний список

1. Войціцький В. М., Хижняк С. В., Конопольський О. П. Прогнозування процесів міграції та накопичення полютантів агроєкосистемами. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 115. С. 270–277.
2. Войціцький В. М., Хижняк С. В., Данчук В. В., Ушкалов В. О. Надійність агроєкосистем: підходи щодо її оцінки та підвищення. *Таврійський науковий вісник: сільськогосподарські науки*. Херсон: «Гельветика», 2021. Вип. 118. С. 327–333.
3. Екологічні ризики забруднення сільськогосподарської продукції непридатними пестицидами / І. М. Городиська, В. В. Монарх, Т. О. Моклячук та ін. *Збалансоване природокористування*. 2013. № 4. С. 17–22.
4. Екотоксикологія: навч. посіб. / В. В. Снітинський, П. Р. Хірівський, П. С. Гнатів, Ю. Я. Корінець, Н. Є. Панас / 2-ге вид., доп. і перероб. Херсон: Олді-плюс, 2019. 396 с.
5. Жуков О. В. Екоморфічний аналіз консорцій ґрунтових тварин: монографія. Дніпропетровськ: Видво «Свідлер А. Л.», 2009. 239 с.
6. Іванків М. Я., Вовк С. О., Бальковський В. В., Кружель Б. Б., Павкович С. Я. Особливості міграції та акумуляції хлорорганічних забруднень у ґрунті. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2016. № 20. С. 18–22.
7. Іванків М. Я., Вовк С. О., Бальковський В. В., Павкович С. Я. Особливості трансформації стійких органічних забруднювачів у ґрунті. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2017. № 27. С. 24–30.
8. Іванків М. Я., Огородник Н. З., Бальковський В. В., Павкович С. Я., Вовк С. О., Городиська І. М. Дослідження видового складу фітоценозу територій, прилеглих до складів агрохімікатів. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2018. № 22 (2). С. 20–24.
9. Моделювання міграції екоотоксикантів у компонентах агроєкосистеми / В. М. Войціцький, С. В. Хижняк, В. В. Данчук та ін. *Агроєкологічний журнал*. 2019. № 1. С. 36–42. URL: <http://journalagroeco.org.ua/article/view/163246>. (дата звернення: 20.04.2022).
10. Моклячук Т. О. Методи оцінки екологічного ризику від забруднення стійкими пестицидами. *Збалансоване природокористування*. 2014. № 2. С. 135–142.
11. Монарх В. В. Оцінка екологічних ризиків забруднення пестицидами компонентів агроєкосистеми. *Збалансоване природокористування*. 2014. № 1. С. 206–212.
12. Моніторинг та охорона земель. Практикум: навч. посіб. / В. С. Мошинський, Т. В. Бухальська, А. Г. Ліщинський, Ж. В. Наконечна. Вид. 2-ге, перероб. та допов. Рівне: НУВГП, 2019. 202 с.
13. Оцінка екологічних ризиків у зонах впливу складів отрутохімікатів / Л. І. Моклячук, І. М. Городиська, В. В. Монарх, О. М. Моклячук, Т. О. Моклячук. *Збалансоване природокористування: наук.-метод. журн.* 2017. № 3. С. 145–150.
14. Рідей Н. М., Строкаль В. П., Рибалко Ю. В. Екологічна оцінка агробіоценозів: теорія, методика, практика. Херсон: Видавництво Олді-плюс, 2011. 568 с.
15. Рудаков Д. В. Математичні моделі в охороні навколишнього середовища: навч. посіб. Дніпро: Видво Дніпропетр. ун-ту, 2004. 160 с.
16. Фролов М. О. Правові аспекти екологічного ризику: дис ... к.ю.н.: 12.00.06. Київ, 2000. С. 21–22.
17. Ячмінь / В. Лихочвор, Р. Проць, Я. Долежал. Львів: Укр. технології, 2003. 88 с.
18. Interdisciplinary Influence of nutrient amendments on the phytoextraction of weathered 2,2-bis(p-chlorophenyl)-1,1-dichloroethylene by cucurbits / J. C. White, Z. D. Parrish, M. Isleyen, M. P. Gent, W. Iannucci-Berger, B. D. Eitzer, M. I. Mattina. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2005. Vol. 24, No 4. P. 987–994.

Стаття надійшла 22.04.2022

HEAT SHOCK PROTEINS AS BIOMARKERS OF FISH POLLUTION**M. Onyskovets, Candidate of Biological Sciences (PhD)***ORCID ID: 0000-0002-4566-1000***N. Panas, Candidate of Biological Sciences (PhD)***ORCID ID: 0000-0003-3737-6338***N. Lopotych, Candidate of Agricultural Sciences (PhD)***ORCID ID: 0000-0002-3319-0723***M. Ivankiv, Candidate of Agricultural Sciences (PhD)***ORCID ID: 0000-0002-4911-2877***I. Salamakha, Candidate of Agricultural Sciences (PhD)***ORCID ID: 0000-0001-9089-5036**Lviv National Environmental University, Ukraine*<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.045>**Onyskovets M., Panas N., Lopotych N., Ivankiv M., Salamakha I. Heat shock proteins as biomarkers of fish pollution**

Heat Shock Proteins (HSP) belong to the natural biomarkers, which are important indicators for animal diseases diagnostics and / or instrument of analyzing the effects on organism of the habitat deteriorating factors. The contamination of water by heavy metals has adverse effect on fish organism. Even in a small quantity, such heavy metal as lead is very dangerous. The analysis of toxic effects of the lead ions on the level of expression of such heat shock proteins as HSP60, HSP70 and HSC70 family in leukocytes, liver, brain and gills of the scaly carp was the main goal of our investigation.

During 96 hours the fish were kept in the aqueous environment of a tank which additionally was supplemented with Pb (CH₃COO)₂. The control group of fish was maintained for the similar period of time under the same conditions, without lead acetate supplementation.

Concentration of HSP60, HSP70 was determined by the dot-blot-analysis due to application of monoclonal antibodies against heat shock proteins SAB4501464 (Sigma, USA), [5A5] (ab2787) (Abcam, USA) and [1B5] (ab19136) (Abcam, USA). Detection of immune complexes was performed by using the commercial substrate solution for alkaline phosphatase - CDP-Star (Tropix, UK). Visualization was done by using X-ray film ECL HyperFilm (Amersham, USA) and a kit for films developing (Kodak). The images were processed using the software package GelPro (Version 3.1, USA).

The significant dose-dependent increase ($p < 0,001$) in all experimental groups of HSP60 and HSP70 concentrations in leukocytes, liver, gill and brain has been detected, applying dot-blot analysis. At the same time, significant changes in expression of HSC70 protein have not been established. It is the evidence that stress-proteins are the sensitive markers of toxic effects of excessive concentration of lead.

Key words: heat shock proteins, HSP60, HSP70, HSC70, dot-blot analysis, scaly carp, biomarkers, heavy metal, lead.

Онисковець М., Панас Н., Лопотич Н., Іванків М., Саламаха І. Білки теплового шоку як біомаркери забруднення риб

Білки теплового шоку (Heat Shock Proteins – HSP) належать до природних біомаркерів, і визначення їх кількості у тканинах або клітинах стає однією з цілей діагностики поширених захворювань тварин та/або аналізу впливу чинників, що порушують природне середовище існування. Для досліджень обрано найпоширеніші протеїни теплового шоку, які відносять до родини білків з молекулярною масою 60 та 70 кДа (HSP60 і HSP70). Актуальність таких досліджень визначається значною мірою зростанням антропогенного впливу на природні водойми, де для риб, як кінцевої ланки трофічного ланцюга, існує значна токсикологічна загроза. Проаналізовано токсичний вплив іонів Плюмбуму на рівень експресії HSP60, HSP70 та HSC70 у лейкоцитах, печінці, мозку та зябрах коропа лускатого.

За допомогою дот-блот-аналізу виявлено концентраційно залежне зростання ($p < 0,001$) вмісту HSP60 і HSP70 за дії всіх досліджуваних концентрацій важкого металу. У лейкоцитах коропа вміст HSP60 і HSP70 максимально зріс у 15 і 98 разів відповідно порівняно з контролем. Найвищий рівень експресії цих білків зафіксовано у печінці риб. Слідів кількості HSP70 виявлено у зябрах риб контрольної групи, 2 ГДК Плюмбуму не зумовлювали істотних змін у вмісті досліджуваних білків, тоді як 5 і 50 ГДК спричинили зростання досліджуваних показників майже у 5 і

15 разів для HSP60 та у 107 і 144 рази для HSP70. Водночас у мозку ефект при дії Плюмбуму не був таким вираженим порівняно з наведеними вище органами.

На підставі отриманих даних висунуто припущення про наявність кореляції між станом цілого організму і вмістом білків теплового шоку.

Отже, отримані дані свідчать про можливість використання стрес-білків як чутливих маркерів у реакції на токсичний вплив важких металів.

Ключові слова: білки теплового шоку, HSP60, HSP70, HSC70, дот-блот аналіз, коропа лускатий, біомаркер, важкі метали, Плюмбум.

Problem setting. Nowadays, most aquatic biota is exposed to moderate and chronic multifactor pollution and adverse effects on these ecosystems are difficult to assess. Pollution caused by heavy metals represents one of the major factors of environmental stress in aquatic environments [2; 5].

That is why, during the last years, substantial efforts have focus on development of sensitive biomarkers for ecological risk assessment. Development of modern methods of aquatic biological resources quality estimation contributes to sorting out the problems of conservation and restoration of industrial fish populations in the natural environment [1].

By now, it is clearly established that biomarkers are biological parameters measuring alterations in behaviors, physiology, biochemistry, cell integrity, genomic structure and expression. Many researchers have focused their efforts to develop and apply biomarkers in ecotoxicology and, now, there is a consensus to consider that they provide useful informations in the ecological risk assessment [8; 15].

Heat shock proteins have been evidenced by Tissières et al. (1974) in salivary glands of the Diptera *Drosophila melanogaster* submitted to heat shock in laboratory conditions. The name of heat shock proteins proposed at that time has been conserved even if it has been further demonstrated that these proteins are drastically induced after different physical and chemical treatments, especially those that denature proteins [5; 6; 10].

The induction of HSP in cells of organisms exposed to stress represents a rapid and highly conserved response to proteotoxic insult. As this ubiquitous response, observed in all organisms studied from bacteria to human, can be induced by pathophysiological and environmental stresses [11; 13], it has been proposed to consider HSP induction as a biomarker tool for the early detection of environmental changes and ecological risks in aquatic biota [7; 8]

The impact of lead on concentration of HSP in fish tissues has not been studied enough. Such studies are extremely relevant and necessary for assessing the

health status of fish during monitoring of aquatic biocenoses [16].

The analysis of toxic effects of lead on the level of expression of heat shock proteins with molecular weight 60 and 70 kDa was the main goal of our investigation. The last group of proteins includes HSP70, induced by stress factors, as well as HSC70, constitutively expressed by cells.

Presenting main material. During 96 hours the fish were kept in the aqueous environment of a tank which additionally was supplemented with Pb (CH₃COO)₂. The control group of fish was maintained for the similar period of time under the same conditions, without lead acetate supplementation. The tanks with oxygenated, running water were maintained at temperature of 18–20 C.

The blood was sampled by Pasteur pipette from the heart of fish. The tissues of liver, brain and gills were removed from the fish and washed by physiological saline solution. The samples were frozen in liquid nitrogen and stored until the laboratory treatment. All experimental procedures with animals were conducted in accordance with the European Convention for Animal Care.

Concentration of HSP60, HSP70 was determined by the dot-blot-analysis due to application of monoclonal antibodies against heat shock proteins SAB4501464 (Sigma, USA), [5A5] (ab2787) (Abcam, USA) and [1B5] (ab19136) (Abcam, USA) and polyclonal goat antimice antibodies, conjugated with alkaline phosphatase («Tropix», USA).

According to the experimental procedure, samples of the tissues were defrostrated and used in a mix with physiological solution while preparing of homogenates has taken place. Simultaneously the protein concentrations were measured.

Namely, after defrosting, the tissue was lysed in the ten- fold volume of the lysis buffer, pH 7.4 (10 % N-laurylsarkosine, 10 μM phenylmethylsulfonyl fluoride, 10 μM N-ethylmaleimide in 0.01 M N-phosphate buffer, 0.001 % proteinase inhibitor cocktail – Sigma, Germany).

The samples were further centrifuged at 5200 g for 5 min. at 4 °C. The concentration of protein in the lysates was measured by Lowry's method. To make the volumes and concentrations of the total protein identical, the samples were diluted with the buffer, pH 7.4 (25 mM Tris-HCl, 150 mM NaCl, 2.5 mM KCl).

Lysates were put on nitrocellulose membrane (Millipore) in a volume of 3 µl with concentration of total protein approximately 1–5 µg. To detect background indices, the lysis and delution buffers

were applied on the membrane. The membrane was blocked for 1 hour by 5 % solution of casein.

After application of control and experimental samples, the membrane was incubated with antibodies against heat shock proteins SAB4501464 (Sigma, USA), [5A5] (ab2787) (Abcam, USA), and [1B5] (ab19136) (Abcam, USA) at PBS 90 min., as well as with polyclonal goat anti-mouse antibodies conjugated with alkaline phosphatase (Tropix, USA) – 1:5000 in PBS for 30 min. (Fig. 1).

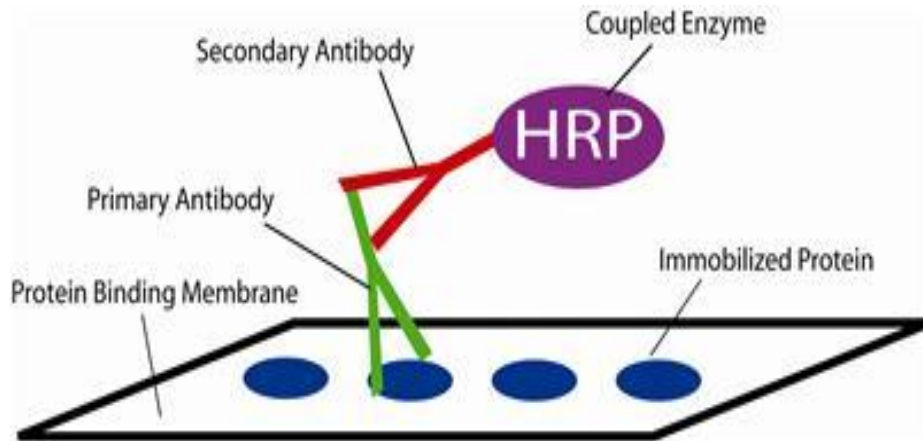


Fig. 1. Dot blot technique

Detection of immune complexes was performed by using a commercial substrate solution for alkaline phosphatase – CDP-Star (Tropix, UK). Visualization was done by using X-ray film ECL HyperFilm (Amersham, USA) and a kit for films developing (Kodak). Images were processed using the software package GelPro (Version 3.1, USA).

Heat Shock Proteins (HSP) belong to the natural biomarkers, which are important indicators for animal diseases diagnostics and / or instrument of analyzing the effects on organism of the habitat deteriorating factors. The contamination of water by heavy metals has adverse effect on fish organism.

HSP is a family of highly-conserved proteins that are required by the cell in all its processes of life, including adaptation to a huge number of cytotoxic factors, both xenobiotic as well as natural origine [6; 10; 12].

The obtained data evidences a significant role of these proteins in cell responses to the stress factors and infectious pathogens, abiotic stressors, high temperature and cold shock, such environmental pollutants as heavy metals [5].

It is known that pollutants interfere with organism integrity at the biochemical level with consequent adverse effects at the individual level such

as growth, reproduction and survival. However, these biochemical parameters have a reduced long-term ecological relevance at the population and community levels. Indeed, such early warning biomarkers would be useful for detecting sublethal pollution before changes in community structure or species composition occur [1; 8; 16].

The contamination of reservoirs by such heavy metal as lead, which, even in a small quantity, provokes stress and morphofunctional changes in the organism of fish is the most dangerous [3; 5].

The analysis of toxic effects of the lead ions on the level of expression of such heat shock proteins as HSP60, HSP70 and HSC70 family in leukocytes, liver, brain and gills of the scaly carp was the main goal of our investigation.

The concentration-dependent growth ($p < 0.001$) of HSP60 and HSP70 in all experimental groups with applicable lead concentrations was detected applying dot-blot analysis. Comparing with the control group, the concentration of HSP60 and HSP70 in the white blood cells increased as much as 15 and 98 times, respectively. The highest level of the proteins expression (185.2 ± 12.39 U.S. for HSP60 and 252.3 ± 18.64 U.sup.v. for HSP70) was recorded in the liver of fish (Fig. 2, Fig. 3).

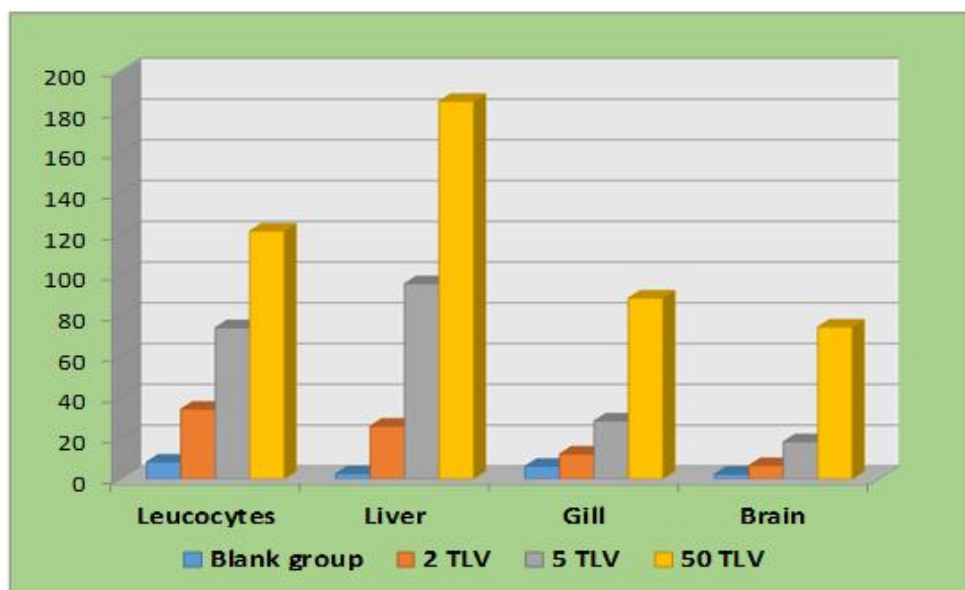


Fig. 2. The effects of the lead on concentration of HSP60 in blood leucocytes and tissues of scaly carps, c.units

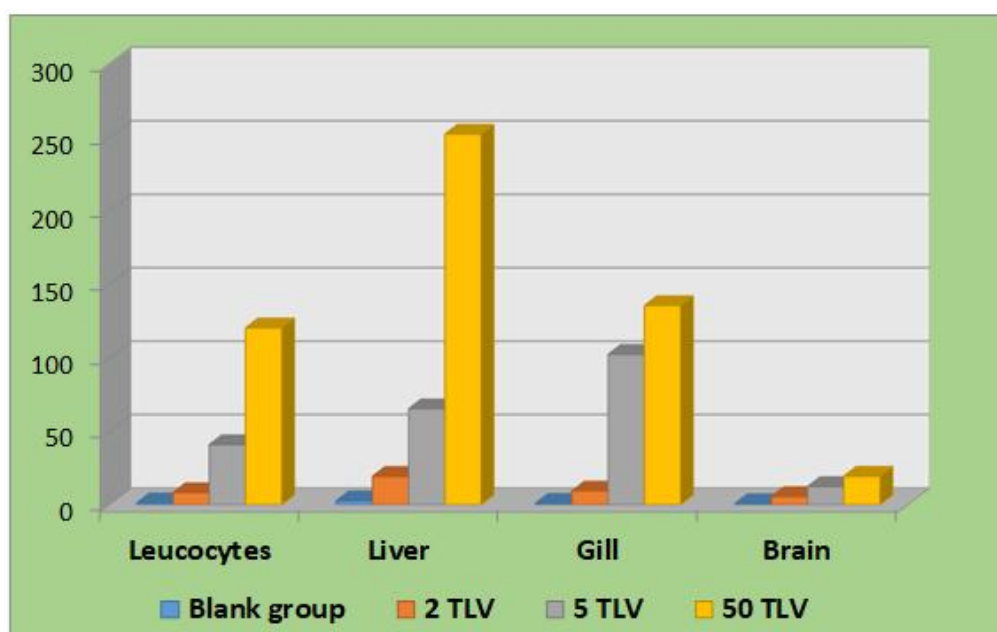


Fig. 3. The effects of the lead on concentration of HSP70 in blood leucocytes and tissues of scaly carps, c.units

Trace amounts of HSP70 were detected in the gills of the fish of the control group. The fish exposed to the lead effects in concentration of 0.2 mg/l was characterized by no significant changes in the content of the investigated proteins, while concentration of lead in 0.5 mg/l and 5 mg/l in water resulted in increase of the studied parameters to almost 5 and 15 times for HSP60 and 107 and 144 times for HSP70 (Fig. 3).

It was established that in comparison with the control group, none of the applied concentrations of lead brought on significant changes in the expression of HSC70 protein in the investigated organs of *Cyprinus carpio L.* (Fig. 4).

It could be explained by the fact that HSP60 and HSP70 belong to the group of stress-proteins affected by a wide range of stressors, in particular, the heavy metals. Moreover, HSC70 is involved in more

specific mechanisms of response on the deterministic stress-induced factors [3; 4]. Thus, the obtained data

indicates that stress-proteins are possibly applicable as the sensitive markers of toxic effects of the lead.

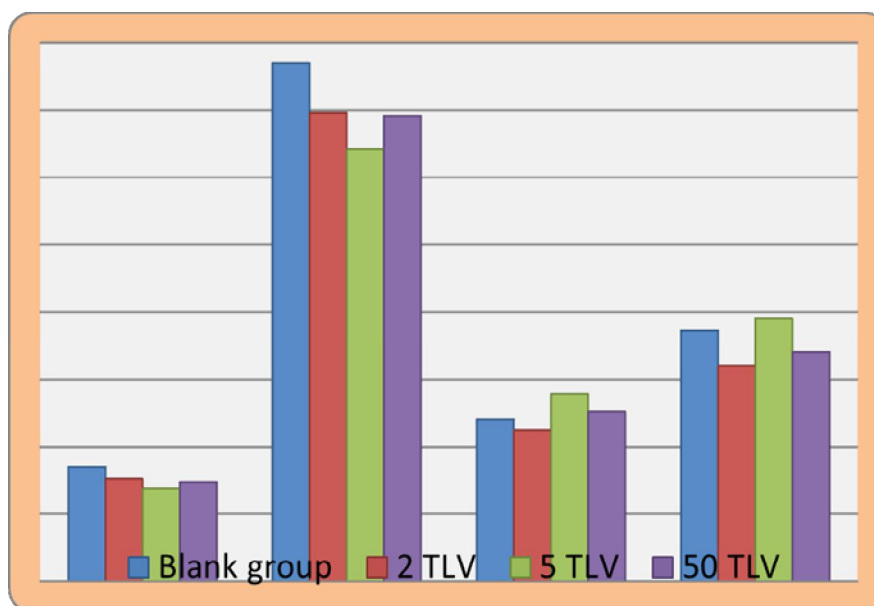


Fig. 4. The effects of the lead on concentration of HSC70 in blood leucocytes and tissues of scaly carps, c.units

Conclusions. The obtained data evidences a significant role of these heat shock proteins in cell responses to the stress factors and environmental pollutants (heavy metals). Concentration of HSP was determined by the dot-blot-analysis due to application of monoclonal antibodies against heat shock proteins. The significant dose-dependend increase ($p < 0,001$) in all experimental groups of HSP60 and HSP70 concentrations in leukocytes, liver, gills and brain has been detected, applying dot-blot analysis. It could be explained by the fact that HSP60 and HSP70 belong to the group of stress-proteins affected by a wide range of stressors.

At the same time, significant changes in expression of HSC70 protein have not been established. HSC70 is involved in more specific mechanisms of response on the deterministic factors. Thus, it is the evidence that stress-proteins are the sensitive markers of toxic effects of excessive concentration of lead.

References

1. An L. H., Lei K., Zheng B. H. Use of heat shock protein mRNA expressions as biomarkers in wild crucian carp for monitoring water quality. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2014. No 37 (1). P. 248–255.
2. Barata C. et al. The relative importance of water and food as cadmium source to *Daphnia magna* Straus. *Aquatic Toxicology*. 2002. No 61. P. 143–154.

3. Boone A. N., Vijayan M. M. Constitutive heat shock protein 70 (HSC70) expression in rainbow trout hepatocytes: effect of heat shock and heavy metal exposure. *Comparative Biochemistry and Physiology C: Toxicology and Pharmacology*. 2002. No 132 (2). P. 223–233.
4. Chen S., Brown I. R. Neuronal expression of constitutive heat shock proteins: implications for neurodegenerative diseases. *Cell Stress Chaperones*. 2007. No 12. P. 51–58.
5. Deane E. E., Woo N. Y. Impact of heavy metals and organochlorines on hsp70 and hsc70 gene expression in black sea bream fibroblasts. *Aquatic Toxicology*. 2006. No 79. P. 9–15.
6. Dzaman-Serafin S., Telatyńska-Mieszek B., Ciechanowski K. Heat shock proteins and their characteristics. *Pol Merkur Lekarski*. 2005. No 19 (110). P. 215–219.
7. De Jong L., Moreau X., Jean S., Scher O. & Thiéry A. Expression of the heat shock protein Hsp70 in chloride target cells of mayfly larvae from motorway retention pond: A biomarker of osmotic shock. *Science of the Total Environment*. 2006. No 366. P. 164–173.
8. De Jong L., Moreau X., Thiéry A. Expression of heat shock proteins as biomarker tool in aquatic invertebrates: Actual knowledge and ongoing developments for the early detection of environmental changes and ecological risks. Emma Morel and Camille Vincent. *Heat-Shock Proteins: New Research*. 2008. No 20. P. 375–392.
9. Efremova S. M. et al. Heat shock protein HSP70 expression and DNA damage in Baikalian sponges exposed to model pollutants and wastewater from Baikalsk Pulp and Paper Plant. *Aquat. Toxicol.* 2002. No 57. P. 267–280.

10. Evdonin A., Medvedeva N. The extracellular heat shock protein 70 and its functions. *Cytology*. 2009. No 51 (2). P. 130–137.
11. Feder M. E. & Hofmann G. E. Heat-shock proteins, molecular chaperones, and the stress response: evolutionary and ecological physiology. *Annual Review of Physiology*. 1999. No 61. P. 243–282.
12. Hartl F. U. Molecular chaperones in the cytosol: from nascent chain to folded protein. *Science*. 2002. No 295 (5561). P. 1852–1858.
13. Ito H., Inaguma Y., Kato K. Small heat shock proteins participate in the regulation of cellular aggregates of misfolded protein. *Nippon Yakurigaku Zasshi*. 2003. No 121. P. 27–32.
14. Mayer A. B., Hsp70 chaperone: cellular function and molecular mechanism. *Cell. Mol. Life Sci*. 2005. No 62. P. 670–684.
15. Oliva-Teles A. Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish Diseases*. 2012. No 35 (2). P. 83–108.
16. Sharaf-Eldeen K. Accumulation of a 70 kDa stress protein in the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, and its use as a biomarker of Cu exposure. *Egypt. J. Aquat. Biol. & Fish*. 2006. No 10 (2). P. 19–31.

Стаття надійшла 04.05.2022

Розділ 2

РОСЛИННИЦТВО

УДК 633.11

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

В. Лихочвор, д. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-0377-6157

Г. Косилович, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-5908-3312

О. Андрушко, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-3825-6960

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.051>

Лихочвор В., Косилович Г., Андрушко О. Вплив елементів живлення на врожайність озимої пшениці в умовах Західного Лісостепу України

З метою оптимізації системи удобрення озимої пшениці були проведені польові дослідження на темно-сірому опідзоленому ґрунті в умовах Західного Лісостепу України. Ґрунт дослідної ділянки темно-сірий опідзолений легкосуглинковий з вмістом гумусу 2,5–2,6 %. Погодні умови в роки досліджень були досить контрастними і відрізнялися від середньобагаторічних даних як за сумою опадів, так і за рівнем температури. За рік у 2018 році випало 760 мм, у 2019 році – 818 мм, у 2020 році 710 мм за середньобагаторічного показника 615 мм. Кількість опадів у червні 2018 р. та у травні 2019 р. створювали умови надмірного зволоження, що призвело до зниження врожайності. Температура повітря в роки досліджень не була обмежувальним чинником росту врожайності. У 2018 році середньомісячна температура становила 8,8 С, у 2019 році 9,1 С, у 2020 році 9,4 С, за середньобагаторічного показника 7,8 С. Вивчали вплив азотних (N₁₈₀), фосфорних (P₆₀), калійних (K₉₀), сірчаних (S₃₀), магнієвих (Mg₂₀) добрив та листкове внесення мікродобрива Інтермаг зернові (2 л/га).

Під впливом добрив змінилися показники структури врожаю, зокрема кількість колосів зросла з 480 шт./м² на контролі до 642 шт./м² за найвищої норми добрив, маса зерна з колоса, відповідно, з 0,78 г до 1,48 г. Урожайність зерна озимої пшениці сорту Кубус зросла з 3,64 т/га у варіанті без добрив до 9,14 т/га за внесення N₁₈₀P₆₀K₉₀S₃₀Mg₂₀ + Мікродобриво Інтермаг, тобто на 5,50 т/га, або на 151,1 %. Найбільший приріст зерна забезпечили азотні добрива – 2,94 т/га (80,8 %). Фосфорні добрива забезпечили передусім кращий розвиток кореневої системи та збільшили кількість зерен у колосі, внаслідок цього урожайність зросла до 7,41 т/га, або на 0,83 т/га. Приріст урожайності на 0,64 т/га під впливом калійних добрив відбувся також за рахунок кращої озерненості колоса. Від внесення калію, фосфору, сірки, магнію та мікродобрива урожайність зросла на 2,56 т/га (70,3 %).

Ключові слова: озима пшениця, добрива, структура, урожайність.

Lykhochvor V., Kosylovych H., Andrushko O. Influence of nutrients on winter wheat yield in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine

To optimize the winter wheat fertilization system, field studies were conducted on dark gray podzolic soil in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. The soil of the experimental site is dark gray, podzolic, light loamy with a humus content of 2.5–2.6 %. Weather conditions in the years of research were quite contrasting and differed from the average long-term data both in the amount of precipitation and in terms of temperature. During the year, 760 mm precipitation in 2018, 818 mm in 2019, and 710 mm in 2020, with a long-term average of 615 mm. The amount of precipitation in June 2018 and in May 2019 created conditions of excessive moisture, which led to reduced yields. Air temperature during the years of research was not a limiting factor in yield growth. In 2018, the average monthly temperature was 8.8 °C, in 2019 9.1 °C, in 2020 9.4 °C, with a long-term average of 7.8 °C. The influence of nitrogen (N₁₈₀), phosphorus (P₆₀), potassium (K₉₀), sulfur (S₃₀), magnesium (Mg₂₀) foliar application of Intermag grain fertilizers (2 l/ha) were studied.

Under the influence of fertilizers, the structure of the crop changed, in particular, the number of ears increased from 480 pcs/m² in control to 642 pcs/m² at the highest rate of fertilizers, grain weight per ear - from 0.78 g to 1.48 g respectively. The grain yield of winter wheat of the Kubus variety increased from 3.64 t/ha on the option without fertilizers

to 9.14 t/ha with the application of $N_{180}P_{60}K_{90}S_{30}Mg_{20}$ + Intermag microfertilizer, i.e. by 5.50 t/ha, or 151.1 %. The largest increase of grain was provided by nitrogen fertilizers – 2.94 t/ha (80.8 %). Phosphorus fertilizers, first of all, provided better development of the root system and increased the number of grains in the ear, as a result, the yield increased to 7.41 t/ha, or by 0.83 t/ha. The increase in yield by 0.64 t/ha under the influence of potash fertilizers was also due to better ear grain. Under application of potassium, phosphorus, sulfur, magnesium and microfertilizers the yield increased by 2.56 t/ha (70.3 %).

Key words: winter wheat, fertilizers, structure, yield.

Постановка проблеми. Урожайність озимої пшениці найбільше залежить від забезпечення елементами мінерального живлення впродовж усієї вегетації. Нові інтенсивні сорти характерні вищими вимогами до умов живлення. Переважно до системи удобрення озимої пшениці входять азот, фосфор та калій, менше використовується сірка. За допомогою листового внесення частково рослини забезпечуються магнієм. Кальцій вноситься переважно під час вапнування ґрунтів, обсяги якого в Україні останніми роками дуже малі.

Необхідно враховувати, що природи врожайності та показники якості зростатимуть за забезпечення потреб рослини в усіх елементах живлення. Тому метою наших досліджень було отримати експериментальні дані щодо впливу окремих елементів живлення в умовах достатнього зволоження і встановити доцільність залучення їх у систему удобрення озимої пшениці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних технологіях добрива найбільше впливають на рівень урожайності. Проте не завжди витрати на придбання добрив компенсуються відповідним приростом урожаю. Основна причина цього – недотримання співвідношення між елементами живлення, значну перевагу мають азотні добрива [1; 6; 14].

Озима пшениця виносить з урожаєм чимало елементів живлення з ґрунту. Для формування врожаю зерна 10 ц/га необхідно: 25–35 кг азоту; 11–13 кг фосфору; 20–27 кг калію; 5 кг кальцію; 4 кг магнію; 3,5 кг сірки; та 5 г бору; 8,5 г міді; 270 г заліза; 82 г марганцю; 60 г цинку; 0,7 г молібдену [10].

У наукових дослідженнях також вивчали переважно азотні, фосфорні та калійні добрива [4; 7; 8; 11]. Експериментальних матеріалів щодо впливу основного внесення магнію та сірки на врожайність озимої пшениці майже немає, натомість досліджено переважно листове внесення цих мікроелементів.

Оптимізація фону живлення сприяла підвищенню врожайності зерна пшениці озимої на 1,45–2,41 т/га, соломи – на 1,16–1,93 т/га [15].

Внесення добрив забезпечувало врожайність зерна 6,6 т/га, вона відносно контролю зростала на 2,64 т/га, а маса зерна з колоса була найбільшою і становила 1,24 г [3]. Найвищу врожайність (6,8 т/га) виявлено за мінеральної системи удобрення [16]. Урожайність на рівні 8,22–8,64 т/га одержано в умовах достатнього зволоження Західного Лісостепу України [2].

У попередніх наших дослідженнях (2016–2018 рр.) за внесення $N_{160}P_{80}K_{120}$ урожайність озимої пшениці сорту Кубус становила 8,01 т/га [9]. В інших дослідженнях встановлено, що на ділянках, де добрив у сівозміні не вносили, зерно відповідало 6-му класу, внесення тільки азотних добрив дозою N_{150} та їх застосування на фосфорно-калійному фоні ($P_{60}K_{40}$) забезпечило одержання зерна 2-го класу якості [5]. Важливе також вивчення впливу елементів структури на урожайність зерна озимої пшениці [12; 13].

Розглянуто модель розвитку виробництва зерна в Україні з метою досягнення показника 100 млн т. Такого збільшення валового збору зерна можливо добитися тільки за умови внесення в посівах зернових культур 3 млн т д. р. мінеральних добрив, застосування 20 тис. т засобів захисту рослин, 38 млн к. с. технічного оснащення і розширення посівних площ цієї групи культур до 17,4 млн га [17].

Постановка завдання. Наше завдання – з метою оптимізації системи удобрення у 2018–2020 рр. на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування провести польові дослідження. Ґрунт дослідної ділянки – темносірий опідзолений легкосуглинковий з вмістом гумусу 2,5–2,6 %. Вміст легкогідролізованого азоту – 68–72 мг, рухомих форм фосфору і калію (за методикою Чирикова) – відповідно 85–88 мг і 89–95 мг на 1 кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної, рН сольової витяжки – 5,9–6,0.

Виклад основного матеріалу. Погодні умови в роки досліджень були досить контрастними і відрізнялись від середньобогаторічних

даних як за кількістю опадів, так і за рівнем температури. За рік у 2018 році випало 760 мм, у 2019 році – 818 мм, у 2020 році – 710 мм за середньобогаторічного показника 615 мм. Кількість опадів у червні 2018 р. та у травні 2019 р. створювали умови надмірного зволоження, що призвело до зниження врожайності. Температура повітря в роки досліджень не була обмежувальним чинником зростання врожайності. У 2018 році середньомісячна температура становила 8,8 С, у 2019 році 9,1 С, у 2020 році 9,4 С, за середньобогаторічного показника 7,8 С.

Облікова площа – 50 м², повторність досліду – триразова. Розміщення ділянок – систематизоване.

Попередник озимої пшениці – озимий ріпак. Після збирання попередника проводили дискування, за два тижні до сівби оранку і в день сівби – передпосівний обробіток ґрунту комбінованим знаряддям. Сіяли сорт Кубус 30 вересня з нормою висіву 3,0 млн/га на глибину загорання насіння 3 см. Ширина міжрядь – 15 см. Насіння перед сівбою протруїли препаратами Кінто Дуо 2,5 л/т (прохлораз, 60 г/л + тритриконазол, 20 г/л) і Круїзер, 0,5 л/т (тіаметоксам, 350 г/л). Восени у фазі 3-х листків пшениці для контролю бур'янів внесли гербіцид Марафон, 4,0 л/га (пендиметалін, 250 г/л + ізопротурон, 125 г/л).

Для виконання схеми досліджень використовували такі види мінеральних добрив. Азотні добрива в усіх варіантах вносили у вигляді аміачної селітри: N₆₀ при відновленні весняної вегетації (ВВСН 25) + N₈₀ у кінці фази кушіння (ВВСН 29) + N₄₀ у фазі колосіння (ВВСН 59). Усю норму фосфорних, калійних і сірчанних добрив вносили у вигляді суперфосфату потрійного (P₄₆), хлористого калію (K₆₀) і Вігору (S₉₀) під оранку. Магнієві й сірчані добрива у варіанті N₁₈₀P₆₀K₉₀S₃₀Mg₂₀ вносили у вигляді сульфату магнію (S₃₀Mg₂₀). Мікродобриво Інтермаг зернові (N₁₅Mg₂S_{4,5}Cu_{0,9}Fe_{0,8}Mn_{1,1}Zn₁Mo_{0,005}Ti_{0,02}) з нормою 2 л/га вносили на початку фази виходу в трубку. Норми внесення добрив були типовими для одержання врожайності на рівні 8,0–9,0 т/га.

Навесні посіви пшениці для захисту від вилягання обробляли препаратами Медакс Топ (мепікват-хлорид, 300 г/л + прогексадіон кальцію, 50 г/л) з нормою 1 л/га у фазі початку виходу рослин у трубку (ББСН 30) та Терпал (мепікват-хлорид, 305 г/л + етефон, 155 г/л) у фазі появи язичка у прапорцевого листка (ББСН 39). Для захисту від хвороб посіви обприскували фунгіцидами Флексіті (метрафенон, 300 г/л) з нормою внесення 0,25 л/га у фазі початку виходу

рослин у трубку (ББСН 30), препаратом Амістар Екстра (азоксистробін, 200 г/л + ципроконазол, 80 г/л) з нормою внесення 0,75 л/га у фазі прапорцевого листка (ББСН 39), фунгіцидом Осіріс Стар (епоксиконазол, 56,25 г/л + метконазол, 41,25 г/л) з нормою 1,5 л/га у фазі цвітіння (ББСН 65). Для боротьби із шкідниками посіви двічі обприскували інсектицидами: Карате Зеон (лямбда-цигалотрин, 50 г/л) з нормою 0,30 л/га у фазі ББСН 30 та Енжіо (лямбда-цигалотрин, 106 г/л + тіаметоксам, 141 г/л) з нормою 0,18 л/га у фазі ББСН 39.

Добрива впливали на показники структури врожаю. Під впливом азотних добрив кількість колосів на 1 м² зросла на 130 шт. (табл. 1). Інші види добрив мали значно менший вплив на густоту колосів, сумарно цей показник зріс лише на 32 шт.

Азотні добрива також найбільше позначалися на коефіцієнті продуктивного кушіння, підвищивши його з 1,8 до 3,0. Інші види добрив майже не підвищували процес кушіння озимої пшениці.

Добрива збільшували кількість колосків у колосі з 14 шт. у варіанті без добрив до 18 шт. за найвищого рівня удобрення. Ще істотніше змінювався показник кількості зерен у колосі. Якщо на контролі у колосі було лише 27 зерен, то за максимальної кількості добрив у 7-му варіанті цей показник зріс до 49 зерен. Необхідно зауважити, що кількість зерен у колосі найбільше зростала й під впливом азоту з 27 шт. до 40 шт., а також від внесення інших видів добрив – з 40 шт. до 49 шт.

Найбільше врожайність озимої пшениці залежала від маси зерна з колоса. Якщо на контролі вона була лише 0,78 г, то за внесення N₁₈₀ зросла до 1,10 г. Усі інші види добрив підвищували масу зерна з колоса, внаслідок чого вона зросла до 1,48 г, тобто збільшилась майже удвічі.

Урожайність озимої пшениці сорту Кубус теж змінювалась під впливом добрив у значному діапазоні. На контролі в середньому за три роки вона становила лише 3,64 т/га. Внесення азоту, фосфору, калію очікувано найбільше позначилось на рівні врожайності зерна озимої пшениці. Найбільший приріст урожаю забезпечили азотні добрива – 2,94 т/га або 80,8 % (табл. 2). Озима пшениця так сильно реагує на азот, що підживленням на певних фазах росту можна впливати на обсяг майже всіх елементів продуктивності. Найбільший вплив на урожайність відбувся внаслідок значного зростання двох основних елементів урожайності – густоти колосів та маси зерна з одного колоса.

використовуються при вирощуванні озимої пшениці. Аналіз результатів наших досліджень показує, що сірчані добрива підвищили врожайність на 0,43 т/га. Це відбулося внаслідок оптимізації фізіологічних процесів, зокрема інтенсифікації процесу засвоєння азоту. Неможлива високоефективна дія азоту на зростання врожайності пшениці без достатнього забезпечення рослин сіркою.

Магнієві добрива підвищили врожайність на 0,35 т/га. Магній впливає на всі процеси у клітинах рослин, де відбувається передача хімічної енергії, або її акумуляція (фотосинтез, дихання, гліколіз та ін). Магній особливо важливий для засвоєння азоту, фосфору та калію у великих кількостях. Цей елемент входить до скла-

ду хлорофілу і підвищує інтенсивність фотосинтетичної діяльності. Активізує фермент, який каталізує участь CO_2 у фотосинтезі. У сумі внесення магнію та сірки зумовило зростання врожайності зерна на 0,78 т/га. Під впливом фосфору, калію, сірки та магнію урожайність зросла на 2,25 т/га (табл. 3).

Використання у системі живлення озимої пшениці мікродобрива Інтермаг зернові забезпечило зростання врожайності на 0,31 т/га, у сьомому варіанті вона була найвища в дослідженнях і становила 9,14 т/га. За наявності необхідної кількості мікроелементів рослини синтезують повний спектр ферментів, які дозволяють інтенсивніше використовувати енергію, воду, елементи живлення для формування вищої врожайності.

Таблиця 3

**Приріст урожайності зерна озимої пшениці від елементів живлення
(середнє за 2018–2020 рр.)**

№ з/п	Приріст урожаю від внесення:	Показник урожайності	Приріст урожаю	
			т/га	%
1	Азоту N_{180}	6,58–3,64	2,94	80,8
2	Фосфору P_{60}	7,41–6,58	0,83	22,8
3	Калію K_{90}	8,05–7,41	0,64	17,6
4	Фосфору P_{60} , Калію K_{90}	8,05–6,58	1,47	40,4
5	Сірки S_{30}	8,48–8,05	0,43	11,8
6	Фосфору P_{60} , Калію K_{90} , Сірки S_{30}	8,48–6,58	1,90	52,2
7	Магнію Mg_{20}	8,83–8,48	0,35	9,6
8	Фосфору P_{60} , Калію K_{90} , Сірки S_{30} , Магнію Mg_{30}	8,83–6,58	2,25	61,8
9	Магнію Mg_{30} , Сірки S_{30}	8,83–8,05	0,78	21,4
10	Мікродобриво Інтермаг зернові	9,14–8,83	0,31	8,5
11	Фосфору P_{60} , Калію K_{90} , Магнію Mg_{30} , Сірки S_{30} , Мікро	9,14–6,58	2,56	70,3
12	Азоту N_{180} , Фосфору P_{60} , Калію K_{90} , Магнію Mg_{30} , Сірки S_{30} , Мікро	9,14–3,64	5,50	151,1

В умовах зони вирощування найефективніші під озиму пшеницю марганець та мідь. Марганець покращує використання рослинами азоту, сприяє синтезу та збільшенню вмісту цукру у листках. Мідь має великий вплив на формування генеративних органів. Урожайність зростає завдяки поліпшенню процесів фотосинтезу, обмінних реакцій, впливу окремих мікроелементів на підвищення стійкості проти хвороб: бурі іржі – цинк, мідь; стеблової іржі – залізо, марганець; борошнистої роси – бор, марганець; гельмінтоспоріозу – марганець.

Необхідно зауважити, що найбільший приріст урожайності зерна озимої пшениці (2,94 т/га) очікувано одержано від азотних добрив. Під впливом інших елементів живлення

врожайність зростала значно менше, проте сумарний приріст від фосфору, калію, сірки, магнію та мікродобрив становить 2,56 т/га (70,3 %), що майже дорівнює приросту від азоту. Загалом під впливом добрив урожайність зросла з 3,64 т/га до 9,14 т/га, або на 5,50 т/га (на 151,1 %).

Висновки. Мінеральні добрива сприяли зростанню показників структури врожаю, зокрема кількість колосів зросла з 480 шт./ m^2 на контролі до 642 шт./ m^2 за найвищої норми добрив, маса зерна з колоса, відповідно, з 0,78 г до 1,48 г. Урожайність зерна озимої пшениці сорту Кубус зросла з 3,64 т/га у варіанті без добрив до 9,14 т/га за внесення $\text{N}_{180}\text{P}_{60}\text{K}_{90}\text{S}_{30}\text{Mg}_{20}$ + Мікродобриво Інтермаг, тобто на 5,50 т/га, або на 151,1 %. Най-

більший приріст зерна забезпечили азотні добрива – 2,94 т/га (80,8 %), сумарне збільшення врожайності від внесення калію, фосфору, сірки, магнію та мікродобрива становить 2,56 т/га (70,3 %).

Бібліографічний список

1. Авраменко С. В. Агротехнологічні основи управління продукційним процесом озимих зернових культур: дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.09. Харків, 2018. 483 с.
2. Волощук І. С. Оцінка сортів пшениці озимої за показниками якості зерна в Західному Лісостепу. *Миронівський вісник*. 2018. № 7. С. 6–14.
3. Войтова Г. П. Оптимізація систем удобрення при вирощуванні пшениці озимої в умовах правобережного Лісостепу. *Зернові культури*. 2020. Том 4, № 1. С. 103–107. URL: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0112> (дата звернення: 26.02.2022).
4. Гамаюнова В. В., Панфілова А. В., Глушко Т. В. Значення оптимізації живлення та особливостей сорту в ефективному використанні вологи пшеницею озимою в умовах південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 22–28. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.3> (дата звернення: 26.02.2022).
5. Господаренк Г. М., Черно О. Д., Бойко В. П., Стасіневич О. Ю. Вплив доз і співвідношень добрив на врожайність і якість зерна пшениці озимої. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. № 2. С. 76–80. URL: <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2018-21-76-79> (дата звернення: 26.02.2022).
6. Іваніна Р. В. Вплив доз і способів унесення азотних добрив на врожайність і якість зерна пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 4. С. 84–88. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-12> (дата звернення: 26.02.2022).
7. Кулик М. І., Онопрієнко О. В., Сиплива Н. О., Божок Ю. О. Врожайність сортів пшениці м'якої (озимої) залежно від системи удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 114. С. 55–62. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.8> (дата звернення: 26.02.2022).
8. Лісовий М. В., Шимель В. В., Ніконенко В. М. Ефективність мінеральних добрив під пшеницю озиму на чорноземі типовому Лісостепу лівобережного високого. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 5. С. 16–21. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201905> (дата звернення: 26.02.2022).
9. Лихочвор В. В. Врожайність і якість зерна озимої пшениці сорту Кубус залежно від норм добрив. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2019. № 23. С. 49–52. URL: <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.049> (дата звернення: 26.02.2022).
10. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Фізіологічна роль елементів живлення та системи удобрення польових культур: підруч. 3-тє видання., перероблене. Львів: НВФ «Українські технології», 2021. 284 с. URL: <https://doi.org/10.31073/978-966-345-251-7> (дата звернення: 26.02.2022).
11. Марковська О. С., Гречишкіна Т. А. Продуктивність сортів пшениці озимої залежно від елементів технології вирощування в умовах південного Степу України. *Збірник наукових праць Білоцерківського національного аграрного університету. Agrobiology*. 2020. № 1. С. 96–103. URL: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-157-1-96-103>. (дата звернення: 26.02.2022).
12. Олійник К. М., Блажевич Л. Ю., Давидюк Г. В. Вплив адаптивних технологій вирощування на показники якості зерна пшениці озимої. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 86. С. 141–146.
13. Ольховський Г. Ф., Бобро М. А., Чечуй О. Ф. Оцінка ефективності застосування добрив під озиму пшеницю за методом ґрунтового аналізу структури врожаю. *Вісник Харківського національного аграрного університету: серія, рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. 2019. № 2. С. 6–14. URL: [10.35550/ISSN2413-7642.2019.02.01](https://doi.org/10.35550/ISSN2413-7642.2019.02.01). (дата звернення: 26.02.2022).
14. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підруч. 5-те вид., виправ., доповн., дод. випуск. Львів: НВФ «Українські технології», 2021. 806 с. URL: <https://doi.org/10.31073/roslynnytstvo5vydannya> (дата звернення: 26.02.2022).
15. Сидякіна О. В., Дворецький В. Ф. Продуктивність пшениці озимої залежно від фонів живлення в умовах західного Полісся. *Scientific horizons*. 2020. № 7. С. 45–52. URL: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-92-7-45-52> (дата звернення: 26.02.2022).
16. Центилю Л. В. Формування якості зерна пшениці озимої залежно від системи удобрення і обробітку ґрунту. *Миронівський вісник*. 2019. № 8. С. 152–162.
17. Черчель В. Ю., Шевченко М. С. Агроресурси і наукове моделювання виробництва 100 мільйонів тонн зерна. *Зернові культури*. 2020. Т. 4. № 1. С. 53–63. URL: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0106> (дата звернення: 26.02.2022).

Стаття надійшла 31.02.2022

УДК 631.55:633.854.78:631.527.5:631.53.04

УРОЖАЙНІСТЬ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ (*HELIANTHUS ANNUUS*) ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ СІВБИ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

В. Лихочвор, д. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-0377-6157

М. Гусак, аспірант

ORCID ID: 0000-0002-6654-4065

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.057>

Лихочвор В., Гусак М. Урожайність гібридів соняшнику (*Helianthus annuus*) залежно від строків сівби в умовах Західного Лісостепу

Дослідження із строків сівби соняшнику в умовах достатнього зволоження Західного Лісостепу України майже не проводили. Для встановлення оптимальних строків сівби гібридів соняшнику Суміко і Фаусто вивчали п'ять строків: 10 квітня, 20 квітня, 30 квітня, 10 травня, 20 травня. Ґрунт дослідної ділянки сірий опідзолений легкосуглинковий з умістом гумусу 1,8%. Вміст легкогідролізованого азоту – 72 мг, рухомих форм фосфору і калію (за методикою Чирикова) – відповідно 84 мг і 87 мг на 1 кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної, рН сольової витяжки – 6,0. Гідротермічні умови були типовими для зони, проте у квітні температура ґрунту була нижчою від середньобагаторічних даних.

Результати досліджень показали, що за ранніх строків сівби 10 і 20 квітня сходи соняшнику, внаслідок низької температури ґрунту, з'являлись лише через 20–25 днів, а за сівби у травні – удвічі швидше – через 10–13 днів. Польова схожість насіння гібридів соняшнику в дослідженнях була високою (80,9–92,6%), зменшувалась за ранніх строків сівби у квітні (80,9–86,8%) і зростала за пізньої сівби у травні (89,7–92,6%) в умовах вищої температури ґрунту. Польова схожість не змінювалась під впливом вологи, оскільки її запасів було достатньо в усі строки сівби.

Зауважено, що найвища врожайність соняшнику формувалась за сівби 30 квітня, у гібрида Суміко вона становила 3,74 т/га, у гібрида Фаусто 3,58 т/га. Доцільна також сівба цих гібридів 20 квітня, різниця в урожайності з 30 квітня є в межах помилки у дослідженнях. За ранніх строків сівби найвищу врожайність формує гібрид Суміко. За сівби 10 квітня урожайність у гібрида Суміко становила 3,32 т/га, у гібрида Фаусто – 2,95 т/га, що менше порівняно зі строком сівби 30 квітня відповідно на 0,42 т/га та 0,63 т/га. Це можна пояснити пізнім настанням весни, низькими температурами в цей період, збільшенням періоду сівба – сходи та іншими несприятливими умовами. В умовах ранньої весни цілком імовірна врожайність за ранніх строків сівби може бути вищою.

Виявлено, що травневі строки сівби призводять до значного зниження врожайності соняшнику внаслідок скорочення тривалості вегетаційного періоду. Найменшу врожайність (2,83–3,12 т/га) в обох гібридів соняшнику одержано за пізніх строків сівби – 10 та 20 травня. За сівби у травні скорочувалась тривалість вегетаційного періоду, сім'янки формувалися в умовах спеки, що призводило до зменшення врожайності.

Ключові слова: соняшник, строки сівби, гібриди, польова схожість, урожайність.

Lykhochvor V., Husak M. Yield of sunflower (*Helianthus annuus*) hybrids depending on sowing dates in the Western Forest-Steppe

The researches of sowing dates of sunflower in conditions of sufficient moisture in the Western Forest-Steppe of Ukraine were almost not conducted. To determine the optimal sowing dates of Sumiko and Fausto sunflower hybrids, five sowing dates were studied, namely April 10, April 20, April 30, May 10, May 20. The soil of the experimental plot was gray podzolic light loamy with a humus content of 1.8%. The content of light hydrolyzed nitrogen was 72 mg, mobile forms of phosphorus and potassium (according to Chirikov's method) were 84 mg and 87 mg per 1 kg of soil, respectively. The reaction of the soil solution was close to neutral, the pH of the salt extract was 6.0. Hydrothermal conditions were typical for the area, but in April the soil temperature was lower than the average long-term data.

The results of the research showed that in the early sowing period on April 10 and 20 sunflower seedlings appeared only in 20–25 days due to low soil temperature, and for sowing in May twice faster – in 10–13 days. Field germination of sunflower hybrid seeds in the researches was high (80.9–92.6%). It decreased in the early sowing period in April (80.9–86.8%) and increased in late sowing in May (89.7–92.6%) in conditions of higher soil temperature. Field germination did not change under the influence of moisture, as its reserves were sufficient at all times of sowing.

The highest yield of sunflower was formed during sowing on April 30, in Sumico hybrid it was 3.74 t/ha, in Fausto hybrid 3.58 t/ha. It is also advisable to sow these hybrids on April 20, the difference of the yield from April 30 is within the error of research. Sumico hybrid produces higher yields in the early stages of sowing. The May sowing period leads to a significant reduction of sunflower yield due to a shorter growing season.

For sowing on April 10, the yield of Sumico hybrid was 3.32 t/ha, Fausto hybrid – 2.95 t/ha, which was less than the sowing date of April 30 by 0.42 t/ha and 0.63 t/ha, respectively. This is due to the late onset of spring, low temperatures during this period, increasing the period of sowing – seedlings and other adverse conditions. In early spring, it is likely that yields in the early sowing period may be higher.

The May sowing period leads to a significant reduction of sunflower yield due to the reduction of the growing season. The lowest yield (2.83–3.12 t/ha) in both sunflower hybrids was obtained at late sowing dates – May 10 and 20. In the variant of sowing in May, the duration of the growing season was reduced, the formation of achenes took place in hot conditions, which led to the decrease of yield.

Key words: sunflower, sowing dates, hybrids, field germination, yield.

Постановка проблеми. Посівні площі соняшнику в Україні перевищують 6 млн га, особливо велика його концентрація на сході, півдні та в центрі. Ще 5–6 років тому соняшник вирощували у Західній Україні на невеликих площах, а з групи олійних культур тут домінував ріпак. Тепер це, поряд з кукурудзою, пшеницею, соєю, ріпаком, одна з найпоширеніших культур і в західних областях, навіть у Прикарпатті. Оскільки раніше у цій ґрунтово-кліматичній зоні з достатнім забезпеченням вологою із соняшником майже не проводили дослідження, є потреба в науковому обґрунтуванні більшості елементів технології вирощування цієї культури. Це дасть змогу підвищити врожайність соняшнику.

Сучасні гібриди соняшнику мають високий потенціал продуктивності, який може забезпечувати формування врожайності насіння на рівні 3,5–4,5 т/га, за високого вмісту олії (49–52 %). Визначити виробнику, які гібриди краще вирощувати в конкретних умовах, дуже складно, адже рекомендовані вони переважно лише для Степу й Лісостепу. Реакція ж гібридів, навіть у межах однієї зони за роками, неоднозначна. В одних гібридів суттєво змінюються процеси росту, розвитку, урожайність, якість насіння, в інших – ці показники більш стабільні. Тобто потрібні гібриди, характерні не лише високими врожайністю та якістю, а й стабільні, адаптовані до специфічних ґрунтово-кліматичних умов.

Актуальним залишається також питання визначення оптимальних строків сівби соняшнику в умовах Західної України. Гібриди відрізняються скоростиглістю, по-різному реагують на тривалість дня, інтенсивність сонячного освітлення, забезпечення вологою, тепловими ресурсами та іншими умовами зовнішнього середовища. Тому оптимальні строки сівби в різних ґрунтово-кліматичних зонах припадають на різні календарні дати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вибір оптимального строку сівби – необхідна передумова ефективного використання ресурсів середовища для формування високого врожаю.

Строки сівби соняшнику прийнято ділити за температурою прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння. Так, ранній строк сівби настає за температури 6–8 С, рекомендований або оптимальний – за 8–10 С, та пізній – за 10–12 С.

Сіяти необхідно, коли у ґрунті створюються сприятливі умови для проростання насіння, появи сходів та їх нормального розвитку. На думку Петриченка В. Ф та Лихочвора В. В. [14], *оптимальний* строк сівби настає у той період, коли середньодобова стійка температура на глибині загортання насіння досягає 10–12 С. Сівба в цей строк забезпечує дружні сходи на 9–12 день.

За сівби в оптимальні строки (20 квітня) спостерігали інтенсивніший ріст і розвиток рослин, що сприяло одержанню найвищої врожайності насіння – 2,89 т/га. Сівба у ранні (10 квітня) та пізні (1 травня) строки призводить до зменшення врожайності, відповідно до 20,2 т/га та 17,7 т/га [2].

В умовах зони Степу України на чорноземах типових малогумусних формування високих урожаїв соняшнику на рівні 2,7 т/га забезпечують гібриди PR64F50, PR64A15 за рекомендованого строку сівби (за прогрівання ґрунту на глибині 10 см на 10–12 С) [4]. В оптимальні строки за температури ґрунту 8–12 С рекомендовано сіяти соняшник також в інших дослідженнях [15]. Урожайність за сівби в оптимальні строки перевищувала врожайність соняшнику порівняно із сівбою в ранні та пізні терміни на 0,27–0,45 т/га [9].

У результаті проведених досліджень було встановлено, що більшу масу 1000 насінин формували посіви всіх досліджуваних гібридів за сівби у рекомендовані строки (за прогрівання ґрунту на глибині 10 см на 10–12 С) [6].

Як надто ранні, так і надто пізні строки сівби спричинюють недобір урожаю. За біологічними особливостями соняшник – культура *раннього* строку сівби, оскільки насіння соняшнику може проростати за температури 4–5 С, а сходи витримують короточасні весняні приморозки до мінус 4–6 С [14]. Крім того, він надзвичайно чутливий навіть до незначних осінніх приморозків у період дозрівання.

За ранніх строків сівби поява сходів затягується, вони бувають зріджені, тому що ґрунт недостатньо прогрітий, а рослини сильніше уражуються хворобами. Перевага ранніх строків сівби – більш пізньостиглі гібриди. За ранніх строків – при прогріванні ґрунту до 6–8 °С технологічна стиглість соняшнику з вегетаційним періодом менше ніж 110 днів настає у першій-другій декаді вересня, що дає змогу уникнути дощового періоду під час збору врожаю.

В умовах пізньої весни доцільно сіяти і за температури ґрунту 6–8 С.

Найвищу врожайність гібридів Антей, НС сумо 2017, Тутті одержали за сівби в ранній строк (18–22 квітня) – відповідно 3,54 т/га, 3,31 т/га та 3,50 т/га. Урожайність за сівби у другий строк зменшувалася, але не суттєво, й утворила в гібрида Антей – 3,48 т/га, НС сумо 2017 – 3,17 т/га, Тутті – 3,47 т/га. Сівба у третій строк (10–15 травня) суттєво зменшила врожайність гібридів соняшнику – на 0,12–0,25 т/га [10].

Ранні строки сівби забезпечують інтенсивніший розвиток кореневої системи. Найбільший відсоток сухої маси кореневої системи гібридів соняшнику виявили за сівби у ранні строки [7].

За *пізньої* сівби верхній шар ґрунту пересихає, що теж негативно позначається на схожості й густоті стояння рослин. Пізні строки в умовах достатнього зволоження підсилюють розвиток вегетативних органів за рахунок генеративних [14]. Рослини пізніше досягають у більш холодний та вологий період.

Біометричні показники рослин соняшнику за пізніх строків сівби (14–16 С) характерні їх суттєвим зниженням порівняно з показниками раннього (6–8 С) та рекомендованого (10–12 С) строків сівби [5].

Строк сівби залежить від особливостей гібрида. Вивчення трьох строків сівби соняшнику за прогрівання ґрунту до 5–6 °С, 7–8 С та 9–10 С показало, що в умовах Правобережного Степу найвищу врожайність насіння гібриди LG 55.82 (3,85 т/га) та LG 54.85 (3,64 т/га) забезпечили за першого строку сівби. Гібриди Форвард (3,09 т/га) та LG 56.32 (3,62 т/га) сформували найвищу врожайність за третього строку сівби [11; 13; 16].

У дослідженнях Гангур В. В. із співавт. [3] вивчали три гібриди різних груп стиглості. Ранньостиглий гібрид Ореол найбільшу врожайність забезпечив за сівби у перший (6–8 С) і другий (10–12 С) строки, відповідно 2,89 т/га та 2,92 т/га. Середньоранній гібрид Кадет найвищу врожайність (2,73 т/га) сформував за першого строку сівби. У середньостиглого гібрида Драйв

максимальну врожайність (2,98 т/га) одержано за другого строку сівби.

Аналіз показав, що у більшості досліджень строки сівби соняшнику базуються на досягненні певної температури ґрунту. На наш погляд, доцільніше вивчати календарні строки. Зміна температури з 6–8 С до 8–10 С та до 10–12 С в окремі роки може відбуватися через 3–4 дні, і за таких умов вивчення календарних строків ефективніше. Крім того, за календарних строків досліджується не лише вплив температури, а й інші чинники: довгота дня, інтенсивність освітлення, доступність поживних речовин, вологість тощо. Такої самої думки дотримуються Бушанський В. І. та Антоненко О. А. [2], які вивчали строки сівби соняшнику з урахуванням календарних дат (10 квітня, 20 квітня, 1 травня). У дослідженнях Паламарчука В. В. та Підлубного В. Ф. [10] у схемі досліджень строки сівби прив'язані як до календарних дат, так і до показників температури ґрунту, вивчали три строки: I – 18–22.04 (6–8 °С); II – 29.04–5.05 (10–12 С); III – 10.05–15.05 (14–16 °С). Подібну схему вивчали і в інших дослідженнях, де встановлено, що скоростиглий гібрид Світоч рекомендовано сіяти раніше – 1–15 травня (10–12 С та 14–16 С), а середньоранній Запорізький 28 та середньостиглий Запорізький 32 формували вищу врожайність за сівби 15 травня (14–16 С) [1].

Актуальність наших досліджень важлива, тому що у ґрунтово-кліматичній зоні Західного Лісостепу строки сівби соняшнику ще не вивчали.

Постановка завдання. Завдання нашого дослідження – вивчити вплив строків сівби гібридів соняшнику на особливості формування урожайності насіння в умовах Західного Лісостепу України. Дослідження проводили на полях господарства ТзОВ СБЕ Україна Рівне у Володимир-Волинському районі Волинської області.

Ґрунт дослідної ділянки сірий опідзолений легкосуглинковий з умістом гумусу 1,8 %. Вміст легкогідролізованого азоту – 72 мг, рухомих форм фосфору і калію (за методикою Чирикова) – відповідно 84 мг і 87 мг на 1 кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної, рН сольової витяжки – 6,0.

Облікова площа – 50 м², повторність досліду – триразова. Розміщення ділянок – систематичне. Досліджували два гібриди соняшнику та п'ять строків сівби (табл. 1).

Кліматичні умови були сприятливими для формування урожайності соняшнику. З 10 квітня потепліло вдень до 15 С, але ночі були холодні:

+3–4 С, середньодобова температура за 10.4–20.04 становила 6,5 С. З 20 квітня практично такий же температурний режим, у період 20.04–30.04 середньодобова температура – 6,8 С. Із 30 квітня значно потепліло вдень – до 15–20 С, вночі 7–8 С, середньодобова температура за декаду (30.04–10.05) зросла до 10,5 С. З 10 травня вдень 20–22°C, вночі – понад 10 С, за декаду 10.05–20.05 зросла до 14,2 С. З 20 травня вдень 22–23 С, вночі – більше ніж 10 С, середня температура за декаду знизилась до 13,5 С. Вологи у квітні–травні було достатньо

Технологія вирощування. Попередником соняшнику була озима пшениця. Після її збирання поле лушили, а в жовтні орали на зяб. Навесні закривали вологу важкими боровами та проводили передпосівний обробіток ґрунту. Норма висіву становила 68 тис./га. Фосфорні (амофос) та калійні (хлористий калій) добрива у нормі $P_{60}K_{150}$ вносили під зяблеву оранку, азотні (аміачна селітра, N_{90}) навесні під передпосівний обробіток ґрунту. Для контролю бур'янів у фазі 4-х листків використовували гербіцид ExpressSun® – Гранстар з нормою 25 г/га. Під час вегетації соняшнику для захисту від шкідників і хвороб двічі вносили інсектициди та фунгіциди. Збирали 15 вересня.

Характеристика гібридів. **Суміко** Оригінатор Сингента. Середньоранній, інтенсивний, характерний високою адаптивністю та стабільністю. Стійкий до несприятливих погодних умов і до стресових ситуацій. Висота рослин становить 155–170 см. Стійкий до вовчка рас (А, В, С, D, Е), фомозу, фомопсису. Рекомендований для Степу, Лісостепу, Полісся. Період вегетації 106–115 днів. Вміст олії до 55 %. Має середню енергію росту на початкових етапах росту. Оптимальна густина рослин до збирання врожаю для умов достатнього зволоження – 50–55 тис. рослин/га. Урожайність становить 30–40 ц/га.

Фаусто Оригінатор Сингента. Середньоранній, період вегетації 108–118 днів. Толерантний до 5 рас (А-Е) вовчка, фомопсису, фомозу, сірої гнилі, іржі, пероноспорозу. Висота рослини 155–175 см. Високоврожайний. Вміст олії 50–53 %. Діаметр кошика 20–25 см. Рекомендована густина на період збирання в умовах достатнього зволоження 55–60 тис. рослин/га. Стійкий до обсіпання. Рекомендований для вирощування в зонах Лісостепу та Полісся.

Виклад основного матеріалу. Строки сівби зумовлюють час появи і повноту сходів, подальші ріст та розвиток рослин. Високу польову схожість забезпечують якість посівного матеріалу, умови

проростання та появи сходів, способи, строки сівби й глибина загортання насіння, пошкодження проростків хворобами та шкідниками. На польову схожість найбільше впливають забезпеченість вологою та теплом. Залежно від строків сівби кліматичні умови різняться, і це суттєво позначається на польовій схожості насіння, динаміці сходів та подальших рості й розвитку рослин гібридів соняшнику. Зниження польової схожості призводить до погіршення показників росту рослин, їхньої індивідуальної продуктивності та загальної врожайності.

Результати наших досліджень показали, що сходи гібрида Суміко за перших строків сівби в умовах нижчих температур з'явилися на два дні швидше, ніж у гібрида Фаусто (табл. 1). За ранніх строків сівби сходи з'явилися через 20–25 днів. За сівби у пізні строки рослини зійшли через 10–13 днів, тобто удвічі швидше.

Залежно від строку сівби та гібрида зійшло 55–63 тис. рослин/га. Польова схожість зменшувалась за більш тривалого періоду проростання. Так, за першого строку сівби вона становила залежно від гібрида 80,9–85,3 %. У холодних умовах за сівби 10 квітня краще проростало насіння гібрида Суміко. За сівби в оптимальні строки польова схожість в обох гібридів вирівнялась і становила 86,9 %. Найвищою (89,7–92,6 %) вона була за пізніх строків сівби 10 та 20 травня, з огляду на вищі температури.

Деякі інші результати одержано в дослідженнях Маркової Н.В. [8], де польова схожість була вищою за другого строку сівби (91–93 %) за температури ґрунту 8–10 С. За пізнього строку (12–14 С) вона знизилась до 88–89 %, найменшою була за ранньої сівби (5–7 °С) – 84–85 %.

І зовсім протилежна закономірність відносно наших даних виявлена у дослідженнях Пінковського Г. В. і Танчика С. П. [12]. Тут найвищі показники польової схожості насіння гібридів соняшнику (86,2–92,5 %) зафіксовано за першого строку сівби, коли температура ґрунту на глибині заробки насіння прогріється на 5–6 С. Польова схожість при сівбі у другий строк (7–8 С) зменшилась до 85,4–91,8 %, або на 0,7–0,8 %. За сівби у третій строк (9–10 С) польова схожість була найменшою – 84,1–90,2 %. У посушливі роки, якщо третій строк сівби припадає на третю декаду квітня, спостерігали швидке пересихання посівного шару, і польова схожість знижувалась на 3,8–7,9 %.

Такі розбіжності у даних польової схожості можна пояснити забезпеченням вологою. У наших дослідженнях рівень польової схожості визначався

показником температури. Волога не була обмежувальним чинником, її запаси були достатні для проростання насіння у всі строки сівби. У дослідженнях інших авторів, проведених в інших кліматичних зонах, у центрі та півдні України, польова схожість знижувалась за другого та третього строків сівби внаслідок пересихання ґрунту і браку вологи для проростання насіння.

Урожайність гібридів соняшнику була найвищою за оптимальних строків сівби. За сівби

30 квітня у гібрида Суміко вона становила 3,74 т/га, у гібрида Фаусто – 3,58 т/га (табл. 2). Високою залишалась урожайність і за сівби 20 квітня – 3,67 т/га та 3,44 т/га, що менше порівняно із строком 30 квітня лише на 0,07 т/га та 0,14 т/га, тобто різниця між цими варіантами менша за величину НІР. Температурні умови у варіантах другого і третього строків сівби були майже однакові, чим можна пояснити незначну різницю у врожайності.

Таблиця 1

**Вплив строків сівби на швидкість появи сходів
та польову схожість гібридів соняшнику**

Дата		Від сівби до сходів, днів	Густота на 1 га, тис.		Польова схожість, %
сівба	сходи		посяяно, шт.	зійшло, шт.	
Гібрид Суміко					
10 квітня	3 травня	23	68	58	85,3
20 квітня	7 травня	20	68	58	85,3
30 квітня	12 травня	15	68	59	86,8
10 травня	20 травня	12	68	61	89,7
20 травня	30 травня	10	68	62	91,2
Гібрид Фаусто					
10 квітня	5 травня	25	68	55	80,9
20 квітня	9 травня	22	68	56	82,4
30 квітня	14 травня	17	68	59	86,8
10 травня	21 травня	13	68	61	89,7
20 травня	30 травня	10	68	63	92,6

Таблиця 2

Урожайність гібридів соняшнику залежно від строків сівби, т/га

Строк сівби	Повторення			Середнє	Відхилення
	I	II	III		
Гібрид Суміко					
10 квітня	3,20	3,35	3,41	3,32	-0,42
20 квітня	3,65	3,76	3,60	3,67	-0,07
30 квітня	3,86	3,70	3,66	3,74	-
10 травня	3,04	3,10	3,22	3,12	-0,62
20 травня	2,84	2,70	2,95	2,83	-0,91
Середнє за гібридом Суміко				3,32	
Гібрид Фаусто					
10 квітня	3,06	2,98	2,81	2,95	-0,63
20 квітня	3,32	3,42	3,58	3,44	-0,14
30 квітня	3,47	3,67	3,60	3,58	-
10 травня	3,23	3,02	3,05	3,10	-0,48
20 травня	2,88	2,77	2,87	2,84	-0,74
Середнє за гібридом Фаусто				3,18 (-0,14)	

НІР_{0,5} т/га

0,15

За сівби 10 квітня урожайність у гібрида Суміко становила 3,32 т/га, у гібрида Фаусто – 2,95 т/га, що менше порівняно із строком сівби 30 квітня відповідно на 0,42 т/га та 0,63 т/га. Це можна пояснити пізнім настанням весни, низькими температурами в цей період, збільшенням періоду сівба – сходи та іншими несприятливими умовами. В умовах ранньої весни, цілком імовірно, врожайність за ранніх строків сівби може бути вищою.

Найменшу врожайність (2,83–3,12 т/га) в обох гібридів соняшнику одержано за пізніх строків сівби – 10 та 20 травня. За сівби у травні скорочувалась тривалість вегетаційного періоду, а сім'янки формувалися в умовах спеки, що призводило до зменшення врожайності.

Необхідно зауважити, що за сівби у квітні урожайнішим (на 0,37; 0,23; 0,16 т/га) був гібрид Суміко, за сівби у травні урожайність гібридів була однаковою, тобто гібрид Фаусто менш придатний до ранніх строків сівби. Загалом гібрид Суміко на 0,14 т/га був урожайнішим за гібрид Фаусто.

Висновки. Польова схожість насіння гібридів соняшнику була високою (80,9–92,6 %). Вона зменшувалась за ранніх строків сівби у квітні і зростала за пізньої сівби у травні в умовах вищої температури ґрунту. Польова схожість не змінювалась під впливом вологи, оскільки її запасів було достатньо в усі строки сівби. За сівби 10 і 20 квітня сходи з'являлись через 20–25 днів, за сівби у травні удвічі швидше – через 10–13 днів.

Найвища врожайність соняшнику формувалась за сівби 30 квітня: у гібрида Суміко вона становила 3,74 т/га, у гібрида Фаусто – 3,58 т/га. Доцільна також сівба 20 квітня, а різниця в урожайності з 30 квітня – в межах помилки у дослідженнях. За ранніх строків сівби вищу врожайність формує гібрид Суміко.

Бібліографічний список

1. Андрієнко А. Л. Вплив строків сівби на продуктивність гібридів соняшнику в північному Степу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2010. № 38. С. 165–170.
2. Бушанський В. І., Антонєць О. А. Урожайність насіння соняшнику залежно від строків сівби. *Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки продукції рослинництва*. [зб. тез III наук.-практ. інтернет-конф.], 21–22 квітня. ПДАА. Полтава, 2015. С. 41–46.
3. Гангур В. В., Космінський О. О., Клімов С. С. Формування продуктивності гібридів соняшнику різних

груп стиглості залежно від строків сівби. *Актуальні питання та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва: матеріали IX наук.-практ. інтернет-конф.*, Полтава, 27 листопада 2020 року. Полтава, 2020. С. 47–50.

4. Гарбар Л. А., Горбатюк Е. М. Вплив різних умов сівби на формування продуктивності посівів соняшнику. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 3. С. 31–33.

5. Горбатюк Е. М. Біометричні показники гібридів соняшнику за різних строків сівби та ширини міжрядь. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 104. С. 35–40.

6. Каленськ С. М., Горбатюк Е. М., Гарбар Л. А. Вплив регламентів сівби на продуктивність соняшнику. *Науковий вісник НУБіП*. 2017. № 269. С. 23–30.

7. Каленська С. М., Горбатюк Е. М., Гарбар Л. А. Особливості розвитку кореневої системи соняшнику за різних регламентів сівби. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 100. Том 1. С. 76–80.

8. Маркова Н. В. Вплив строків сівби на ріст і розвиток гібридів соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2011. № 76. С. 81–85.

9. Міхєєв В. Г., Молоков А. В. Продуктивність соняшнику залежно від строків сівби. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодово-овочівництво і зберігання*. 2019. Вип. 1. С. 57–65.

10. Паламарчук В. Д., Підлубний В. Ф. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від елементів технології вирощування. *Сільське господарство і лісівництво*. 2021. № 3 (22). С. 29–44.

11. Пінковський Г. В., Танчик С. П. Ріст, розвиток та продуктивність рослин соняшнику залежно від строків сівби та густоти стояння в Правобережному Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 108. С. 78–85.

12. Пінковський Г. В., Танчик С. П. Польова схожість насіння соняшнику залежно від строків сівби та густоти стояння рослин у правобережному Степу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 1 (77). С. 4–16.

13. Пінковський Г. В. Вплив строків сівби та густоти стояння на водний режим ґрунту в правобережному Степу України. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Том. 10. № 1. С. 34–40.

14. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ., доповн., додатковий випуск. Львів: НВФ «Українські технології», 2021. 808 с.

15. Ткаліч І. Д., Гирка А. Д., Бочевар О. В., Ткаліч Ю. І. Агротехнічні заходи підвищення врожайності насіння соняшнику в умовах Степу України. *Зернові культури*. 2018. Том 2. № 1. С. 44–52.

16. Pinkovskiy H., Tanchyk S. Management of productivity of sunflower plants depending on terms of sowing and density of standing in arid conditions of the Right-bank Steppe of Ukraine. *Agronomy science*. 2021. Vol. LXXVI (1). P. 21–38.

Стаття надійшла 31.03.2022

COMPETITIVE ABILITY OF INVASIVE WEED SPECIES AND THEIR INFLUENCE ON PHYTOCENOSE BIODIVERSITY

I. Shuvar, Doctor of Agricultural Sciences (PhD)

ORCID ID: 0000-0002-4149-1761

H. Korpita, Candidate of Agricultural Sciences (PhD)

ORCID ID: 0000-0002-0908-0129

I. Dudar, Candidate of Agricultural Sciences (PhD)

ORCID ID: 0000-0002-4467-9946

Lviv National Environmental University

H. Lipińska, Dr. hab., prof. Uczelni

ORCID ID: 0000-0003-0135-5121

University of Life Sciences in Lublin, Poland

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.063>

Shuvar I., Korpita H., Dudar I., Lipińska H. Competitive ability of invasive weed species and their influence on phytocenose biodiversity

The global threat from the spread of invasive plant species leads to an imbalance of plant living conditions in the agrocenosis and depletion / destruction of biodiversity. Ukrainian scientists are conducting a research on the impact of alien species of flora in the context of environmental threats to phytointvasions. Invasive plants are especially dangerous both for the integrity of natural ecosystems and for various areas of economic activity. Invasive plant species cause significant damage to agriculture, forestry and water management, nature reserve areas.

Less common invasive plant species create one of the biggest environmental problems in the world. This is a scientifically proven fact, which is legally reflected both in international conventions and in the legislation of individual countries.

The foundation of an ecosystem is made by its flora. Therefore, invasive plant species are a blow to its foundation. If climatic conditions are suitable for invasive plants, they have a huge competitive advantage over native species, as they have no or limited natural enemies/consumers and diseases in the local ecosystem that could deter their spread. Therefore, they simply squeeze out local species from the territories, dooming them to extinction.

The extinction of native plant species leads to extinction of native species of animals, fungi and many microorganisms that have built ties with the aboriginal flora for thousands or millions of years. They are directly dependent on it and are organically interconnected. That is why the invasion of an alien species does not increase the number and activity of local biodiversity, but, on the contrary, leads to the death of a significant number of species of flora and fauna dominated by only one or more species of invasive plants.

In Ukraine, the impact of non-native plants on the environment is growing every year. In terms of Adventist flora, Ukraine ranks first among other flora in the world. The spontaneous fraction of adventive flora of Ukraine has 830 species of vascular plants (including 18 % – archeophytes and 82 % – kenophytes), which is about 14 % of the total flora of the country, which has more than 6,000 species of vascular plants (including all aboriginal and adventitious species), as well as the main cultivated and wild plants.

Key words: biodiversity, invasion, weeds, control measures.

Шувар І., Корпіта Г., Дудар І., Ліпінська Г. Конкурентна спроможність малопоширених видів бур'янів та їх вплив на біорізноманіття фітоценозів

Світова загроза від поширення інвазивних видів рослин призводить до дисбалансу умов життя рослин в агроценозі та збіднення/знищення біотичного різноманіття. Учені України проводять дослідження впливу чужорідних видів флори у контексті екологічних загроз фітоінвазіям. Інвазивні рослини особливо небезпечні як для цілісності природних екосистем, так і для різноманітних сфер господарської діяльності. Інвазивні види рослин завдають значних збитків сільському, лісовому та водному господарствам, територіям природного заповідного фонду.

Малопоширені інвазивні види рослин – одна з найбільших екологічних проблем у світі. Це науково доведений факт, який відображено юридично як у міжнародних конвенціях, так і в законодавстві окремих країн.

Фундамент екосистеми становить її флора. Тому інвазивні види рослин – це удар по її основі. Якщо кліматичні умови для чужаків підходять, то вони мають величезну перевагу в конкуренції над аборигенними видами, оскільки у них відсутні або обмежені природні вороги/споживачі та хвороби в місцевій екосистемі, які могли б стримувати їх поширення. Тому вони просто витискають місцеві види з оселищ, прирікаючи їх на вимирання.

Зникнення місцевих видів рослин призводить до зникнення місцевих видів тварин, грибів та багатьох мікроорганізмів, які будували зв'язки з аборигенною флорою упродовж тисяч або мільйонів років, безпосередньо залежать від неї і органічно пов'язані між собою. Саме тому інвазія чужорідного виду не впливає на збільшення чисельності і активності місцевого біорізноманіття, а, навпаки, – призводить до загибелі значної кількості видів флори та фауни з домінуванням лише одного або кількох видів чужинців.

В Україні вплив неаборигенних рослин на довкілля зростає з кожним роком. За рівнем адвентизації флори Україна посідає чільне місце серед інших флор світу. Спонтанна фракція адвентивної флори країни налічує 830 видів судинних рослин (зокрема 18 % – археофіти та 82 % – кенофіти), що становить близько 14 % від загальної кількості видів флори країни, у банку якої понад 6000 видів судинних рослин (разом з усіма аборигенними та адвентивними видами), а також основні культивовані та здичавілі рослини.

Ключові слова: біорізноманіття, інвазія, бур'яни, заходи боротьби.

Formulation of the problem. Invasive weed species are any plant species that have not grown in specific conditions and are damaging the ecosystem. They have a particularly significant effect on the structure of plant groups, cause impoverishment of their species composition and structure, and even contribute to replacement of the regional indigenous plant complexes. Invasive weeds can change the function of the ecosystem, reduce productivity and profitability of the primary industry, and severely limit the long-term sustainability of all the state's agricultural and natural resources. Invasive pests threaten agrocenoses of crops, pastures, waterways, national parks and the urban environment.

As they take root in local ecosystems, invasive species become competitors / aggressors and displace natural species. They can destroy valuable tree species that create shade, carbon sequestration and wildlife habitat, or even increase the risk of forest fires. They are able to have a significant impact on the development of erosion processes and soil degradation, deterioration of groundwater quality [1–4].

Analysis of recent research and publications. Analysis of recent researches and publications. Our research was conducted during 2013–2021 [9–10], devoted to the invasion of rare harmful weeds and its impact on agrocenoses and biodiversity of Ukraine. A number of scientific works by other authors [6–8; 11] indicate the threat of the significant number of them on the territory of Ukraine. In particular, such segetal / ruderal plants as *Heracleum sosnowskyi*, *Solidago canadensis*, *Acer negúndo*, *Quercus rubra*, *Phytolacca Americana*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Asclepias syriaca*, *Hordeum murinum* L. etc.

This extraordinary plasticity of many weed species can be explained by their nature as pioneer species, adapted to high levels of disturbance due to the presence of many phenotypes that can be manifested in a particular environment.

The adaptive advantage of plasticity allows invasive species to make better use of natural

resources, as they tend to respond better to increasing the availability of the latter.

Global climate changes (rising temperatures, rising CO₂ emissions) or changes in humidity are causing highly plastic reactions in invasive weeds. Conversely, non-invasive plants adapted to more stable environmental conditions cannot adapt so quickly to sudden changes in the growing conditions.

Invasive alien species are likely to interact with climate change, which will require active management.

Setting objectives. Weed infestations pose a serious threat to natural ecosystems. For many years, economic and sustainable methods of reducing and dominating harmful weeds have been sought. The number of invasive species can be controlled by mechanical or chemical methods, as well as biocontrol agents. Because the value of biological control is obvious and attractive, evaluation of the potential insects to make biocontrol is a long and costly process, so mechanical control and herbicides are most often used to control weeds. Mechanical removal by pruning or application of herbicides provides fast suppression of weeds, but they can be easily regenerated.

Presenting main material. Destruction of natural habitats due to anthropogenic impact, reduction of biodiversity, intensification of agriculture, imperfection of the control system for the import of plants and animals from abroad over the past decades have led to penetration of many species of flora and fauna that have never been found on its territory.

Today, almost the entire territory of Ukraine is to some extent affected by such alien plant species. A significant number of them exhibit invasive properties, and the processes of mass development are often characterized as biological pollution. Increasing globalization, climate changes, habitat fragmentation and degradation, overpass construction and the use of

potentially dangerous invasive genetically modified organisms increase the rate of invasion of alien species into new areas outside their natural habitats and increase their invasive properties.

Invasive alien species are considered one of the main factors of the negative impact on biodiversity, which leads to a decrease in the number and extinction of a number of local species of wild flora due to changes in the ecosystem structure, predation, competition, disease and others. They cause multimillion-dollar damage to agriculture and spheres, and some species threaten human quality of life and health.

World agriculture is developing special weed control programs where they are the most useful for biodiversity and the greatest cultural and social value, in particular, can be removed from areas where they affect endangered species and their habitats.

Over the years of research, it is have found that in the western forest-steppe the area of distribution of *Heracleum sosnowskyi*, which was cultivated as a silage plant in the middle of the XX century, is growing every year. Its leaves and fruits are rich in essential oils containing furanocoumarins – photosensitizing substances that, if applied to the skin, cause photochemical burns.

This plant grows everywhere (in riparian areas and on both sides of roads, meadows, pastures, recreational complexes, forests, as well as in homesteads and agricultural soils). The exponential phase of invasive propagation of *Heracleum sosnowskyi* continues to this day.

In addition to *Heracleum sosnowskyi*, the weed *Solidágo canadensis* L. is spreading on a large scale. According to the degree of danger to the environment and human well-being, this alien invasive species is almost on a par with *Ambrosia artemisiifolia* L. and *Heracleum sosnowskyi*. As of today, *Solidágo canadensis* L. causes a significant damage to Ukrainian agriculture. Nevertheless, this process can still be brought under control right now.

In the western forest-steppe (Ivano-Frankivsk region) we found the emergence and intensive spread of another invasive species of weed – *Asclepias syriaca*, which has so far been distributed in Kyiv, Poltava, Chernihiv, Cherkasy, Dnipropetrovsk, Sumy and other central and southern regions of Ukraine. Given that *Asclepias syriaca* is a very vicious weed that multiplies rapidly, it is important to know that it is not the subject to chemical or mechanical destruction, and can contaminate crops of about 40 crops (corn, soybeans, sorghum, sugar beets, vegetables, cereals, etc.)

Conclusions. In Ukraine, most stakeholders often have limited / no knowledge of the range of threats posed by invasive species. Therefore, it is difficult to mobilize the necessary efforts to control their spread, even those that affect human health or its basic economic interests. A striking example is the rapid spread of the quarantine species of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in Ukraine and its penetration not only into agrocenoses, but also into steppe, meadow and forest ecosystems. The damage to agriculture and human health is estimated at millions of hryvnias. However, despite the significant threat posed by this species, appropriate measures have not been taken, including due to a lack of public awareness of the possibilities of counteracting the spread of the species. Deep awareness and understanding of the impact of invasive species is important for the development of shared responsibility, encourages private structures and increases the effectiveness of appropriate measures.

Weeds interfere with a variety of human activities, and a number of methods have been developed to suppress or eliminate them. These methods vary depending on the nature of the weed itself, means of disposal and the method impact on the environment. Usually, for financial and environmental reasons, the methods used in a public park should not be used in pastures or forests. Herbicides sprayed on roadsides to remove weeds that threaten fire or traffic are unsuitable for use in agrocenoses.

Mulching, which is used to control weeds in backyards, is not possible for large farms. Weed control, in any case, has become a highly specialized activity. In agriculture, weed control is an important part of the technology of growing crops and obtaining high quality products with minimal negative impact on the environment.

Invasive weeds are so effective in suppressing native plants that they lose the ability to thrive in biodiversity. They affect our national parks, competing with local plants for water, sunlight and space. Under these conditions, dense areas of vegetation are formed, which suppress / kill local plants, which, in turn, adversely affects of local animals. Weeds reduce the food source of these animals and destroy the habitat that is important for their survival.

Developing a strategy to control invasive weed species will help to effectively control them in own area, namely:

- abide by laws against invasive plants;
- integration of control measures and methods;
- coordination of control activities with neighboring territories;

➤ increase the effectiveness of measures by ensuring the priority of control activities and the use of resources in the optimal period.

References

1. Invasive Weed Management Handbook Version 1, 2013. 58 p.
2. Mosiakin S. L., Fedoronchuk M. M. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kyiv: M.G. Kholodny Institute of Botany. 1999. 345 p.
3. Noxious Weeds of Spokane County. In S. C. N. W. C. Board (Ed.). Spokane, Washington. Pamela Scheinost, Mark Stannard, & Prather, T. 2008. Ventenata Plant Guide. In U. S. D. o. A.-N. R. C.
4. Prots B. Invasion success of alien plant species in the Carpathian region of Ukraine. *Scientific Herald of Chernivtsi University. Biological systems*. 2013. No 5 (1). P. 116.
5. Shuster W., Herms C., Frey M., Doohan D., & Cardina J. Comparison of survey methods for an invasive plant at the subwatershed level. *Biological Invasions*. 2005. No 7 (3). P. 393–403.
6. Shuvar I., Korpita H. *Asclepias syriaca* captures the fields of Ukraine. *Innovative technologies in crop production IV All-Ukrainian Scientific Internet Conf. Kamyanets-Podilskyi, May 10, 2021*. Kamyanets-Podilskyi, 2021. P. 173–175.
7. Shuvar I., Korpita H. Invasion of rare weed species and its impact on natural biodiversity. Collective monograph. Achievements of Ukraine and the EU in ecology, biology, chemistry, geography and agricultural sciences. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2021. P. 365–3825.
8. Shuvar I., Korpita H., Balkovskiy V., Shuvar A., Kropyvnytskyi R. *Asclepias syriaca* L. is a threat to biodiversity and agriculture of Ukraine. *BIO Web of Conferences*. 2021. No 36 (07010).
9. Shuvar I., Korpita H., Halin L., Czerniawska-Piątkowska E. Invasion of *Solidago Canadensis* L. in the Western Forest-Steppe of Ukraine and Poland. *The role of scientific and technical support for the development of agro-industrial complex in modern market conditions. Proceedings of the All-Ukrainian scientific-practical conf. Dnipro, February 25, 2021*. Dnipro, 2021. P. 326–328.
10. Shuvar I., Korpita H., Shuvar A., Shuvar B., Kropyvnytskyi R. Invasive plant species and the consequences of its prevalence in biodiversity. *BIO Web of Conferences*. 2021. Vol. 31 (00024).
11. Vykhov B., Prots B. Estimation of the impact of highly-invasive plant species on the environment. *Youth and Progress in Biology: Proc. V Int. Conf. Lviv, May 12–15, 2009*. Vol. 1. P. 7–8.

Стаття надійшла 05.05.2022

УРОЖАЙНІСТЬ СОНЯШНИКУ (*HELIANTHUS ANNUUS*) ЗАЛЕЖНО ВІД ГІБРИДА В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Т. Багай, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0001-7358-4703

В. Лихочвор, д. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-0377-6157

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.067>

Багай Т., Лихочвор В. Урожайність соняшнику (*Helianthus annuus*) залежно від гібрида в умовах Західного Лісостепу України

З метою вивчення урожайності гібридів соняшнику у 2019–2021 рр. на дослідному полі Львівського національного університету природокористування проводили польові дослідження. Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий з умістом гумусу 2,4 %. Вивчено шість гібридів різних груп стиглості: Н4Х302Е, Х4219, Н4Н470, НХК12М010, Н4ЛМ409, Камаро 2 фірми *Nuseed*.

Встановлено, що в умовах достатнього зволоження Західного Лісостепу України за основними елементами структури урожайності гібриди соняшнику (Н4Х302Е, Х4219, Н4Н470, НХК12М010) мало відрізнялись між собою. Висота рослин у них становила 175–178 см, діаметр кошика 16,0–16,3 см, маса 1000 насінин 44,1–44,7 г, кількість насінин у кошику 1769–1780 шт. У гібрида Н4ЛМ409 діаметр кошика зріс до 17,0 см, маса 1000 насінин – до 45,7 г, кількість насінин у кошику – до 1791 шт. Значно вищі показники елементів структури мали гібрид Камаро 2, висота рослин у якого зросла до 183 см, діаметр кошика – до 18 см, маса 1000 насінин – до 46,2 г, кількість насінин у кошику – до 1800 шт.

Відносно невисоку врожайність соняшнику (2,40–2,91 т/га) можна пояснити надмірним зволоженням у роки проведення досліджень і зменшенням унаслідок цього маси 1000 насінин. У 2019 році урожайність (2,34–2,79 т/га) зменшилася внаслідок перезволоження у травні, коли випало 161 мм, що більше від середньобогаторічних даних на 92 мм. Найменша врожайність (2,28–2,72 т/га) у 2020 році спричинена надмірним зволоженням ґрунту – впродовж двох місяців: у травні випало 138 мм (+69 мм до норми), у червні – 140 мм (+56 мм). Найсприятливіші гідротермічні умови для формування врожайності (2,58–3,22 т/га) гібридів соняшнику були у 2021 році.

Гібрид соняшнику Камаро 2 формував найвищу врожайність насіння на рівні 2,91 т/га, що на 0,41–0,51 т/га вище порівняно з іншими гібридами. Групи стиглості не впливали на рівень урожайності.

Ключові слова: соняшник, гібриди, елементи структури, урожайність.

Bahai T., Lykhochvor V. Yield of sunflower (*Helianthus*) depending on the hybrid in the Western Forest-Steppe of Ukraine

To study the yield of sunflower hybrids in 2019–2021, field research was conducted on the experimental field of Lviv National Environmental University. The experimental site is characterized by dark gray podzolic light loamy soil with the humus content of 2.4 %. Six hybrids of different maturity groups were studied: H4X302E, X4219, N4H470, HXK12M010, H4LM409, Camaro 2 of Nuseed company.

The studies have shown that in conditions of sufficient moisture in the Western Forest-Steppe of Ukraine, sunflower hybrids (H4X302E, X4219, N4H470, HXK12M010) differed little by the main elements of yield structure. The height of plants was 175–178 cm, diameter of a basket 16.0–16.3 cm, weight of 1000 seeds – 44.1–44.7 g, number of seeds in a basket 1769–1780 pcs. The hybrid H4LM409 was characterized by the diameter of the basket increased to 17.0 cm, weight of 1000 seeds – up to 45.7 g, number of seeds in a basket – up to 1791 pcs. Much higher indicators of structural elements were provided by Camaro 2 hybrid, including plant height increased up to 183 cm, basket diameter – up to 18 cm, weight of 1000 seeds – up to 46.2 g, number of seeds in a basket – up to 1800 pcs.

The relatively low yield of sunflower (2.40–2.91 t/ha) can be explained by excessive moisture in the years of research and the consequent reduction of the weight of 1000 seeds. In 2019, the yield (2.34–2.79 t/ha) decreased due to waterlogging in May, i.e. 161 mm of precipitation that was by 92 mm more comparing to the average long-term data. The lowest yield (2.28–2.72 t/ha) in 2020 was caused by excessive soil moisture during two months: 138 mm (+69 mm above the norm) of precipitation fell in May, 140 mm (+56 mm) in June. The most favorable hydrothermal conditions for formation of yield (2.58–3.22 t/ha) of sunflower hybrids were observed in 2021.

The Camaro 2 sunflower hybrid produced the highest grain yield, i.e. 2.91 t/ha, that was by 0.41–0.51 t/ha higher than other hybrids. Maturity groups did not influenced the yield levels.

Key words: sunflower, hybrids, structural elements, yield.

Постановка проблеми. В Україні зареєстровано велику кількість гібридів соняшнику, переважно для півдня, сходу та центру України. Останніми роками реєструють гібриди і для зони Західного Лісостепу й Полісся, де соняшник уже досить поширений. Водночас визначити виробнику, які гібриди краще вирощувати в конкретних умовах, дуже складно [5].

Нові гібриди мають високий потенціал урожайності та вихід олії. Вони орієнтовані на скоростиглість, характерні високою однорідністю за морфологічними показниками, стійкі або толерантні до основних хвороб та шкідників.

Гібриди соняшнику різняться між собою за такими показниками, як енергія початкового росту, час настання та тривалість фаз, період фізіологічної стиглості, морфологічні параметри рослин, урожайні властивості та якісні показники продукції. У соняшнику досить тісна кореляційна залежність між тривалістю вегетаційного періоду і рівнем урожаю. Тому дослідження з виявлення найбільш адаптованих гібридів для зони Західного Лісостепу України вкрай актуальні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Гібриди соняшнику поділяються на типи за напрямом використання і вмістом жирних кислот: олійні, кондитерські та високоолеїнові. Для олійних характерні високий вміст олії, дрібна чи середнього розміру сім'янка. У кондитерських сім'янках крупного розміру підвищений вміст білка. Гібриди олеїнового типу містять понад 80 % олеїнової кислоти, тоді як у гібридів лінолевого типу її вміст сягає лише 20–30 % [10].

За тривалістю вегетаційного періоду гібриди соняшнику поділяють на скоростиглі (80–90 днів), ранньостиглі (100 днів), середньостиглі (до 110 днів). За цими показниками можна визначити найкращий гібрид для певної зони вирощування [5]. У дослідженнях А. В. Кохана більшість гібридів під впливом високих температур зменшувала вегетаційний період, а краща вологозабезпеченість і помірні температури подовжували його.

Соняшник дуже вимогливий до кліматичних умов. До фази утворення кошиків рослини соняшнику витрачають 20–25 % вологи від загальної потреби, використовуючи її запаси переважно з верхніх шарів ґрунту. Найбільшу кількість вологи – 60 % – ця культура засвоює у період від початку утворення кошиків й упродовж цвітіння, цей міжфазний період критичний у водоспоживанні соняшнику. Якщо вологи недостатньо, то кошики і насіння можуть формуватися недо-

розвиненими, що призведе до недобору врожаю [2]. Найбільші врожайність та олійність насіння соняшнику залежать від рівня забезпечення вологою в рік вирощування [6; 12].

Проведені О. А. Єременко та В. В. Калиткою [3] дослідження щодо зв'язку врожайності соняшнику з агрометеорологічними умовами Запорізької області показали, що на рівень урожаю більше впливає мінімальна повітряна вологість у період цвітіння, ніж кількість опадів за весь вегетаційний період.

Оптимізація технології вирощування соняшнику сприяє повному використанню гібридами культури всіх умов життєдіяльності впродовж вегетації [11]. Збільшення обсягів виробництва можливе удосконаленням технології вирощування [7].

Частина авторів зазначає, що для нових гібридів соняшнику доцільно вивчати можливість підвищення їхньої врожайності через загушення посівів [1; 8].

Встановлено, що для отримання стабільно високих валових зборів соняшнику потрібно висівати гібриди, максимально адаптовані до регіону вирощування, які досягають без десикації. В умовах недостатнього та нестійкого зволоження середня врожайність гібридів соняшнику за групами стиглості перебуває практично на одному рівні. Проте біометричні показники рослин, урожайність і олійність насіння гібридів соняшнику в межах кожної групи визначалися генетичними особливостями та погодними умовами [4]. В іншій науковій праці зауважено, що в умовах недостатнього та нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу найбільшу середню врожайність (3,44 т/га) формували гібриди середньостиглої групи, яким для отримання стабільних урожаїв соняшнику слід віддавати перевагу [5].

У дослідженнях В. Д. Паламарчука і В. Ф. Підлубного [9] найвищу врожайність формували гібриди Антей – 3,54 т/га, у гібрида Тутті урожайність становила 3,50 т/га, а найменшою була в гібрида НС сумо 2017 – 3,31 т/га.

Характеристика досліджуваних гібридів фірми *Nuseed*.

H4X302E. Гібрид олеїнового типу. Придатний для технології під гербіцид Гранстар. Урожайність 4,8 т/га. Група стиглості – ранньостиглий. Потенціал урожайності – 4,8 т/га. Висота рослин – 155–175 см. Вміст олії – 48–51 %. Вміст олеїнової кислоти – до 90 % Рекомендована густина рослин перед збиранням – 55–65 тис./га.

X4219. Група стиглості – середньоранній. Вегетаційний період 99–106 діб. Потенціал урожайності – 5,0 т/га. Висота рослин – 165–175 см. Гібрид олійного типу, вміст олійної кислоти – до 92 %. Вміст олії – 51 %. Маса 1000 зерен – 73 г. Рекомендована густина перед збиранням: 55–65 тис./га. Гібрид соняшнику олійного типу. Придатний для технології під гербіцид Гранстар. Внесено до Реєстру 2016 року. Зони вирощування – Полісся, Лісостеп України.

N4H470. Характерний однорідним цвітінням та інтенсивним стартовим ростом. Має високі показники стійкості до поширених захворювань соняшнику. Придатний під технологію *Clearfield* під Євролайтинг. Олійний тип, потенційна врожайність 5,3 т/га. Середньоранній – 107–109 діб. Висота рослин – 160–180 см. Вміст олії 48–52 %. Вміст олійної кислоти – до 90 %. Рекомендована густина рослин перед збиранням – 50–60 тис./га. Внесено до Реєстру 2021 року.

HXK12M010. Гібрид під технологію *Clearfield* під гербіцид Євролайтинг. Середньостиглий – 102–108 діб. Потенційна урожайність – 5,5 т/га. Олійний тип. Висота рослини – 160–175 см. Вміст олії – 50–52 %. Рекомендована густина посіву – 55–65 тис./га.

H4LM409. Гібрид олійного типу під Євролайтинг. Характерний відмінною якістю врожаю і високим вмістом олії в насінні. Стабільний у різних ґрунтово-кліматичних умовах вирощування. Має хороші показники стійкості до стресових факторів. Рекомендовані зони вирощування – Полісся, Лісостеп України. Середньоранній – 100–107 діб. Потенціал урожайності – 5,5 т/га. Висота рослин – 160–175 см. Вміст олії – 46–49 %.

Камаро 2. Пластичний, стресостійкий, невибагливий до умов вирощування, стабільний гібрид, що формує високі врожаї. Стійкий до холоду й посухи, до вилягання і обсіпання. Середньоранньостиглий, 100–108 діб. Придатний до *Clearfield*-технології (Євролайтинг), стійкий до несправжньої борошнистої роси. Урожайність – до 5,0 т/га. Висота рослин – 170–180 см. Олійний тип – лінолевий. Вміст олії – 50–52 %. Рекомендована густина посіву – 55–65 тис./га. Внесено до Реєстру 2015 року.

Постановка завдання. Наше завдання – провести польові дослідження на дослідному полі Львівського національного університету природокористування з метою вивчення урожайності гібридів соняшнику у 2019–2021 рр. Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий з вмістом гумусу 2,4 %. Вміст

легкогідролізованого азоту – 60–64 мг, рухомих форм фосфору і калію (за методикою Чирікова) – відповідно 98–104 мг і 94–99 мг на 1 кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної, рН сольової витяжки – 5,9.

Облікова площа – 50 м², повторність досліду – триразова. Розміщення ділянок – систематичне. Досліджували шість гібридів: H4X302E, X4219, N4H470, HXK12M010, H4LM409, Камаро 2.

Технологія вирощування передбачала такі елементи. Попередник – озима пшениця, після збирання якої дискували стерню та зяблеву оранку. Восени під оранку внесли фосфорні й калійні добрива – P₆₀K₆₀. Навесні закривали вологу важкими боровами. Під передпосівну культивуацію вносили N₆₀. Сіяли з міжряддями 70 см на глибину 6 см 27 квітня у всі три роки досліджень. За фази чотирьох справжніх листків вносили гербіциди Євролайтинг з нормою 1,2 л/га (Камаро 2, N4H470, HXK12M010, H4LM409) та Гранстар (Експрес) з нормою 50 г/га (X4219, H4X302E). Для боротьби зі злаковими бур'янами застосовували Пантеру в нормі 2 л/га. У фазі зірочки обприскували фунгіцидом Піктор – 0,5 л/га, з розрахунку витрати 200 л/га робочого розчину. Збирали за фази, коли 80–90 % кошиків стали жовто-бурі або бурі.

Виклад основного матеріалу. Головними елементами структури врожайності у соняшнику є діаметр кошика, маса насіння з одного кошика, натура насіння, маса 1000 насінин. За допомогою елементів технології можна впливати на ці показники продуктивності рослин, змінюючи їх у бажаному напрямі.

У дослідженнях Л. А. Покопцевої і О. А. Єременко [11] продуктивність соняшнику зростала за рахунок збільшення більшості елементів структури врожайності. За даними наших досліджень висота більшості гібридів була майже однаковою і коливалася в межах 175–178 см (табл. 1). Найвищими (183 см) були рослини гібрида Камаро 2, який був і найбільш урожайним. У дослідженнях В. С. Кудріної [6], проведених в умовах недостатнього волого забезпечення, висота рослин була меншою – 158–166 см. Кохан А. В. [4] встановив, що високорослі рослини були урожайнішими порівняно з низькорослими. Найбільшу врожайність (3,63–3,83 т/га) формували гібриди Дарій, Ясон, Квін, висота рослин яких становила 170–175 см, тоді як найнижчу (3,04–3,32 т/га) – Капрал, Боєць, Простір, висота яких була в межах 146–157 см.

Діаметр кошика також змінювався залежно від гібрида. Найменшим (16 см) він був у гібрида Н4Х302Е, а найбільшим (18 см) у гібрида Камаро 2. Спостерігали пряму кореляційну залежність ($r=0,840$) між розміром кошика та рівнем урожайності насіння.

Маса 1000 насінин у наших дослідженнях була відносно невисокою (44,1–46,2 г), що і стало основною причиною відносно низької врожайності насіння. У подальших дослідженнях необхідно знаходити технологічні рішення для підвищення цього показника. Для прикладу, у дослідженнях В. С. Кудріної [6] маса 1000 насінин була значно вищою – 56,0–63,5 г.

Кількість насіння в кошику змінювалась від 1769 до 1800 шт., тобто у відносно вузькому діапазоні.

Урожайність соняшнику змінювалась залежно від гідротермічних умов року (табл. 2). Меншою вона була 2019 року (2,46 т/га), що можна пояснити перезволоженням у травні, коли за середньо-багаторічної норми 69 мм випало 161 мм опадів, що вище від норми на 92 мм. Унаслідок цього на початкових фазах були сповільнені ростові процеси рослин, пригнічений розвиток кореневої системи, обмежене засвоєння елементів живлення і наростання біомаси, що в підсумку призвело до зниження врожайності соняшнику.

Таблиця 1

Елементи структури урожайності гібридів соняшнику (середнє за 2019–2021 рр.)

Гібрид	Висота рослин на час збирання, см	Діаметр кошика, см	Маса 1000 насінин, г	Кількість насіння в кошику, шт.
Н4Х302Е	175	16,0	44,1	1769
Х4219	178	16,5	44,5	1780
Н4Н470	177	16,2	44,7	1771
НХК12М010	175	16,3	44,3	1774
Н4ЛМ409	176	17,0	45,7	1791
Камаро2	183	18,0	46,2	1800

Таблиця 2

Урожайність соняшнику залежно від гібрида, т/га

Гібрид	Урожайність, т/га			Середня за три роки	Приріст	
	2019 р.	2020 р.	2021 р.		т/га	%
Н4Х302Е	2,34	2,28	2,58	2,40	-	-
Х4219	2,38	2,29	2,59	2,42	0,02	0,80
Н4Н470	2,38	2,34	2,61	2,43	0,03	1,25
НХК12М010	2,40	2,32	2,63	2,45	0,05	2,10
Н4ЛМ409	2,46	2,36	2,68	2,50	0,10	4,17
Камаро2	2,79	2,72	3,22	2,91	0,51	21,25
Середня за рік	2,46	2,38	2,72	2,52	-	-

НР₀₅, т/га 0,08 0,10 0,07

Причиною зниження врожайності у 2020 році, як і в 2019 році, була надмірна кількість опадів. На відміну від 2019 року, в якому перезволоження ґрунту спостерігали у травні, у 2020 році дуже вологим виявився триваліший період упродовж двох місяців – травень і червень. У травні випало 138 мм опадів, що більше від норми вдвічі, на 69 мм. Дошовим був також червень, у якому випало 140 мм, або вище від середніх багаторічних даних на 56 мм. Необхідно зауважити, що, крім перезволоження, травень 2020

року був ще й холодним. Середньомісячна температура цього місяця становила лише 10,9 С, що менше від норми на 3,1 С. Надмірна кількість опадів у поєднанні з низькими температурами у травні і спричинила значний (до 2,38 т/га) спад урожайності соняшнику 2020 року порівняно з 2019 та 2021 роками.

Найбільш сприятливими для формування врожайності соняшнику були гідротермічні умови 2021 року. Урожайність була найвищою і залежно від гібрида змінювалась у межах 2,58–3,22 т/га.

Третього року досліджень сума опадів у першій половині вегетації була в межах норми, внаслідок чого відсутнє перезволоження ґрунту. Більша від норми кількість опадів у серпні (144 мм) та вересні (108 мм) не мала негативного впливу на формування врожаю соняшнику. Сума температур теж відповідала середнім багаторічним показникам, і, що важливо, в липні вона була найвищою за три роки досліджень.

Аналіз даних з урожайності показує, що у середньому за три роки більшість гібридів соняшнику з різних груп стиглості (Н4Х302Е – ранньостиглий, Х4219 – середньоранній, Н4Н470 – середньоранній, НХК12М010 – середньостиглий) формувала майже однакову врожайність на рівні 2,40–2,45 т/га, тобто різниця між ними була в межах помилки досліджень. Отже, урожайність не залежала від групи стиглості. Гібрид Н4LM409-середньоранній мав дещо вищу врожайність – 2,50 т/га. Найбільшу врожайність (2,91 т/га) формував гібрид Камаро 2, який належить до середньоранньостиглої групи, що вище порівняно з найменш урожайним гібридом Н4Х302Е на 0,51 т/га (21,25 %).

Висновки. За елементами структури урожайності гібриди соняшнику (Н4Х302Е, Х4219, Н4Н470, НХК12М010) мало різнилися між собою. Висота рослин становила 175–178 см, діаметр кошика 16,0–16,3 см, маса 1000 насінин – 44,1–44,7 г, кількість насінин у кошику – 1769–1780 шт. У гібрида Н4LM409 діаметр кошика зріс до 17,0 см, маса 1000 насінин – до 45,7 г, кількість насінин у кошику – до 1791 шт. Значно вищі показники елементів структури спостерігали у гібрида Камаро 2, висота рослин у якого зроста до 183 см, діаметр кошика – до 18 см, маса 1000 насінин – до 46,2 г, кількість насінин у кошику – до 1800 шт.

Найсприятливіші гідротермічні умови для формування врожайності гібридів соняшнику були 2021 року. У 2019 році урожайність зменшилась унаслідок перезволоження у травні. Найменша врожайність 2020 року спричинена надмірним зволоженням ґрунту впродовж травня-червня.

Гібрид соняшнику Камаро 2 формував найвищу врожайність насіння на рівні 2,91 т/га, що на 0,41–0,51 т/га вище порівняно з іншими гібридами. Групи стиглості не впливали на рівень урожайності.

Перспективою подальших досліджень є удосконалення елементів технології вирощування соняшника для збільшення маси 1000 насінин.

Бібліографічний список

1. Борисенко В. В. Продуктивність різностиглих гібридів соняшника залежно від густоти посіву та ширини міжрядь у Лісостепу Правобережному: дис. ... канд. с.-г. н.: 06.01.09. Умань, 2016. 152 с.
2. Гамаюнова В. В., Кудріна В. С. Формування надземної маси і врожайності соняшнику під впливом окремих елементів технології вирощування. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 1. С. 50–57.
3. Єременко О. А., Калитка В. В. Урожайність соняшнику залежно від агрометеорологічних умов Запорізької області. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2017. № 24. С. 156–165.
4. Кохан А. В. Агротехнологічні основи підвищення продуктивності соняшнику в умовах недостатнього та нестійкого зволоження: дис. ... д-ра с.-г. н.: 06.01.09. Херсон, 2021. 397 с.
5. Кохан А. В., Тоцький В. М., Лень О. І., Самойленко О. А. Урожайність соняшнику залежно від погодних умов та гібридного складу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. № 28. С. 164–172.
6. Кудріна В. С. Формування продуктивності соняшнику залежно від елементів технології вирощування в умовах південного Степу України: дис. к. с.-г. н.: 06.01.09. Миколаїв, 2021. 175 с.
7. Маркова Н. В. Агроекологічні аспекти вирощування гібридів соняшнику в умовах південного степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. Вип. 1 (77). С. 133–139.
8. Нестерчук В. В. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин та мікродобрив в умовах півдня України: автореф. дис. ... к. с.-г. н.: 06.01.09. Херсон, 2017. 23 с.
9. Паламарчук В. Д., Підлубний В. Ф. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від елементів технології вирощування. *Сільське господарство і лісівництво*. 2021. № 3 (22). С. 29–44.
10. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ., доповн. Львів: НВФ «Українські технології», 2021. 808 с.
11. Покопцева Л. А., Єременко О. А. Застосування методу багатокритеріальної оптимізації для вибору гібрида соняшнику за умов вирощування у зоні степу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2017. Вип. 9.
12. Ткаліч І. Д., Гирка А. Д., Бочевар О. В. Продуктивність гібридів соняшнику в різні за зволоженням роки. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 5. С. 31–39.

Стаття надійшла 31.03.2022

YIELD OF WINTER BARLEY DEPENDING ON MINERAL NUTRITION

I. Dudar, Candidate of Agricultural Sciences (PhD)

ORCID ID: 0000-0002-4467-9946

O. Lytvyn, Candidate of Agricultural Sciences (PhD)

ORCID ID: 0000-0003-3966-9222

S. Pavkovich, Candidate of Agricultural Sciences (PhD)

ORCID ID: 0000-0002-0844-3071

H. Korpita, Candidate of Agricultural Sciences (PhD)

ORCID ID: 0000-0002-0908-0129

Lviv National Environmental University

O. Kozliuk, manager

ORCID ID: 0000-0003-4352-3664

TOV «Ahrokhimpartner»

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.072>

Dudar I., Lytvyn O., Pavkovich S., Korpita H., Kozliuk O. Yield of winter barley depending on mineral nutrition

The article presents the results of studies of the influence of mineral fertilizers on the yield of winter barley in the Western Forest-Steppe.

It has been found that grain yield depends on providing plants with mineral nutrients throughout the growing season. The results of scientific research on the influence of mineral nutrition on seed germination, plant survival during the growing season, grain yield and structure of winter barley cultivated on gray podzolic soils in the Western Forest-Steppe are described. The authors of the research studied different doses of mineral fertilizers: 1) without fertilizers (control); 2) $N_{30}P_{30}K_{30}$; 3) $N_{60}P_{60}K_{60}$; 4) $N_{90}P_{90}K_{90}$.

A decrease in field germination by 1.1–2.3 %, with an increase in the level of mineral nutrition was determined.

The positive effect of mineral fertilization on the survival of winter barley has been proved. The lowest level of plant survival was in the areas without fertilizers, and the highest - under application of mineral fertilizers in the norm $N_{90}P_{90}K_{90}$.

The positive effect of fertilization on the number of productive stems, the weight of grain from the ear and the number of grains in the ear was demonstrated. A positive correlation was established between fertilizer and the number of grains in the ear ($r = 0.96$) and fertilizer and grain weight from the ear ($r = 0.77$). It was found that the studied rates of fertilizers were effective for the nutritional regime of winter barley agroecosystem in the Western Forest-Steppe. The optimal dose of fertilizers which ensures maximum grain yield was determined. Application of phosphorus and potassium fertilizers ($P_{90}K_{90}$) for plowing and nitrogen ($N_{30+30+30}$) in three steps: during the restoration of spring vegetation, in the phase of tube emergence and earing provided a significant increase in yield as compared to control (without fertilizers) and options $N_{30}P_{30}K_{30}$ and $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Key words: winter barley, doses of mineral fertilizers, field germination of seeds, plant survival, yield.

Дудар І., Литвин О., Павкович С., Корпіта Г., Козлюк О. Урожайність ячменю озимого залежно від мінерального живлення

Відображено результати досліджень впливу мінерального удобрення на врожайність ячменю озимого в умовах Лісостепу Західного.

Досліджено публікації щодо впливу мінерального удобрення на продуктивність ячменю озимого. З'ясовано, що врожайність зерна залежить від забезпечення рослин елементами мінерального живлення упродовж усієї вегетації. Описано результати наукових досліджень щодо впливу рівня мінерального живлення на польову схожість насіння, виживання рослин за період вегетації, урожайність зерна ячменю озимого та його структуру на сірих опідзолених ґрунтах в умовах Лісостепу Західного. Вивчено норми мінеральних добрив, а саме: 1) без добрив (контроль); 2) $N_{30}P_{30}K_{30}$; 3) $N_{60}P_{60}K_{60}$; 4) $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Виявлено зниження польової схожості на 1,1–2,3 %, із підвищенням рівня мінерального живлення.

Доведено позитивний вплив мінеральних добрив на виживання ячменю озимого. Найнижчий рівень виживання рослин був на ділянках без удобрення, а найвищий – за внесення мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Виявлено вплив удобрення на кількість продуктивних стебел, масу зерна з колоса та кількість зерен у колосі. Встановлено позитивний кореляційний зв'язок між удобренням та кількістю зерен у колосі ($r = 0,96$) і удобренням та масою зерна з колоса ($r = 0,77$). З'ясовано, що досліджувані норми добрив ефективні для поживного режиму

агроценозу ячменю озимого в умовах Лісостепу Західного. Визначено оптимальну норму добрив, що забезпечує максимальну врожайність зерна. Внесення фосфорно-калійних добрив ($P_{90}K_{90}$) під оранку та азотних ($N_{30+30+30}$) у три прийоми: під час відновлення весняної вегетації, у фазі виходу в трубку та колосіння забезпечило істотний приріст урожаю порівняно з варіантами без добрив та варіантами $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Ключові слова: ячмінь озимий, норми мінеральних добрив, польова схожість насіння, виживання рослин, урожайність.

Problem setting. Barley is the main grain crop in Ukraine. Its yield depends on the intensification of cultivation technology. Mineral nutrition is one of the main factors regulating the growth and development of plants [11].

To form highly productive agrocenoses, it is important to provide spring barley with available mineral nutrients, including nitrogen, phosphorus and potassium. They are needed by plants in a shorter time as compared to other cereals due to the high rate of growth and development of barley.

The optimal balance of nutrients is ensured by applying mineral fertilizers to the soil. Their efficiency is achieved under the condition of rational use taking into account the specific conditions of the economy.

Modern approaches to the peculiarities of mineral nutrition are due to the biological characteristics of spring barley. Timely and correct application of fertilizers creates optimal conditions for winter barley plants and needs to be clarified in specific soil and climatic conditions.

Analysis of recent research and publications. Intensification of the technologies for growing cereals sets increased demands to optimization of soil factors that significantly affect the growth and development of plants [4].

An important factor in increasing the yield of winter barley is to provide plants with a set of essential nutrients during the growing season. To form 1 ton of grain, winter barley consumes 20–30 kg of nitrogen, 5–15 kg of phosphorus and 20–30 kg of potassium [8].

Recently, the attention of many domestic and foreign scientists has been drawn to the fertilization of winter barley as a means of increasing the productivity of agrocenosis [2; 9; 10; 12–14; 17; 18].

Scientists recommend applying phosphorus and potassium fertilizers once, under the main tillage, nitrogen – in stages [3]. The first feeding is carried out on frozen thawed soil, the second – in the spring tillering phase – the beginning of the tube and the third – in the earing phase – grain filling. [8; 17].

It is important when choosing the timing of fertilizers to take into account the dynamics of formation of the yield components [16].

The works of scientists revealed the patterns of formation of the structure of the winter barley crop from the use of mineral fertilizers [2], nitrogen nutrition [10] and meteorological conditions [13].

The research data indicate both the positive effect of increased rates of mineral fertilizers ($N_{120}P_{120}K_{120}$) on the productivity of winter barley [1] and negative. Yield losses due to crop thickening and lodging of plants from N_{120} application can be significant [6; 18].

There is no consensus among experts on the rate of application of mineral fertilizers in the cultivation of winter barley, as it varies depending on soil and climatic conditions, the availability of nutrients in the soil and other factors.

Therefore, finding ways to optimize the nutrient regime of barley agrocenosis in a particular farm is of paramount importance.

Setting objectives. The aim of our research was to study the dependence of field seed germination, plant survival, winter barley grain yield on mineral nutrition.

Presenting main material. The research was conducted in 2019–2021.

The soil is gray podzolic. Humus content – 2.2 %. The reaction medium is close to neutral (pH – 6). The soil is relatively well provided with mobile forms of nitrogen, phosphorus and potassium.

The scheme of the experiment included: 1) without fertilizers (control); 2) $N_{30}P_{30}K_{30}$; 3) $N_{30+30}P_{60}K_{60}$; 4) $N_{30+30+30}P_{90}K_{90}$.

Phosphorus-potassium fertilizers were applied in the form of superphosphate (19 %) and potassium chloride (60 %) under the main tillage. Fertilization with nitrogen fertilizers (ammonium nitrate (34 %) was carried out in portions: N_{30} – during the restoration of spring vegetation (BBCH-25); N_{30+30} – during the restoration of spring vegetation and in the phase of entering the tube (BBCH 31); $N_{30+30+30}$ – during the restoration of spring vegetation, in the phase of tube emergence and earing (BBCH 51).

The forecrop of winter barley was winter rape.

The experiments examined the winter barley variety Vintmalt (originator KWS, in the register since 2009). Variety – two-row (N. s. Distichum L.).

Yield data and laboratory results were processed by the analysis of variance. The experiment

was established and conducted according to the method of B.A. Dospekhov [4]. Yield data and results of laboratory tests were processed by the method of analysis of variance of a one-factor experiment using the program «Statistica».

The estimated area of the plot was 100 m². Repetition of the experiment – three times. Variants of the experiment were placed systematically, in one tier.

The technology of growing winter barley on the experimental site, except for the issue studied in the experiment, is generally accepted for the zone of the Western Forest-Steppe of Ukraine.

An important task of winter barley cultivation technology is to ensure high field germination of seeds and survival of plants during the growing season. The future harvest of spring barley largely depends on these indicators.

It is known that the use of intensive cultivation technologies is possible only with field germination of at least 80 % [7]. The effect of mineral fertilizers on the field germination of winter barley has not been studied enough. Today, there is disagreement about the effect of fertilizers on seed germination. In some cases, scientists argue that mineral fertilizers reduce field germination [12], in others – no such pattern was found [15]. Field germination of seeds, its completeness and timeliness, the formation of optimal plant density depend on a number of soil, climatic and technological factors.

We found that mineral fertilizers affected the field germination of winter barley seeds (Fig. 1). High rates were recorded in all variants of the experiment (90.8–93.1 %) field germination and survival (83.1–87.7 %) of plants depending on fertilizer.

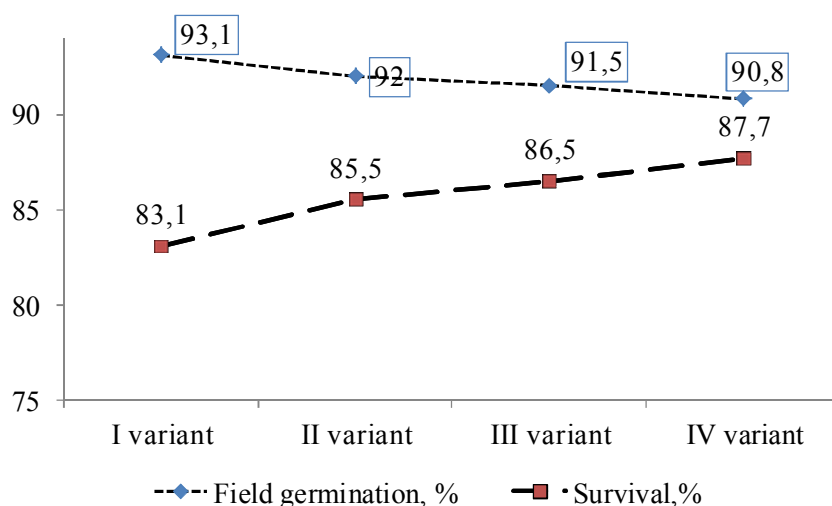


Fig. 1. Field germination and survival of plants depending on fertilizer (average 2020–2021)

There was a decrease in field germination by 1.1–2.3 %, depending on the level of mineral nutrition. Thus, for the application of complete mineral fertilizer N₃₀P₃₀K₃₀ and a single application of nitrogen field germination was 92.0 %. With the increase of fertilizer rates to N₃₀₊₃₀P₆₀K₆₀, it decreased by 0.5 % (91.5 %). The lowest rate of field germination (90.8 %) was recorded for N₃₀₊₃₀₊₃₀P₉₀K₉₀. It is obvious that the increase in the concentration of chemical elements in the soil somewhat inhibits the growth and development of young seedlings of winter barley plants.

The overall survival of plants is extremely important in the formation of productivity. It depends on overwintering and plant death in spring and summer. In contrast to field germination, survival depended more on fertilizer.

Application of mineral fertilizers contributed to better survival of plants on the variant N₃₀₊₃₀₊₃₀P₉₀K₉₀ (87.7 %). High rates were for N₃₀P₃₀K₃₀ (85.5 %) and N₃₀₊₃₀P₆₀K₆₀ (86.5 %). The lowest survival rate was in unfertilized areas of the experiment (control) (83.1 %).

The level of winter barley yield is determined by the main parameters of its structure: the number of productive stems and the weight of grain from the ear. These indicators, depending on the variety and growing conditions, vary significantly.

The results of our research indicate that the increase in the rate of mineral fertilizers had a positive effect on the formation of productive stems (Fig. 2).

With mineral fertilizer, a larger number of productive stems was formed in the variant, N₃₀₊₃₀₊₃₀P₉₀K₉₀ – 619 pieces/m². In the variants

$N_{30}P_{30}K_{30}$ and $N_{30+30}P_{60}K_{60}$ there were less productive stems by 107 and 38 pieces/m², respectively. However, the least (480 pcs/m²) productive stems was on the control unfertilized variant.

The use of mineral fertilizers had a positive effect on formation of the number of grains in the ear.

Application of mineral fertilizers $N_{30}P_{30}K_{30}$ and $N_{30+30}P_{60}K_{60}$ ensured the growth of grains in the ear by 2.8–3.7 units as compared to the control. The highest indicators of the number of grains in the ear, on average for 2020–2021, were obtained in the variant $N_{30+30+30}P_{90}K_{90}$ (25.2 pcs.).

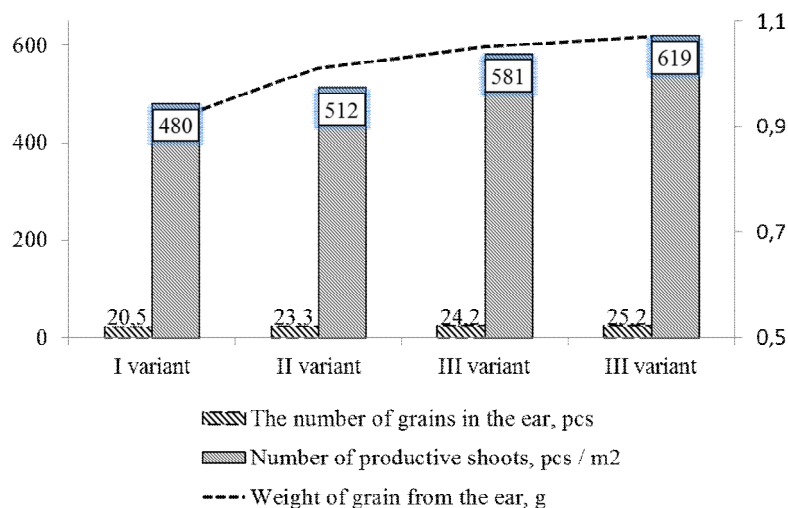


Fig. 2. Elements of the structure of barley harvest depending on the level of mineral fertilizers (avgage 2020–2021)

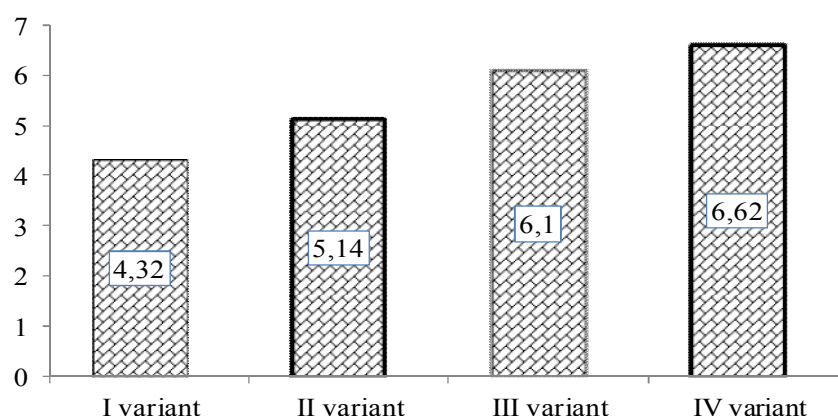


Fig. 3. Biological yield of winter barley depending on the level of mineral nutrition, t/ha (average 2020–2021)

Elements of the structure of winter barley yield depend on the level of mineral fertilizers. The number of grains in the ear is in strong positive relationship ($r = 0.96$) with doses of mineral fertilizers.

The analysis of our results showed that the mass of grain from the ear increased with increasing rates of mineral fertilizers. Against the background of $N_{30}P_{30}K_{30}$ it was 1.01 g, and with the introduction of $N_{30+30}P_{60}K_{60}$ and $N_{30+30+30}P_{90}K_{90}$, respectively, increased to 1.05 g and 1.07 g. A positive correlation was found between fertilizer and grain weight from the ear ($r = 0.77$).

The increase in mineral fertilizer doses from 30 to 90 kg/ha leads to the increase of the grain yield of winter barley (Fig. 3). Thus, on the variant of $N_{30}P_{30}K_{30}$ the yield was 5.14 t/ha. Increasing the dose of fertilizers to $N_{30+30}P_{60}K_{60}$ kg/ha provided additional 1.78 and 0.96 t/ha of grain as compared to the control (without fertilizers) and the application of $N_{30}P_{30}K_{30}$.

The highest level of yield was obtained on the $N_{30+30+30}P_{90}K_{90}$ and was 6.62 t/ha.

Statistical processing of the research data by the analysis of variance showed a significant difference between the options (LSD – 0.27 t/ha).

Thus, the yield of winter barley depends on the provision of nutrients to plants. As the fertilizer rate increased from $N_{30}P_{30}K_{30}$ to $N_{90}P_{90}K_{90}$, the number of productive shoots, the number of grains per ear and the weight of grain per ear increased.

Conclusions. The studied doses of fertilizers are the effective factor in increasing the survival of plants, improving the structure of the yield of barley. On gray podzolic soils, the highest grain yield (6.62 t/ha) was provided by the application of $P_{90}K_{90}$ for plowing and $N_{30+30+30}$ – during the restoration of spring vegetation, in the phase of tube emergence and earing.

References

1. Bomba M., Dudar I., Lytvyn O., Tuchapskyi O., Potoplyak O. Yield structure of spring barley varieties depending on the norm of mineral fertilizer. *Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agronomy*. 2019. No 23. P. 93–96.
2. Cherenkov A. V., Bondarenko A. S., Benda R. V. Winter hardiness of winter barley plants depending on the timing of sowing in the northern part of the steppe. *Agronomist*. 2011. No 3. P. 82–84.
3. Cooper H. D., Clarkson D. T. Cycling of amino-nitrogen and other nutrients between shoots and root in cereals. A possible mechanism integrating shoot and root in the regulation of nutrient uptake. *Journal experiences botany*. 1989. No 40. P. 753–762.
4. Dospikhov B. A. Methods of field experience. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
5. Horash O. S., Klymyshena R. I. Productivity of winter barley depending on fertilizer and seeding rates. *Bulletin of Agricultural Science*. 2012. No 10. P. 76–77.
6. Horash O. S., Klymyshena R. I. Realization of productivity potential of elements of winter barley yield structure. *Bulletin of Agricultural Science*. 2015. No 7. P. 27–30.
7. Hyrka A. D. Agrobiological bases of formation of productivity of winter and spring grain crops in the northern steppe: dis. Dr. of Agriculnural Science: 06.01.09. Dnipropetrovsk, 2015. 352 p.
8. Kasper W. Zur Reaktion der Sortenwertprüfungen. Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch. 2008. No 9. P. 40–41.
9. Klymyshena R. I. Field germination and survival of winter malting barley plants depending on the applied mineral fertilizers and seed sowing rate. *Collection of scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets*. 2012. No 14. P. 71–73.
10. Laman N. A., Yanushkevich B. N., Khmurets K. I. Productivity potential of cereals: Technological aspects of implementation. Minsk: Science and technology. 1987. 224 p.
11. Lykhochvor V. V., Petrychenko V. F., Ivashchuk P. V., Korniiichuk O. V. Plant growing. Technologies for growing crops. / for ed. V. V. Lykhochvora, V. F. Petrychenko. 3rd ed., Corrected., Ext. Lviv: SPF «Ukrainian Technologies», 2010. 1088 p.
12. Mahler R. L., Guy S. O. Northern Idaho fertilizer guide: Spring barley.. Cooperative Extension Service, Agricultural Experiment Station, College of Agriculture. University of Idaho, 2006. P. 1–4.
13. Matkovska M. V. Yields of winter barley varieties depending on morphoregulators, norms of mineral fertilizers and fungicides in the conditions of the Western Forest-Steppe: dis. Cand. of Agriculnural Science: 06.01.09. Vinnytsia, 2020. 222 p.
14. Shpaar D. Cereals: cultivation, harvesting, storage and use. Kyiv: Zerno Publishing House, 2012. 704 p.
15. Tkalich I. D., Sidorenko Yu. Ya., Bochevar O. V., Ilenko O. V., Kulyk I. O., Mamedova E. I. Productivity of winter barley – two-handed for autumn and spring sowing, depending on seed treatment and nutritional background. *Bulletin of the Institute of Grain Crops of NAAS of Ukraine*. 2016. No 11. P. 31–35.
16. Tuchapskyi O. R. Formation of a crop and quality of grain of winter barley depending on terms of sowing, norms of sowing and fertilizer in the conditions of the Western Forest-steppe of Ukraine: author's ref. Cand. of Agriculnural Science. Kherson, 2002. 15 p.
17. Varietal technology for growing winter barley in arid conditions of southern Ukraine: Scientific and practical recommendations / [R. A. Voznehova, S. O. Zaiets., L. I. Onufran and others]. Kherson: Green DS, 2015. 32 p.
18. Zaiets S. O., Onufran L. I. Productivity of winter barley varieties on irrigated lands depending on the predecessor and the background of nitrogen nutrition. *Irrigation agriculture*. 2016. Vol. 66. P. 31–34.

Стаття надійшла 27.04.2022

УДК 582.661.21:631.559

ПРОДУКТИВНІСТЬ АМАРАНТУ ЗЕРНОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ ТА РІВНІВ УДОБРЕННЯ

М. Тирус, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-9882-9540

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.077>

Тирус М. Продуктивність амаранту зернового залежно від сорту та рівнів удобрення

Забезпечення населення продовольчими продуктами сьогодні має надважливе стратегічне значення. Вирішення браку білка можливе за рахунок ефективного використання рослинних ресурсів. Серед таких культур є амарант, зерно якого містить до 20 % білка та до 16 % олії. Унікальністю та цінністю амарантової олії є сквален, вміст якого близько 8 %. Для розширення посівних площ амаранту в Західному регіоні України необхідно дослідити та встановити найбільш урожайні сорти для вирощування в умовах достатнього зволоження Лісостепу Західного за доцільного рівня удобрення.

За результатами досліджень на врожайність зерна сортів амаранту впливали гідротермічні умови років досліджень. Унаслідок надмірної кількості опадів у поєднанні з низькими температурами у першій половині вегетації, 2020 року, отримали найнижчу врожайність, від 8,2 ц/га до 36,7 ц/га залежно від рівня удобрення та досліджуваного сорту. Встановлено, що застосування мінеральних добрив забезпечувало приріст урожайності. У середньому за роки досліджень у контрольному варіанті врожайність у сорту Ультра становила 8,7 ц/га, тоді як за внесення мінеральних добрив у нормі $N_{120}P_{80}K_{120}$ врожайність зерна зросла на 11 ц/га. Залежно від рівня удобрення рівень урожаю в сорту Студентський був вищим на 3,4–4,8 ц/га відносно стандарту. Найкращі показники врожайності забезпечив сорт Харківський 1: у контрольному варіанті – 23,1 ц/га, за норми $N_{120}P_{80}K_{120}$ – 40,4 ц/га, або на 165,5 % та 105,1 % більше за стандарт.

В умовах достатнього зволоження Лісостепу західного на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті найвищу врожайність зерна серед досліджуваних сортів амаранту отримано в сорту Харківський 1: у контрольному варіанті – 23,1 ц/га та за норми добрив $N_{120}P_{80}K_{120}$ – 40,4 ц/га, що на 165,5 та 105,1 % більше за сорт Ультра (стандарт).

Ключові слова: амарант, сорт, рівень удобрення, врожайність.

Tyrus M. Productivity of Amaranth grain depending on the variety and levels of fertilizer

Providing the population with food is of paramount strategic importance today. Solution of the problem of protein deficiency is possible through the efficient use of plant resources. Such crops include amaranth, the grain of which contains up to 20 % protein and up to 16 % oil. The uniqueness and value of amaranth oil is squalene, the content of which is about 8 %. To expand the cropping areas of amaranth in the western region of Ukraine, it is necessary to study and establish the most productive varieties for growing in conditions of sufficient moisture in the Western Forest-Steppe under the appropriate level of fertilizer.

According to research results, the grain yield of amaranth varieties was influenced by hydrothermal conditions of years of the research. Due to excessive rainfall combined with low temperatures in the first half of the growing season in 2020, the lowest yield was obtained, from 8.2 c/ha to 36.7 c/ha, depending on the level of fertilizer and the studied variety. It was found that the use of mineral fertilizers provided an increase in yield. On average, over the years of the research on the control variant, the yield in Ultra variety was 8.7 c/ha, while the application of mineral fertilizers at the rate of $N_{120}P_{80}K_{120}$ increased the grain yield by 11 c/ha. Depending on the level of fertilizer, the level of yield in Studentskyi variety was by 3.4–4.8 c/ha higher than the standard. The best yield indicators were provided by Kharkiv 1 variety: in the control variant – 23.1 c/ha, according to the norms $N_{120}P_{80}K_{120}$ – 40.4 c/ha, or 165.5 % and 105.1 % more than the standard.

In conditions of sufficient moisture of the Western Forest-Steppe on dark gray podzolic light loam soil, the highest grain yield among the studied varieties of amaranth was provided by Kharkiv 1 variety: in the control variant – 23.1 c/ha and for fertilizers $N_{120}P_{80}K_{120}$ – 40.4 c/ha, which 165.5 and 105.1 % more than the Ultra variety (standard).

Key words: amaranth, variety, levels of fertilizer, yield.

Постановка проблеми. Забезпечення населення продовольчими продуктами сьогодні має надважливе стратегічне значення. Вирішення браку білка можливе за рахунок ефективного вико-

ристання рослинних ресурсів. Серед таких культур є амарант, зерно якого містить до 20 % білка та до 16 % олії. Унікальність та цінність амарантової олії становить сквален, вміст якого близько 8 %.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

За різними даними, врожайність зерна амаранту коливається від 1,5 до 6 т/га [1; 3; 6]. Завдяки розгалуженій кореневій системі амарант може забезпечувати себе елементами живлення на родючих ґрунтах. Для формування врожаю на рівні 10 т/га сухої речовини він виносить $N_{150-175}P_{90-100}K_{450-550}Ca_{210-250}Mg_{80-100}$ [4; 7]. У літературі трапляються різні думки щодо застосування норм мінеральних добрив. Так, у дослідженнях, проведених у зоні Полісся та лівобережного Лісостепу України, встановлено доцільність застосування норми мінеральних добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ [1; 5; 8].

На формування насінневої продуктивності амаранту найбільше впливали азотні та фосфорні добрива. Застосування їх у нормі $N_{90}P_{90}$ на фоні K_{30} забезпечило найвищу врожайність зерна – 1,47 т/га [3; 9].

У Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2021 р., занесено 17 сортів амаранту. Із них 8 зернового напрямку використання, 4 – силосного, 2 – для озеленення, 1 – лікувальний [2].

Харківський 1. (*A. hypochondriacus*). Середньостиглий, вегетаційний період – 110 днів. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2001 р. як лікарський. Рекомендований для вирощування у зоні Степу, Лісостепу та Полісся. Рослини висотою до 160 см. Стебло і листя зелені, волоть біла компактна довжиною до 60 см. Насіння біле, маса 1000 насінин – 0,65 г, вміст олії – до 8 % з високим вмістом сквалену – до 10 %. Урожайність насіння – до 60 ц/га [1; 2].

Студентський (*A. hypochondriacus*). Середньопізній, вегетаційний період – 100–125 днів. Занесений до Держреєстру сортів рослин України у 2009 р. Рослини висотою до 180 см. Стебло руде, листя зелене з рудими прожилками. Волоть довжиною до 40 см, руда, компактна. Насіння біле, маса 1000 насінин – 0,8 г. Стійкість до вилягання 9 балів, стійкість до осипання – 9 балів. Вміст олії становить 6–10 %, а вміст сквалену в олії 6–8 %. Вміст білка в насінні – 18,6 %. Урожайність насіння – до 30 ц/га [1; 2].

Ультра (*A. hybridus*). Ранньостиглий, вегетаційний період – 90–95 днів. Занесений до Держреєстру сортів рослин України у 1998 році. Рослини висотою до 125 см. Листя зелене, опушення відсутнє. Суцвіття – напівстисла компактна волоть, світло-зелена, при дозріванні жовтого забарвлення. Насіння світло-жовте. Сорт стійкий до осипання. Урожайність насіння – 14 ц/га. Вміст олії у насінні до 5 %. В олії міститься сквалену 11,25 %, токоферолів – 0,28 % [1; 2].

Постановка завдання. Амарант вирощують у південних та східних регіонах України.

Наше завдання – дослідити та встановити найбільш урожайні сорти для вирощування в умовах достатнього зволоження Лісостепу Західного за доцільного рівня удобрення.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводили впродовж 2019–2021 рр. на кафедрі технологій у рослинництві Львівського НУП. Ґрунт – темно-сірий опідзолений, вміст гумусу – 2,18 %, легкогідролізованого азоту (за Корнфільдом) – 108 мг/кг, рухомих форм фосфору (за Чириковим) – 127 мг/кг, рухомих форм калію (за Чириковим) – 111 мг/кг, рН сольової витяжки – 6,06. Польові дослідження у триразовій повторності. Попередник – озима пшениця.

Гідротермічні умови в роки досліджень загалом були сприятливими для вирощування зернового амаранту, проте дещо відрізнялися від середньобагаторічних даних. Зокрема середня температура за вегетаційний період у 2019–2020 роках була вищою на 1,3 С й 0,5 С, і становила 16,1 С та 15,3 С відповідно (рис. 1). Температурний режим 2021 року був наближеним до середньобагаторічних показників, середня температура становила 14,8 С. За кількістю опадів за вегетаційний період роки досліджень перевищували середньобагаторічний показник: у 2019 році на 53 мм, у 2020 році на 129 мм, та у 2021 році на 73 мм (рис. 2).

За результатами досліджень, на врожайність зерна сортів амаранту впливали гідротермічні умови років досліджень. Унаслідок надмірної кількості опадів у поєднанні з низькими температурами у першій половині вегетації 2020 року отримали найнижчу врожайність, від 8,2 ц/га до 36,7 ц/га залежно від рівня удобрення та досліджуваного сорту. Перезволоження ґрунту у травні 2019 року, на 92 мм вище від середньобагаторічного показника, також негативно позначилося на формуванні врожаю, рівень якого коливався від 8,8 ц/га до 41,1 ц/га залежно від досліджуваних чинників. Найсприятливіші гідротермічні умови були у 2021 році, що забезпечило найвищу врожайність за дослідом: від 9,1 ц/га до 43,5 ц/га.

Встановлено, що застосування мінеральних добрив забезпечувало приріст урожайності. У середньому за роки досліджень у контрольному варіанті врожайність у сорту Ультра становила 8,7 ц/га, тоді як за внесення мінеральних добрив у нормі $N_{120}P_{80}K_{120}$ врожайність зерна зросла на 11 ц/га (табл.). Залежно від рівня удобрення рівень урожаю у сорту Студентський був вищим на 3,4–4,8 ц/га відносно стандарту. Найкращі показники врожайності забезпечив сорт Харківський 1: у контрольному варіанті – 23,1 ц/га, за норми $N_{120}P_{80}K_{120}$ – 40,4 ц/га, або на 165,5 % та 105,1 % більше від стандарту.

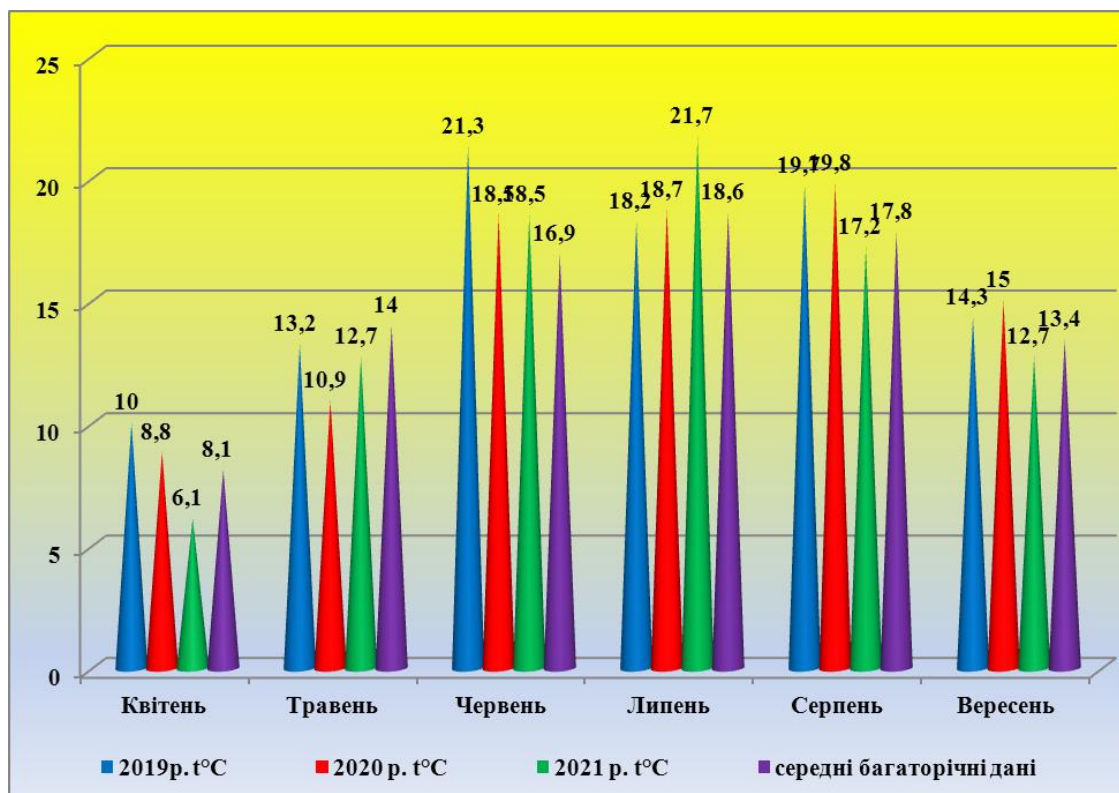


Рис. 1. Температурний режим у роки досліджень

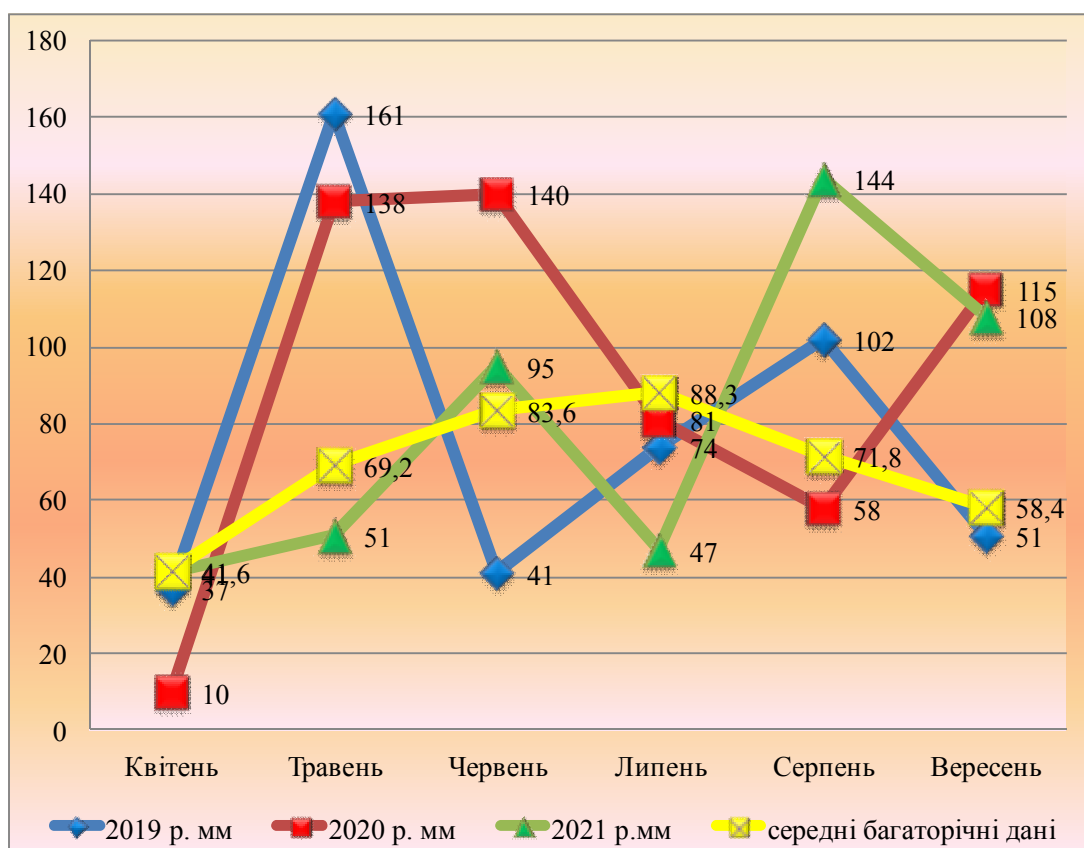


Рис. 2. Місячна кількість опадів у роки досліджень

Урожайність амаранту залежно від сорту та рівня удобрення, ц/га

Рівень удобрень	Сорт	2019 р.	2020 р.	2021 р.	Середнє	Приріст	
						т/га	%
контроль	Ультра (стандарт)	8,8	8,2	9,1	8,7	-	-
	Студентський	12,4	10,1	13,7	12,1	3,4	39,1
	Харківський 1	24,0	20,1	25,2	23,1	14,4	165,5
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₂₀	Ультра (стандарт)	20,8	13,7	24,6	19,7	-	-
	Студентський	25,1	22,3	26,1	24,5	4,8	24,4
	Харківський 1	41,1	36,7	43,5	40,4	20,7	105,1

НР₀₅ 2019р. А – 0,15 ц/га; 2020р. – А – 0,47 ц/га; 2021 р. – А – 0,57 ц/га
 В – 0,80 ц/га В – 0,57 ц/га В – 0,70 ц/га
 АВ – 1,13 ц/га АВ – 0,81 ц/га АВ – 0,99 ц/га

Висновки. В умовах достатнього зволоження Лісостепу Західного на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті найвищу врожайність зерна серед досліджуваних сортів амаранту отримано в сорту Харківський 1: у контрольному варіанті – 23,1 ц/га, та за норми добрив N₁₂₀P₈₀K₁₂₀ – 40,4 ц/га, що на 165,5 та 105,1 % більше за сорт Ультра (стандарт).

Бібліографічний список

1. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія / Гопцій Т. І. та ін. Харків, ХНАУ. 2018. 362 с.
2. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік. С. 339. URL: <https://minagro.gov.ua/storage/app/uploads/public/619/f7c/16b/619f7c16b87c8524959909.pdf> (дата звернення: 06.12.2021).
3. Красенков С. В., Дудка М. І., Черенкова Т. П. Вплив норм мінеральних добрив на насінневу продуктивність амаранту. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 103–106.
4. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових куль-

тур: підручник. 5-те вид., виправ., доповн. Львів: НВФ «Українські технології», 2021. 806 с. URL: <https://doi.org/10.31073/roslynnystvo5vydannya>. (дата звернення: 06.12.2021).

5. Рахметов Д., Рибалко Я. Амарант знову нагадує про себе. *Пропозиція*. 2005. № 1. С. 52–53.
6. Савчук О. І., Гуреля В. В., Кошицька Н. А., Блек А. Г. Ефективність вирощування амаранту в умовах зони Полісся. *Агропромислове виробництво Полісся*: зб. наук. праць. 2016. Вип. 9. С. 36–39. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/avpol_2016_9_9. (дата звернення: 06.12.2021).
7. Pulvento C., Lavini A., Riccardi M., D'Andria R., Ragab R. Assessing amaranth adaptability in a Mediterranean area of South Italy under different climatic scenarios. *Irr. And Drain*. 2015. No 64. P. 50–58.
8. Rotich A. N., Gweyi-Onyango J. P., Korir N. K. Diagonal offset arrangement and spacing architecture effect on growth and yield components of grain amaranth in Kenya. *Asian Res. J. Of Agric*. 2017. No 6 (1). P. 1–8.
9. Toader M., Ionescu A. M., Sonea C., Georgescu E. Research on the morphology, biology, productivity and yields quality of the *Amaranthus cruentus* L. in the southern part of Romania. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2020. P.1413–1425.

Стаття надійшла 27.04.2022

ВПЛИВ НОРМ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА ГУСТотУ, ТРИВАЛІСТЬ ВЕГЕТАЦІЇ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ГРЕЧКИ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

О. Дикий, аспірант

ORCID ID: 0000-0003-0042-4789

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.081>

Дикий О. Вплив норм мінеральних добрив на густоту, тривалість вегетації та продуктивність гречки в умовах Лісостепу Західного

Гречка – важлива круп'яна культура з високим вмістом білків, жирів, вуглеводів, заліза, кальцію, фосфору тощо. До її складу входить рутин, який відіграє важливу роль у фізіологічній діяльності людського організму. Важливе агротехнічне значення гречки як хорошого попередника для озимих та ярих зернових. Культура гречки як медоносною рослини сприяє розвитку бджільництва в Україні. Гречку можна вирощувати у пожнивних (повторних) посівах.

Здійснено короткий аналіз досліджень та публікацій, на підставі якого можна стверджувати про актуальність заданої проблематики не тільки в Україні, а й за кордоном.

Подано результати трирічних досліджень впливу норм мінеральних добрив на густоту, тривалість вегетації, елементи структури та врожайність гречки, які є частиною двофакторного дослідження, закладеного на дослідних полях кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування. Дослід передбачав такі норми добрив: $N_{20}P_{20}K_{20}$, $P_{20}K_{20} + N_{20}$ (підживлення), $N_{40}P_{40}K_{40}$, $P_{40}K_{40} + N_{40}$ (підживлення), $N_{60}P_{60}K_{60}$, $P_{60}K_{60} + N_{60}$ (підживлення).

Установлено, що найбільшу густоту рослин на час збирання – 236,6 шт./м² – та найдовший період вегетації – 104 доби – забезпечує варіант внесення добрив за норми $P_{60}K_{60} + N_{60}$ (підживлення). Внесення азотних добрив у передпосівну культивування спричиняє зниження показника польової схожості на 1–2 % залежно від норми внесення.

Застосування азоту в передпосівній культивуванні зумовлює зростання кількості гілок першого порядку (шт/рослину), кількості (шт) суцвіть та квіток.

Збільшення норм мінеральних добрив та внесення азоту у підживлення за фази цвітіння сприяє зростанню таких показників елементів структури як: кількість (шт.) та маса (г) повноцінних зерен, маса 1000 зерен (г). Найбільші значення цих показників – у варіанті $P_{60}K_{60} + N_{60}$ (підживлення), відповідно 41,23; 1,15; 28,00. Таке поєднання елементів структури врожаю забезпечило найвищий його рівень у середньому за три роки досліджень у розмірі 2,49 т/га.

Ключові слова: гречка, крупа, азот, фосфор, калій, варіант, врожайність, сорт Оранта, польова схожість.

Dykyi O. Impact of the norms of mineral fertilizers on the buckwheat density, duration of vegetation and productivity under conditions of the Western Forest-Steppe

Buckwheat is proved to be a vital granular crop with high content of protein, oil, carbohydrate, iron, calcium, phosphorus, etc. It contains rutin, which is important for physiological activity of human organism. Buckwheat is a good agro technical precursor for winter and spring grain crops. Buckwheat cultivation promotes development of beekeeping in Ukraine. Buckwheat can be grown in repeated crops.

The article presents a brief review of researches and scientific publications, which confirm importance and relevance of the mentioned problem both in Ukraine and abroad.

The research highlights findings of three years of examining mineral fertilizers influence on buckwheat density, duration of vegetation, elements of structure and fertility. The experiments belong to the 2-factors research on the experimental fields of the Department of Crop Growing Technologies with application of $P_{40}K_{40} + N_{40}$ (additional fertilizing), $P_{60}K_{60} + N_{60}$ (additional fertilizing), $P_{20}K_{20}N_{20}$ (additional fertilizing).

It was determined that the largest plant density at the time of harvesting (236.6 p/m²) under the longest vegetation period (104 days) was secured by the variant of fertilizers application at the norm $P_{60}K_{60} + N_{60}$ (additional fertilization).

Application of nitrogen in pre-sowing cultivation provokes increase of the number of branches of the first order (pieces per plant), a number (p) of racemes and flowers.

Application of higher norms of mineral fertilizers and nitrogen in additional fertilization during the period of blooming causes increase of such elements of structure as the number (p) and mass (r) of grains of full value. The largest values of these indices were fixed in the variant $P_{60}K_{60} + N_{60}$ (additional fertilization) – 41.23; 1.15; 28.00 respectively. Such

combination of the structure elements provided the highest level of harvest. For the three years of the research, that average yield was 2.49 t/ha.

Key words: buckwheat, grain, nitrogen, phosphorus, potassium., variant, fertility, Oranta variety, field germination.

Постановка проблеми. Гречка – важлива продовольча культура, її вирощують для отримання смачної, високопоживної крупи, яку рекомендують для дієтичного харчування. Основною проблемою у вирощуванні гречки є її низька врожайність (у 2021 р. середня врожайність в Україні становила 1,32 т/га). На перший погляд, найпростішим способом вирішення цієї проблеми є збільшення норм мінеральних добрив, однак такий підхід хибний, оскільки не враховує біологію культури, її схильність до інтенсивного росту вегетативної маси та вилягання. Нині серед науковців немає узгодженої думки щодо норм та способів внесення добрив, що у свою чергу створює певні проблеми для виробників гречки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для розробки системи удобрення гречки необхідно всебічно вивчити процеси поглинання перетворення й транспортування поживних речовин у ґрунті та в рослинах.

За даними Лихочвора В. В. та Петриченка В. Ф. [7] для формування 100 кг зерна і відповідної кількості вегетативної маси гречка використовує 3,0–3,4 кг азоту, 1,5–2,0 фосфору та 4,0–5,0 калію. Отже, для отримання високих рівнів урожаю використання мінеральних добрив у технології вирощування обов'язкове.

Цінний аналіз публікацій науковців, які проводили дослідження у зоні Лісостепу Західного. Зокрема Тимчишин О. Ф. [10] вивчала вплив мінерального та біологічного удобрення на продуктивність гречки. Авторка пропонує використовувати мінеральні добрива в нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ у комплексі з препаратами азотфіксувальної дії, що забезпечило зростання врожайності на 118 % (до 2,59 т/га) порівняно з контролем.

В умовах Лісостепу Західного систему удобрення гречки вивчав Пархуць Б. [8] – максимальний урожай отриманий у варіанті за норми $N_{60}P_{45}K_{45}$ – 1,87 т/га.

Удосконалюючи систему удобрення гречки, Грищенко Р., Шляхтурова С. [2], та Страхоліс І. і Кабанець В. [9] пропонують роздільний метод внесення азотних добрив, тобто частку загальної потреби азоту вносять у підживлення за фази бутонізації (VII етап органогенезу).

Дискусійність та актуальність питання щодо вдосконалення системи удобрення гречки відображені й у працях закордонних науковців [11–14].

Постановка завдання. Наше завдання – оптимізувати систему удобрення гречки в зоні Лісостепу Західного на дослідних полях кафедри технологій у рослинництві Львівського НУП, для чого було закладено двофакторний дослід відповідно до загальноприйнятих методик [2].

Ґрунт темно-сірий опідзолений легко суглинковий. В орному шарі ґрунту 0–20 см вміст гумусу за Тюрнімом становить 2,2–2,3 %, фосфору і калію за Чириковим, відповідно 116–134 мг/кг та 125–135 мг/кг ґрунту, рН сольової витяжки 5,8–6,0.

Польовий дослід передбачав вивчення двох факторів: фактор А (норма мінеральних добрив); фактор В (листяне підживлення).

Схема розміщення варіантів – методом розщеплених ділянок. Облікова площа ділянки – 50 м². Повторність триразова. Попередник – пшениця озима, після збору якої обприскували гліфосатом (5 л/га). Технологія вирощування у ділянках дослідів загальноприйнята для цієї зони. Висівали гречку сівалкою Клен шириною міжрядь 15 см та нормою висіву 3,5 млн схожих насінин/га сорту Оранта.

Оранта – сорт, виведений у ННЦ «Інститут землеробства» НААН та ТОВ НВМП «Антарія». У Державному Реєстрі з 2007 року, придатний для вирощування в зонах: Полісся, Лісостепу та Степу України. Середньоранній, вегетаційний період 76–80 дб. Висота рослин 100–105 см. Маса 1000 зерен 28–29,3 г. Вміст білка в ядрі – 15,7–16,1 %, плівчастість – 21,5–22,2 %, вихід крупи – 74,9–76,1 %. Сорт відносно стійкий до вилягання, осипання та посухи. Хворобами не уражується.

Фосфорно-калійні добрива вносили восени, азотні – під передпосівну культивуацію та за фази початку цвітіння згідно зі схемою дослідів.

За методикою Купермана Ф. М. [6] позначали фенологічні фази: гілкування, бутонізація, цвітіння, плодоутворення, дозрівання. Початком фази вважали день, коли до неї входять 15 % рослин, а настання повної – 75 %. У кожному варіанті визначали густоту стояння рослин після появи сходів і перед збиранням урожаю. При цьому влаштовували стаціонарні майданчики розміром 1 м², за методикою Єщенко В. О. [4].

Під час аналізу снопового матеріалу визначали: кількість гілок першого порядку (шт.); кількість суцвіть та квіток (шт.); кількість зерен (шт.), зокрема виповнених та рудяку; масу

повноцінного насіння з однієї рослини (г); масу 1000 зерен (г).

Збирали роздільним способом. Математичну обробку результатів досліджень виконували за допомогою комп'ютерних програм Statistica 6.

Виклад основного матеріалу. Польова схожість насіння та врожайність взаємопов'язані. За даними Іжика М. К. [5] зниження польової схожості на 1% зменшують урожайність ярих культур на 1,5–2,0%. Внесення мінеральних добрив суттєво впливає на показник польової схожості рослин гречки (табл. 1). Мінімальною польова схожість – 73 та 74% – була у варіантах $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{40}P_{40}K_{40}$ відповідно. Тобто внесення добрив підвищує концентрацію ґрунтового розчину у 100–400 разів, що у свою чергу спричиняє плазмоліз корінців рослин [1]. Внесення фосфорно-калійних добрив, яке ми проводили восени, та підживлення азотними добривами за фази цвітіння не мали негативного впливу на польову схожість.

Упродовж свого онтогенезу рослини гречки піддаються негативному впливу як біотичних, так і абіотичних чинників, а здатність рослин протистояти цьому впливу – виживаність. Показано позитивний вплив застосування мінеральних добрив на показник виживаності рослин гречки, максимального значення (92,8%) він сягав у варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$. Для порівняння внесення азоту в підживлення на цьому ж фоні фосфорно-калійних добрив забезпечило виживаність у межах 90,1%, що на 2,7% менше.

Період вегетації гречки коливається в межах 50–120 діб і залежить від гідротермічних умов,

сорт, родючості ґрунту, технології вирощування загалом та норм добрив зокрема (табл. 2). Внесення мінеральних добрив не вплинуло на тривалість періоду сівба – повні сходи, середня тривалість якого за роки дослідження становила 12 діб. Внесення азоту під передпосівну культивування подовжило міжфазні періоди сходи-бутонізація та бутонізація-цвітіння на 1–2 доби залежно від норми азоту. Застосування азоту за фази цвітіння сприяло подовженню періодів цвітіння-плодоутворення, плодоутворення-побуріння та побуріння-збиральна стиглість на 1–2 доби порівняно з варіантами, де азот застосовували під час передпосівної культивування. Таких дві протилежних тенденції призвели до того, що внесення азоту в підживлення подовжує період вегетації на дві доби порівняно із застосуванням азоту під передпосівну культивування і досягає свого максимуму 104 доби у варіанті $P_{60}K_{60} + N_{60}$ (підживлення).

Результати наших досліджень показують позитивний вплив зростання норм внесення мінеральних добрив на показники елементів структури гречки (табл. 3). Внесення азоту в передпосівну культивування забезпечило формування максимальної кількості гілок першого порядку (шт./рослину), кількості (шт.) суцвіть та квіток відповідно $N_{20}P_{20}K_{20}$ – 1,51, 9,57, 891; $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 1,53, 10,41, 980; $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 1,56, 10,68, 1011. Використання азоту у підживлення за фази цвітіння на аналогічних фосфорно-калійних фонах зменшує зазначені показники в усіх варіантах.

Таблиця 1

Польова схожість, густина та виживання рослин гречки залежно від мінерального удобрення (у середньому за три роки)

Варіант удобрення	Густина рослин, шт./м ²		Польова схожість, %	Вживання рослин, %
	сходи	кінець вегетації		
$N_{20}P_{20}K_{20}$	259	223,0	75	86,0
$P_{20}K_{20} + N_{20}$ (підживлення)	262	221,4	75	84,6
$N_{40}P_{40}K_{40}$	256	231,4	74	90,5
$P_{40}K_{40} + N_{40}$ (підживлення)	263	230,5	75	87,8
$N_{60}P_{60}K_{60}$	254	235,8	73	92,8
$P_{60}K_{60} + N_{60}$ (підживлення)	263	236,6	75	90,1

Вплив внесення мінеральних добрив на тривалість міжфазних періодів рослин гречки (у середньому за три роки)

Варіант досліджу	Тривалість, діб						Період вегетації
	сівба-сходи	сходи-бутонізація	бутонізація-цвітіння	цвітіння-плодоутворення	плодоутворення-побуріння	побуріння-збиральна стиглість	
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	12	15	11	24	21	11	94
P ₂₀ K ₂₀ + N ₂₀ (підживлення)	12	14	10	26	22	12	96
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	12	16	12	25	21	12	98
P ₄₀ K ₄₀ + N ₄₀ (підживлення)	12	14	10	27	23	13	100
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	12	16	13	26	23	13	102
P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀ (підживлення)	12	14	11	28	25	14	104

Таблиця 3

Вплив внесення мінеральних добрив на елементи структури врожаю гречки (у середньому за три роки)

Варіант удобрення	К-сть гілок першого порядку, шт./роsl.	К-сть, шт./роsl.		К-сть зерна, шт./роsl.		Маса повноцінних зерен, г/роsl.	Маса 1000 зерен, г
		суцвіть	квіток	повноцінних	рудяку		
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	1,51	9,57	891	27,70	12,30	0,75	26,93
P ₂₀ K ₂₀ + N ₂₀ (підживлення)	1,44	8,81	833	30,83	13,13	0,83	27,03
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	1,53	10,41	980	35,43	11,13	0,97	27,37
P ₄₀ K ₄₀ + N ₄₀ (підживлення)	1,46	8,90	868	37,27	12,63	1,03	27,80
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,56	10,68	1011	39,23	9,93	1,08	27,67
P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀ (підживлення)	1,48	9,04	903	41,23	11,37	1,15	28,00

На кількість (шт.) та масу (г) повноцінних зерен позитивно впливали як зростання норм добрив від N₂₀P₂₀K₂₀ до N₆₀P₆₀K₆₀, так і внесення азоту за фази цвітіння у підживлення. Максимальні значення цих показників отримано у варіанті P₆₀K₆₀ + N₆₀ (підживлення) відповідно 41,23; 1,15; 28,00.

Дані трирічних досліджень (табл. 4) свідчать про те, що зростання норм мінеральних добрив від N₂₀P₂₀K₂₀ до N₆₀P₆₀K₆₀ та підживлення азотом рослин

гречки за фази цвітіння зумовлюють суттєве збільшення врожаю. Так, максимальний рівень урожаю (2,49 т/га) отриманий у варіанті P₆₀K₆₀ + N₆₀ (підживлення), що на 0,16 т/га більше порівняно з варіантом, де азот вносили у передпосівну культувацію на аналогічному фосфорно-калійному фоні, та на 0,97 т/га більше порівняно з варіантом N₂₀P₂₀K₂₀, де була зафіксована мінімальна врожайність (див. рис.). Такі закономірності математично доведені та фіксувались за всіма роками досліджень.

Вплив норм мінеральних добрив на урожай гречки

Варіант удобрення	Рік			Середнє за три роки
	2018	2020	2021	
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	1,63	1,29	1,63	1,52
P ₂₀ K ₂₀ + N ₂₀ (підживлення)	1,79	1,47	1,79	1,68
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	2,17	1,72	2,24	2,05
P ₄₀ K ₄₀ + N ₄₀ (підживлення)	2,29	1,86	2,36	2,17
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,47	1,98	2,53	2,33
P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀ (підживлення)	2,63	2,15	2,68	2,49
НІР _{0,05} т/га	0,06	0,15	0,07	

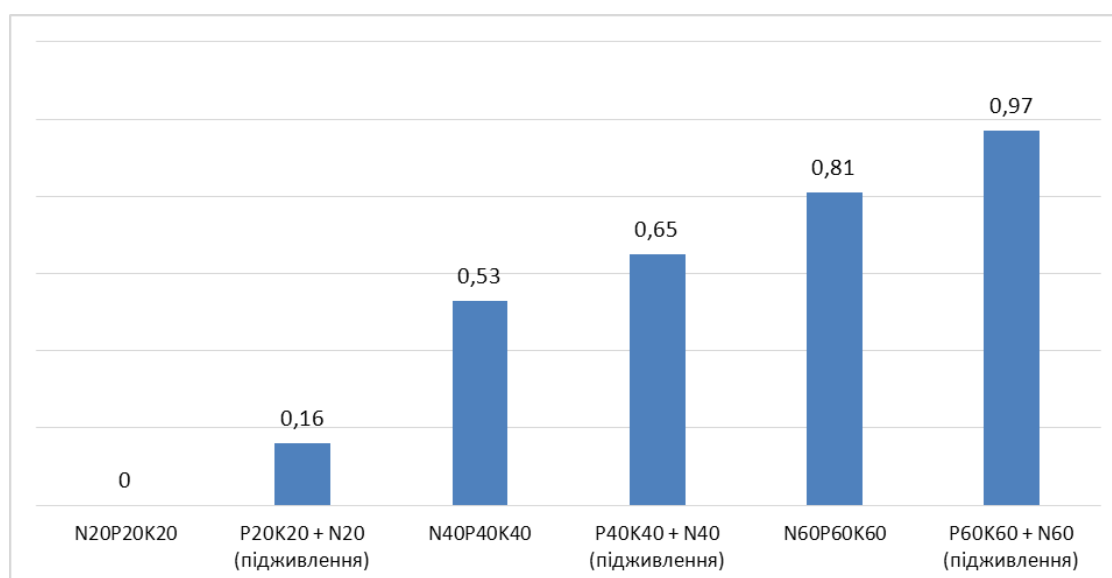


Рис. Приріст урожайності гречки залежно від норм добрив порівняно з варіантом N₂₀P₂₀K₂₀ (середнє за три роки)

Висновки. Найбільш оптимальні показники густоти рослин перед збиранням (236,6 шт./м²), тривалість періоду вегетації (104 доби), елементи структури врожаю, а саме: кількість (41,23 шт.) та масу (1,15 г) повноцінних зерен, масу 1000 зерен (28,00 г), забезпечив варіант P₆₀K₆₀ + N₆₀ (підживлення). Таке поєднання вказаних показників забезпечило найвищий показник урожаю в середньому за три роки досліджень – 2,49 т/га.

Бібліографічний список

1. Білоножка В. Я., Березовський А. П. Агробіологічні та екологічні основи виробництва гречки. Умань, 2010. 330 с.
2. Грищенко Р. Є., Шляхтурова С. П. Формування асиміляційного апарату і продуктивність посівів

гречки залежно від системи удобрення. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства УАН*. 2010. Вип. 1–2. С. 101–108.

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1965.
4. Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2014. 288 с.
5. Куперман Ф. М. Закономерности развития растений. *Наука и жизнь*. 1957. № 9. С. 15–20.
6. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології. Львів: Українські технології, 2006. 729 с.
7. Пархуць Б. І. Вплив рівня мінерального удобрення на продуктивність гречки в умовах Західного лісостепу України. *Вісник ЛНАУ: агрономія*. 2018. № 22 (2). С. 137–140.

8. Страхоліс І., Кабанець В. Отримати сталий урожай гречки. URL: <https://a7d.com.ua/analtika/tehnology/25480-otrimati-staliy-urozhay-grechki.html>. (дата звернення: 02.08.2021).

9. Тимчишин О. Ф., Лихочвор В. В. Вплив мінерального та бактеріального удобрення на динаміку наростання листової поверхні та врожайність гречки. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2009. Вип. 51. Ч. I. С. 148–152.

10. Podolska G. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i cechy struktury plonu gryki odmiany Kora. *Polish Journal of Agronomy*. 2011. No 6. P. 38–43 URL: https://www.iung.pl/PJA/wydane/6/PJA6_6 (Accessed: 04 Sierpień 2021).

11. Sobhani M. R. Influence of different sowing date and planting pattern and N rate on buckwheat yield and its quality. *Australian Journal of Crop Science*. No 8 (10): 1402–1414. URL: http://www.cropj.com/sobhani_8_10_2014_1402_1414. (Accessed: 04 August 2021).

12. Wang Yan Influence of foliar feeding of boric fertilizers on nutrients of rhizosphere soil, plant growth and yield of wine buckwheat. *Journal of Southern Agriculture*. 2018. Vol. 49. P. 253–257.

13. Wpływ nawożenia azotem oraz miedzią i manganem na plonowanie gryki. M. Liszewski et. al. *Fragm. Agron.* 2013. No 30 (4). P. 74–83. URL: [https://pta.up.poznan.pl/pdf/2013/FA%2030\(4\)%202013%20Liszewski](https://pta.up.poznan.pl/pdf/2013/FA%2030(4)%202013%20Liszewski) (Accessed: 04 Sierpień 2021).

Стаття надійшла 22.02.2022

UDC 635.25:631.86

**THE INFLUENCE OF THE BIOLOGICAL ACTIVATOR NUTRILIFE
ON THE YIELD AND QUALITY OF ONIONS****R. Rosa, PhD, D. Sc.**¹

ORCID ID: 0000-0001-6344-538X

J. Franczuk, PhD, D. Sc.¹

ORCID ID: 0000-0002-8440-850X

A. Zaniewicz-Bajkowska, PhD, D. Sc., Prof. Tit.¹

ORCID ID: 0000-0002-0317-8571

K. Remiszewski, M. Sc.¹

ORCID ID: 0000-0003-4294-3659

O. Dydiv, Cand. Sc.²

ORCID ID: 0000-0003-4155-5945

A. Andrejiová, PhD, Doc.³

ORCID: 0000-0001-5484-440X

¹ Siedlce University of Natural Sciences and Humanities, Poland² Lviv National Environmental University, Ukraine³ Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovak Republic<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.087>**Rosa R., Franczuk J., Zaniewicz-Bajkowska A., Remiszewski K., Dydiv O., Andrejiová A. The influence of the biological activator nutriline on the yield and quality of onions**

Belonging to the *Alliaceae* family, onion (*Allium cepa* L.) is one of the most important and popular vegetable and spice crops grown all over the world. Onions are demanding on soil fertility. It is especially demanding to the increased concentration of mineral salts in the soil. At the beginning of the growing season, onion plants must be supplied with nitrogen. A high yield of onions is obtained on light fertile sandy and loamy soils with a pH of 6-7. Correct provision of plants with macro- and microelements can have a beneficial effect on the growth and yield of turnip onions, which is extremely important on poor soils. At the time when environmental protection is becoming an important concern, new friendly methods of stimulating plant growth are being investigated, among others, by applying macroelements, microelements and various growth stimulants to the leaves. One of the new products is Nutriline, a biological activator. It is a combination of macro- and microelements (EDTA), humic and fulvic acids, enzymes and amino acids. The field experiment was carried out in east-central Poland, 85 km east of Warsaw, on Luvisol soil. The aim of the studies was to determine the effect of Nutriline applied to leaves during the BBCH 19 stage, with the simultaneous reduction of nitrogen or phosphorus soil doses by half, on the yield and the content of dry matter and sugars in onion. The Nutriline activator allowed half reducing mineral nitrogen or phosphorus doses, while the yield was the same as in the case of full NPK treatment. The effect of Nutriline on onion dry matter content was dependent on the weather conditions in the years of research and the applied mineral fertilizer treatment. There was no significant effect of the activator on the total sugar content.

Key words: *Allium cepa* L., biostimulator, dry matter, foliar application, yielding, total sugars.**Роса Р., Франчук Ж., Заневич-Байковська А., Ремішевський К., Дидів О., Андрійова А. Вплив біологічного активатора Нутрїлайф на врожайність та якість цибулі ріпчастої**

Цибуля ріпчаста (*Allium cepa* L.), що належить до родини цибулевих (*Alliaceae*), є однією з найважливіших, найбільш поширених овочевих і пряних культур, вирощуваних в усьому світі. Цибуля ріпчаста вимоглива до родючості ґрунту, особливо до підвищеної концентрації мінеральних солей у ньому. На початку вегетації рослини цибулі необхідно забезпечити азотом. Високий урожай цибулі одержують на легких родючих супіщаних та суглинистих ґрунтах, в яких рН 6-7. Правильне забезпечення рослин макро- і мікроелементами може сприятливо

впливати на ріст і врожай цибулі ріпки, що надзвичайно важливо на бідних ґрунтах. В епоху турботи про захист навколишнього середовища шукають нові, дружні методи стимулювання росту рослин, наприклад, позакореневим підживленням макро- і мікроелементами, а також позакореневим підживленням різними біостимуляторами росту. Одним із нових препаратів є біологічний активатор Нутрілайф. Це поєднання макро- і мікроелементів (EDTA), гумінових і фульвокислот, ферментів і амінокислот. Польові дослідження проводили в Центрально-Східній Польщі, за 85 км на схід від Варшави, на ґрунті типу *Luvisol*. Визначено вплив позакореневого підживлення Нутрілайф у фазі ВВСН 19 з підживленням азотом або фосфором на врожайність та біохімічні показники цибулі ріпчастої. Доведено, що застосування активатора сприяло збільшенню загального врожаю, а також частки товарного врожаю цибулі ріпчастої в загальному врожаї, проте урожайноутворювальний ефект залежав від внесених мінеральних добрив. Активатор *Nutrilife* дав змогу вдвічі зменшити мінеральне підживлення азотом або фосфором, зберігши при цьому врожайність, як і при повному внесенні *NPK*. Вплив *Nutrilife* на вміст сухої речовини цибулі залежав від умов навколишнього середовища в роки досліджень і використовуваної схеми мінеральних добрив. Істотного впливу активатора на загальний вміст цукру в цибулі не виявлено.

Ключові слова: *Allium cepa* L., біостимулятор, позакореневе підживлення, врожайність, суха речовина, загальні цукри.

Problem setting. Onion (*Allium cepa* L.) is one of the most important commercial crops not only in Poland and Ukraine but also in the world. According to the Food and Agriculture Organization (FAO), it is the third most cultivated vegetable in the world by production quantity, with a total of 104.5 million tons produced in 2020. In the European Union 6.6 million tons of onions were produced, about 663.9 thousand tons of which in Poland [5]. In the EU, Poland ranks third in the production of this vegetable [4]. In Ukraine, the production of onions in 2020 was about 1.03 million tons [5].

In terms of protection of the natural environment, new friendly methods of stimulating plant growth are being developed, among others, through the foliar use of macro- and microelements and various growth biostimulants [21]. One of the new products is Nutrilife, a biological activator. It is a combination of macro- (2242 mg P L⁻¹, 1888 mg K L⁻¹, 1330 mg Na L⁻¹, 691 mg Ca L⁻¹, 356 mg S L⁻¹, 3.13 mg Mg L⁻¹) and microelements (EDTA), humic and fulvic acids, enzymes and amino acids [12].

Analysis of recent research and publications.

The use of mineral fertilizers is an important element affecting the onion growth and yield and the profitability of its cultivation. Nitrogen is necessary in the synthesis of chlorophyll, proteins and enzymes. Phosphorus is needed for the proper growth and development of the root system, the formation of phosphoproteins and phospholipids, ATP and ADP. However, too high doses of these elements supplied to the soil as mineral fertilizers can weaken plant growth and thus reduce the quantity and quality of the onion yield. High doses of mineral fertilizers also pose a threat to the natural environment. Biostimulants are used to reduce the doses of mineral fertilizers on crops. Currently, new agronomic strategies are being introduced into plant production on the increasing

scale, using scientific knowledge about the physiological and metabolic processes taking place in crops [19].

From the economic and environmental point of view, it is most desirable to improve the uptake and efficiency of fertilizer nutrients in the plant-soil-fertilizer system [13; 20]. One solution to these problems may be the use of biostimulant products, rich, among others, in amino acids and humic and fulvic acids and replacing and/or supplementing conventional mineral fertilizers [17]. Biostimulants are natural compounds that initiate plant physiological processes directly contributing to higher yields. Therefore their primary function is not to provide nutrients or to protect plants from pathogens [18; 23], and the reaction of plants to the product, but not its composition, decides about classifying it as a biostimulant. A very wide range of materials are used as stimulants, including organic, inorganic substances and microorganisms, like humic and fulvic acids, algae extracts, protein hydrolysates, mycorrhizal fungi, or nitrogen-fixing bacteria [1; 18]. A stimulant product may contain a mixture of ingredients from different sources with the use of different production methods.

Conducting research on biostimulants, scientists respond to the deepening problems of growing plants in stressful conditions caused by, among others, increasingly rapid climate change [8; 20]. According to Matysiak [14] and McKeown et al. [15], environmental stresses can cause 30–70 % of crop yield losses.

Problem statement. The aim of the study was to determine the impact of the Nutrilife biological activator, with mineral nitrogen or phosphorus doses reduced by 50%, on the quantity and quality of the onion yield (*Allium cepa* L.).

The main materials and methods. The field experiment was carried out in 2018–2019 in east-

central Poland (52°14'N, 22°10'E) on Luvisol soil. Its average organic carbon concentration was 1.36–1.40 %, with pH in H₂O of 7.1–7.3 and hums layer 30–40 cm deep. The total macronutrient content in 1 dm³ of the soil was as follows: 14 mg of NO₃-N; 33 mg of NH₄-N; 52 mg of P; 151 mg of K; 1220 mg of Ca; 66 mg of Mg (average of 2018–2019). The Spirit variety of onion (Bejo Zaden) was used in the experiment set up in a split-block design with three replications.

Two experimental factors were examined: A) biological activator (A1: control without biological activator, A2: Nutrilife, a biological activator); B) different doses of mineral fertilizers (B1: 100 % of the NPK dose for onion, B2: 50 % N + 100 % PK, B3: 50 % P + 100 % NK). The area of an experimental plot was 20 m² and the area of the whole experimental field was about 195 m².

The field was prepared at the turn of March and April. Mineral fertilizers were applied in appropriate combinations according to the adopted scheme. Their doses were adjusted to the soil content kg before sowing + 100 top dressing), 45 kg P and 120 kg K per 1 ha. Mineral fertilizers were applied in the form of urea (before sowing), ammonium nitrate (top dressing), triple superphosphate and potassium sulphate. After the application of mineral fertilizers, a cultivating aggregate was used to mix them with the soil, loosen it and to level the area of the field before sowing seeds. The seeds of onion were dressed (Zaprawa Nasienna T and Biosept 33 SL) and sown at a seeding rate of 6 kg·ha⁻¹ on 12 April (2018) and

5 April (2019) with 30 cm spacing. After sowing, the experimental plots were sprayed with the Stomp 330 EC herbicide. Another herbicide, Goal 480, was applied first after the plants emerged and then two-three weeks later. Weeding was done mechanically during the later stages of the onion growing season. If necessary, other treatments were performed on the basis of an up-to-date integrated onion protection programme. The Nutrilife activator (1 L ha⁻¹) was sprayed with appropriate combinations on June 22, 2018 and June 20, 2019, during the 9 leaf stage (BBCH 19).

Onion was harvested by hand on 28 August in 2018 and on 29 August in 2019. The area of each plot to be harvested was 6.6 m². The total and marketable yields of bulbs (t ha⁻¹) were determined after the harvest. From each plot, a sample of bulbs was collected (about 1 kg) to determine dry matter content by drying them to constant weight at 105 °C. Total sugar content was determined by the Luff-Schoorl method [3].

The results were statistically processed with ANOVA for the split-block design. The significance of differences between means was determined with Tukey's test at the significance level of p ≤ 0.05. All the calculations were performed with the Statistica PL 13.0 software (Statsoft, USA).

Meteorological data provided by the IMGW-PIB Hydrological and Meteorological Station in Siedlce in 2018–2019 confirmed climate change and the dynamism of weather conditions in this part of Europe (Table 1).

Table 1

**Weather condition in the experiment area, 2018–2019
(Siedlce Meteorological Station, Poland)**

Years	Month					Mean / Sum	
	IV	V	VI	VII	VIII	IV-VIII	I-XII
Air temperature (°C)							
2018	12.9	16.4	18.1	19.9	19.8	17.4	9.2
2019	9.4	13.0	21.5	18.0	19.3	16.2	9.9
<i>1981-2010</i>	<i>8.0</i>	<i>13.6</i>	<i>16.2</i>	<i>18.4</i>	<i>17.7</i>	<i>14.8</i>	<i>7.8</i>
Precipitation (mm)							
2018	41.6	25.5	74.7	97.5	27.1	266.4	509.1
2019	8.9	113.9	28.6	40.3	72.1	263.8	475.9
<i>1981-2010</i>	<i>32.1</i>	<i>56.9</i>	<i>70.9</i>	<i>65.6</i>	<i>67.1</i>	<i>292.6</i>	<i>526.5</i>

Results and discussion. The average total and marketable yields of onion were 36.7 and 35.0 t ha⁻¹ in 2018 and 44.6 and 43.4 t ha⁻¹ in 2019 (Table 2, 3). The yield obtained in 2019 was significantly higher than in 2018. Undoubtedly, this was due to more

favourable weather conditions for onion growth in the second year of research. Statistical analysis of the results showed a significant impact of the Nutrilife biological activator on the onion yield. A significant increase in the total yield compared to plants without

the activator was observed in 2019, and in the marketable yield in both years. On average across the years of research and mineral fertilizer doses, the total yield of onion treated with Nutrilife was higher by 21.5 %, and the marketable yield by 25 %. In addition, a significant interaction of the Nutrilife activator with mineral fertilizers was observed. On average, across the years of the research, onion grown in combination with the Nutrilife activator and the

100 % NPK fertilizer dose produced significantly higher total and marketable yields than plants grown without the activator and fertilized with a half dose of nitrogen (50 % N + 100 % PK). It was also found that reducing the doses of nitrogen or phosphorus by 50 % and spraying plants with the Nutrilife activator resulted in yields similar to those of plants grown without the activator and with the full mineral fertilizer dose (100 % NPK).

Table 2

Onion total yield (t·ha⁻¹)

Treatment		2018	2019	Mean
Mineral	100 NPK	37.5 a	40.7 ab	39.1 ab
	50 N + 100 PK	31.8 a	34.7 a	33.2 a
	50 P + 100 NK	33.3 a	42.4 ab	37.8 ab
Mineral + Nutrilife	100 NPK	40.8 a	55.2 b	48.0 b
	50 N + 100 PK	34.4 a	50.5 ab	42.5 ab
	50 P + 100 NK	42.5 a	44.2 ab	43.4 ab
Mineral		34.2 a	39.2 a	36.7 a
Mineral + Nutrilife		39.2 a	50.0 b	44.6 b
Mean		36.7 A	44.6 B	

* Means followed by different lowercase letters in columns and different uppercase letters in rows differ significantly at $p \leq 0.05$.

Table 3

Onion marketable yield (t·ha⁻¹)

Treatment		2018	2019	Mean
Mineral	100 NPK	34.5 a	39.3 ab	36.9 ab
	50 N + 100 PK	30.6 a	32.5 a	31.6 a
	50 P + 100 NK	32.1 a	40.3 ab	36.2 ab
Mineral + Nutrilife	100 NPK	38.2 a	55.0 b	46.6 b
	50 N + 100 PK	33.3 a	49.4 b	41.3 ab
	50 P + 100 NK	41.4 a	44.1 ab	42.7 ab
Mineral		32.4 a	37.4 a	34.9 a
Mineral + Nutrilife		37.6 b	49.5 b	43.6 b
Mean		35.0 A	43.4 B	

* Means followed by different lowercase letters in columns and different uppercase letters in rows differ significantly at $p \leq 0.05$

In the experiment, the effect of the Nutrilife biostimulant was prominent, especially in 2019 with a higher average air temperature and a lower amount of precipitation during the onion growing season. However, biostimulants used in the cultivation of various plant species and during changing weather conditions had contradictory effects. Some studies have shown beneficial results [7; 9; 11; 23], while others have not recorded a significant effect on cultivated plants [1; 6]. Sulewska et al. [21] found that the effect of biostimulants and foliar fertilizers was

significantly affected by weather conditions in a given growing season. On the other hand, the results of the experiment conducted by Francke et al. [6] indicated that the biostimulants had little effect on the yield and parameters of shallot onion grown for early harvest. Whereas, the positive effect of biostimulants on the endive yield was observed by Gajc-Wolska et al. [7], and on raspberry yield was shown by Grajkowski and Ochmian [9]. Mikulewicz et al. [16] observed differences in the onion yield depending on the type of amino acid biostimulants. The positive effect of

biostimulants produced from seaweed extracts on the biometric parameters of onion was also noted by Abbas et al. [2], Hidangmayum and Sharmain [11] and Szczepanek et al. [22]. Hafez and Geris [10] found that biostimulant application had a positive effect on the average weight of bulbs and their yield, regardless of the year of research. The bulbs with the greatest weight, as well as their yield, were obtained when the plants were treated with humic acid, or with organic fertilizer from fermented tea. Those authors argued that the beneficial effect of humic acid contained in biostimulants might be due to its

effective role in the early stages of onion growth, greater accumulation of dry matter and stimulation of the structure of metabolic products, which then move to fleshy scalelike leaves, causing an increase in the onion diameter and an increase in the yield.

The Nutrilife activator increased the share of the onion marketable yield in the total yield in relation to objects with exclusive mineral fertilization (Fig. 1). On average across the years of the research, the highest share of the marketable yield was recorded at applying the combinations of 50 % N + 100 % PK and 50 % P + 100 % NK with the Nutrilife activator.

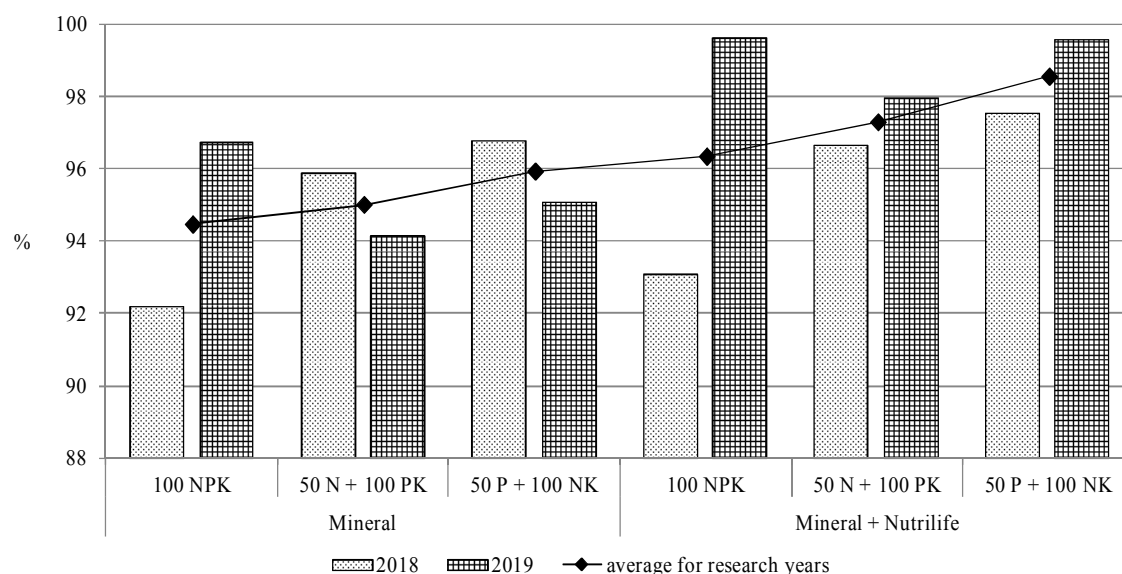


Fig. 1. The share of marketable yield in the total yield

Table 4

The content of dry matter in onion (%)

Treatment		2018	2019	Mean
Mineral	100 NPK	12.8 ab	9.2 a	11.0 a
	50 N + 100 PK	13.3 b	12.4 cd	12.8 b
	50 P + 100 NK	12.5 ab	11.5 bc	12.0 ab
Mineral + Nutrilife	100 NPK	11.6 a	12.4 cd	12.0 ab
	50 N + 100 PK	11.9 ab	10.3 ab	11.1 a
	50 P + 100 NK	12.4 ab	13.4 d	12.9 b
Mineral		12.9 a	11.0 a	11.9 a
Mineral + Nutrilife		12.0 a	12.0 b	12.0 a
Mean		12.4 B	11.5 A	

* Means followed by different lowercase letters in columns and different uppercase letters in rows differ significantly at $p \leq 0.05$

Onion grown in 2018 contained on average of 12.4 %DM, which was by 0.9 % more than in 2019 (Table 4). This difference was statistically significant.

In 2019 Nutrilife foliar application increased onion dry matter content as compared to plants from objects with exclusive mineral fertilization. Statistical analysis of

the results also showed a significant interaction of Nutrilife with mineral fertilizers. In 2018, onion treated with 50 % N + 100% PK contained significantly more dry matter (13.3 %) than that treated with 100 % NPK and sprayed with the Nutrilife activator (11.6 %). In contrast, in 2019, with better weather conditions, the largest amount of dry matter was found in onion fertilized with 50 % P + 100 % NK and treated with Nutrilife (13.4 %). A similar amount of dry matter was also found in onion from the plots with 50 % N + 100 % PK and Nutrilife + 100 % NPK (12.4 % each). A significantly smaller amount of dry matter was found in plants treated with 100 % NPK and 50 % N + 100 % PK and treated with Nutrilife (9.2 and 10.3 %, respectively). Regardless of the year of the research,

the most beneficial effect on dry matter accumulation was achieved by the treatment with the half dose of P and the full dose of N and K combined with the application of Nutrilife or with the half dose of N and the full dose of P and K without the activator. Mikulewicz et al. [16] found that dry matter content of the Spirit F1 onion variety increased significantly after the use of two biostimulants: Calleaf Aminovital and Maximus Amino Protect. However, the biostimulants had no effect on dry matter in the case of the Red Baron variety. Biostimulants (Effective Microorganisms or a biostimulant containing amino acids, macro- and microelements and vitamins) used in the research of Francke et al. [6] reduced the dry matter content of shallot as compared to the control.

Table 5

The total sugar content in onion (g·100g⁻¹ FM)

Treatment		2018	2019	Mean
Mineral	100 NPK	4.29 a	4.18 a	4.23 a
	50 N + 100 PK	3.94 a	4.05 a	4.00 a
	50 P + 100 NK	4.59 a	4.37 a	4.48 a
Mineral + Nutrilife	100 NPK	4.35 a	3.94 a	4.14 a
	50 N + 100 PK	4.63 a	4.25 a	4.44 a
	50 P + 100 NK	4.25 a	4.02 a	4.13 a
Mineral		4.27 a	4.20 a	4.24 a
Mineral + Nutrilife		4.41 a	4.07 a	4.24 a
Mean		4.34 B	4.14 A	

*Means followed by different lowercase letters in columns and different uppercase letters in rows differ significantly at $p \leq 0.05$

The average total sugar content of onion in 2018 was 4.34 g 100 g⁻¹ FM (Table 5), which was significantly higher than in 2019. There was no significant effect of Nutrilife and mineral fertilizers on onion sugar content. Similarly, Mikulewicz et al. [16] found no changes in the content of total and reducing sugar in three varieties of onion after the use of two biostimulants. On the other hand, Francke et al. [6] reported that biostimulants decreased the sugar content of shallot onion in relation to the control.

Conclusions. The activator contributed to an increase in total and marketable yield and to the share of marketable onion yield in the total yield. But the effect of biostimulant depended on the dose of mineral fertilizers. The Nutrilife activator application allowed to reduce the doses of mineral nitrogen or phosphorus by half without negative effect on yield of onion. The effect of Nutrilife on onion dry matter content was dependent on the weather conditions and the applied mineral fertilizer treatment. There was no

significant effect of the activator on the total sugar content.

References

1. Effect of seaweed extract on productivity and quality attributes of four onion cultivars / Abbas M., Anwar J., Zafar-ul-Hye M. et al. *Horticulturae*. 2020. No 6 (2). P. 28.
2. EU 2009. Commission Regulation NO 152/2009. Official Journal of the European Union L54. P. 1–130.
3. EUROSTAT 2021. Agricultural production – crops. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agricultural_production_-_crops#Vegetables (Accessed 16 June 2022).
4. FAOSTAT 2021. Onions production in 2019, Crops/Regions/World list/Production Quantity (pick lists). UN Food and Agriculture Organization, Corporate Statistical Database. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (Accessed 26 April 2021).
5. Francke A., Majkowska-Gadomska J., Kaliniewicz Z., Jadwisieńczyk K. No effect of biostimulants on the growth, yield and nutritional value of shallots grown for bunch harvest. *Agronomy*. 2022. No 12 (5). P. 1156.

6. Gajc-Wolska K., Kowalczyk K., Nowecka M., Mazur K., Metera A. Effect of organic-mineral fertilizers on the yield and quality of endive (*Cichorium endivia* L.). *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*. 2012. No 11. P. 189–200.
7. Grabowska A., Kunicki E., Sękar A., Kalisz A., Wojciechowska R. The effect of cultivar and biostimulant treatment on the carrot yield and its quality. *Vegetable Crops Research Bulletin*. 2012. No 77 (1). P. 37–48.
8. Grajkowski J., Ochmian I. Influence of three biostimulants on yielding and fruit quality of three primocane raspberry cultivars. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*. 2007. No 6. P. 29–36.
9. Hafez E., Geries L. Onion (*Allium cepa* L.) growth, yield and economic return under different combinations of nitrogen fertilizers and agricultural biostimulants. *Cercetari Agronomice in Moldova*. 2018. No 5 (3). P. 69–88.
10. Hidangmayum A., Sharma R. Effect of different concentration of commercial seaweed liquid extract of *Ascophyllum nodosum* on Germination of onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Science and Research*. 2017. No 6 (7). P. 1488–1491.
11. URL: <http://www.bio-energy.lt/en/produktai/dirvos-gerinimo-preparatai/nutrilife> (Accessed 23 April 2021).
12. Jardin P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*. 2015. No 196. P. 3–14.
13. Marschner P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd edition. London: Elsevier, 2011.
14. Matysiak K. Technologicznie i interwencyjnie. *Wiadomości Rolnicze Polska*. 2010. No 66 (3). P. 6.
15. McKeown A. W., Warland J., McDonald M. R. Long-term climate and weather patterns in relation to crop yield: a minireview. *Canadian Journal of Botany*. 2006. No 84 (7). P. 1031–1036.
16. Mikulewicz E., Majkowska-Gadomska J., Jadwi- sieńczak K., Francke A. Effect of selected biostimulants on the yield and quality of the common onion (*Allium cepa* L.). *Acta Agrophysica*. 2019. No 2 (1). P. 57–65.
17. Physiological, nutritional and metabolomic responses of tomato plants after the foliar application of amino acids aspartic acid, glutamic acid and alanine / Alfosea-Simón M., Simón-Grao S., Zavala-Gonzalez E. A. et al. *Frontiers in Plant Science*. 2021. No 11. P. 581.
18. Roupheal Y., Colla G. Synergistic biostimulatory action: designing the next generation of plant biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 2018. No 9. P. 1655.
19. Screening of microalgae liquid extracts for their bio stimulant properties on plant growth, nutrient uptake and metabolite profile of / Mutale-Joan Ch., Redouane B., Najib E. et al. *Solanum lycopersicum* L. *Scientific Reports*. 2020. No 1 (1). P. 2820.
20. Sourji M. K. Plants adaptation to control nitrification process in tropical region; case study with *Acrocomia totai* and *Brachiaria humidicola* plants. *Open Agriculture*. 2016. No 1 (1). P. 144–150.
21. Sulewska H., Kruczek A. Assessment of the stimulating effect of Bio-algeen S 90 on selected species of crops. *Selected ecological issues in the modern world*. PIMR Poznań, Monograph. 2005. Vol. 2. P. 203–209.
22. Szczepanek M., Wszelaczyńska E., Pobereż J., Ochmian I. Response of onion (*Allium cepa* L.) to the method of sea-weed biostimulant application. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*. 2017. No 16. P. 113–122.
23. Yakhin O. I., Lubianov A. A., Yakhin I. A., Brown P. H. Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*. 2017. No 7. P. 2049.

Стаття надійшла 02.07.2022

УДК 634.1:634.11:631.541.11

ВПЛИВ КЛОНОВИХ ПІДЩЕП НА РІСТ І ПРОДУКТИВНІСТЬ САДЖАНЦІВ ЯБЛУНІ ДЛЯ ОРГАНІЧНОГО САДІВНИЦТВА

Б. Гулько, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-5915-9564

Львівський національний університет природокористування<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.094>

Гулько Б. Вплив клонових підщеп на ріст і продуктивність саджанців яблуні для органічного садівництва

Показники росту, розвитку і продуктивності стандартних саджанців нових імунних до парші сортів яблуні на різних клонових підщепах вивчали в розсаднику на дослідному полі кафедри садівництва та овочівництва ім. проф. І. П. Гулька, яке входить до складу ННЦ Львівського НУП.

Дослід передбачав найкращі, за результатами попереднього вивчення у колекційному саду в умовах Львівщини, нові інтродуковані сорти яблуні, імунні до збудника парші яблуні: Солнишко, Вільямс Прайд та Луна на клонових підщепах: 62–396, 62–223, ММ.102 та Дон 70–456. Контролем слугував імунний до парші яблуні, районований сорт Флоріна. Схема розміщення рослин у плодовому розсаднику: 0,9×0,2 м (55 тис. шт./га).

За роки досліджень отримали такі результати. Саджанці найбільшого діаметра були у сорту Вільямс Прайд (18,4–22,2 мм), дещо поступалися йому саджанці сорту Луна (16,6–22,0 мм). Саджанці контрольного сорту Флоріна мали середній діаметр 13,1–17,1 мм, дещо меншим був цей показник у саджанців сорту Солнишко, діаметр їх був найменшим (13,1–16,1 мм).

За висотою саджанці розподілено так: найвищі – у сорту Флоріна (177,6–194 см), дещо нижчі – у сорту Солнишко (169,9–181,3 см), найнижчі – саджанці сортів Вільямс Прайд і Луна (164,0–173,5 см та 162,5–175,9 см відповідно). Загалом саджанці сортів Флоріна та Солнишко мають біологічну схильність до утворення високих, але тонких саджанців, на всіх досліджуваних підщепах. Сорти Вільямс Прайд і Луна формують саджанці меншої висоти, проте більшого діаметра.

За показниками висоти і діаметра всі досліджувані сортопідщепні комбінування відповідали вимогам стандарту щодо однорічних саджанців на карликових підщепах. Стосовно сорту Вільямс Прайд, більшість саджанців утворювала крону в однорічному віці і масово заклала кільчатки. Відзначено позитивний вплив на ріст саджанців підщепи 62–223, на якій висота і діаметр саджанців були найбільшими.

Вищу продуктивність стандартних саджанців на різних карликових підщепах забезпечували сорти Вільямс Прайд і Луна на всіх досліджуваних підщепах (понад 40 тис. шт./га), дещо поступався їм сорт Флоріна (38,6–41,0 тис. шт./га), і найменш продуктивним був сорт Солнишко (37,7–40,0 тис. шт./га), що підтверджують і результати статистичної обробки.

У всіх варіантах досліджень підщепи 62–223 та ММ.102 забезпечували рівень продуктивності, вищий від показників контрольного варіанта 62–396.

Вихід стандартних саджанців становив 37,7–46,0 тис. шт./га і незначно коливався залежно від підщеп. Більшу продуктивність для сортів Флоріна, Вільямс Прайд та Луна забезпечила підщепа 62–223: 41,0; 46,0 та 44,6 тис. шт./га відповідно, а для сорту Солнишко – ММ.102 – 40,0 тис. шт./га.

Продуктивність саджанців сорту Солнишко поступалася контролю і була найнижчою у нашому досліді: 37,7–40,0 тис. шт./га. Вищий прибуток при вирощуванні саджанців сортів Флоріна, Вільямс Прайд і Луна отримали на підщепі 62–223: 996,0; 1166,3 та 1118,6 тис. грн/га відповідно. У сорту Солнишко на підщепі ММ.102 – 962,0 тис. грн/га. Собівартість вирощування одного саджанця яблуні досліджуваних сортів теж залежала від підщеп і коливалася у межах від 9,6 грн/шт. (Вільямс Прайд на 62–223) – 11,6 грн/шт. (Солнишко на 62–396).

Вирощування саджанців яблуні прибуткове на всіх досліджуваних підщепах, однак вищу від показників контролю рентабельність виробництва для сортів Флоріна, Вільямс Прайд і Луна забезпечує підщепа 62–223 – 226,9; 262,9 та 252,9 %, а сорт Солнишко поступався контролю за цим показником на всіх підщепах.

Ключові слова: яблуня, сорти, саджанці, розсадник, органічне виробництво.

Hulko B. Influence of clonal rootstocks on growth and productivity of nursery apple trees for organic production

The study of growth, development and productivity of standard nursery trees of new apple scab-resistant varieties depending on clonal rootstocks was carried out in the nursery in the test field of the Department of Horticulture and Vegetables Growing named after prof. I. P. Hulko of Lviv NEU.

The experiment included new introduced apple varieties, which were the best, according to the preliminary study in the collection orchard in Lviv region, immune to the apple scab pathogen: Solnyshko, Williams Pride and Luna on clonal

rootstocks: 62-396, 62-223, MM.102 and Don 70-456. The Florina variety, being immune to scab apple, was selected as standard. Spacing of plants in the nursery was 0.9×0.2 m (55 thousand plants/ha).

Over the years, the following results have been obtained. The largest diameter of nursery trees was showed by Williams Pride variety (18.4–22.2 mm), slightly less were Luna trees (16.6–22.0 mm). Florina trees had an average diameter of 13.1–17.1 mm. This indicator was slightly smaller than the Solnyshko trees with the diameter that was the smallest (13.1–16.1 mm).

The heights of nursery trees were as follows: the highest trees were of Florina variety (177.6–194 cm), Solnyshko trees were little lower (169.9–181.3 cm), and Williams Pride and Luna trees were the lowest – 164.0–173.5 cm and 162.5–175.9 cm, respectively. In general, the researchers can conclude that the nursery trees of Florina and Solnyshko varieties have a biological tendency to form tall but thin trees on all studied rootstocks. The Williams Pride and Luna varieties develop trees of smaller height, but with larger diameter.

In terms of height and diameter, all studied combinations of rootstocks met the requirements of the standard for one-year trees on dwarf rootstocks. As for the Williams Pride variety, the majority of trees developed a crown at the age of one year and had a lot of fruit spurs and buds. Regarding the influence of rootstocks on the development of trees of different varieties, the authors of the research noted a positive effect of rootstock 62–223 in which the height and diameter were the largest.

A higher productivity of standard trees on different dwarf rootstocks was provided by Williams Pride and Luna varieties on all studied rootstocks (more than 40 thousand trees/ha), Florina variety (38.6–41.0 thousand trees/ha) provided lower productivity. The Solnyshko variety was the least productive (37.7–40.0 thousand trees/ha) that was confirmed by the results of statistical processing of the obtained results.

In all studied variants, rootstocks 62–223 and MM.102 provided a higher productivity than the control variant 62-396. The number of standard trees was 37.7–46.0 thousand/ha and fluctuated slightly depending on the rootstocks. The rootstock 62–223 provided greater productivity for the Florina, Williams Pride and Luna varieties – 41.0; 46.0 and 44.6 thousand pieces/ha, respectively, and for the Solnyshko variety, the best productivity was provided by MM.102 – 40.0 thousand pieces/ha.

The productivity of Solnyshko nursery trees was lower than the control and was the lowest in our experiment: 37.7–40.0 thousand trees/ha. Higher profits from the nursery trees cultivation were got from Florina, Williams Pride and Luna varieties, i.e. on the rootstock 62–223: 996.0; 1166.3 and 1118.6 thousand UAH/ha, respectively. In the Solnyshko variety, on the rootstock MM.102, it was 962.0 thousand UAH/ha. The cost of growing one apple nursery tree of the studied varieties also depended on rootstocks and ranged from 9.6 UAH/piece (Williams Pride on 62–223) to 11.6 UAH/piece. (Solnyshko on 62–396).

Growing of apple nursery trees is profitable on all studied rootstocks, but higher profitability of production for characteristic of the Florina, Williams Pride and Luna varieties provided on the rootstocks 62–223 – 226.9; 262.9 and 252.9 %, whilst for the Solnyshko variety trees it was lower than the control on all rootstocks.

Key words: apple, varieties, nursery, apple trees, organic production.

Постановка проблеми. У сучасних промислових яблуневих садах України найбільші площі займають сорти: Голден Делішес, Ренет Симиренка, Айдаред, Джонаголд, Гала, Чемпіон та інші, які за таким показником, як стійкість проти грибних захворювань, значно поступаються новим. З огляду на це актуальне питання зміни та поповнення набору промислових сортів кращими сучасними зразками, вирощування яких дає змогу мінімізувати обробки саду фунгіцидами [4; 5].

Вдалиий добір сортів визначає успіх справи в рослинництві взагалі, а в садівництві, де маємо справу з багаторічними насадженнями, цей фактор визначальний. Кількість нових сортів постійно зростає. Ареал поширення і ефективної продуктивності для кожного сорту лімітується сукупністю певних факторів, і є потреба у вивченні біологічних особливостей росту кожного з них у конкретних умовах [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даними провідних дієтологів повноцінний

раціон харчування людини має щоденно вміщувати 400 г плодів і овочів у свіжому вигляді. Однак навіть такий спосіб харчування не гарантує бажаного результату, оскільки вміст штучно синтезованих хімічних сполук у понад 70 % свіжих плодів та овочів, вирощених за сучасними інтенсивними технологіями, значний [2; 7].

У процесі розвитку садівництва наукові розробки спрямовували на створення таких технологій, котрі забезпечують високу продуктивність насаджень і відмінну якість плодів. Однак інтенсивні технології передбачають від 4-х до 8-ми обробок насаджень від шкідників (інсектициди і акарициди), для захисту від хвороб проводять ще 5–12 обприскувань фунгіцидами, для знищення в саду бур'янів застосовують гербіциди 2–3 рази за вегетацію, для оптимального росту і плодоношення дерева систематично підживлюють хімічно синтезованими мінеральними та органічними сполуками, амінокислотами, застосовуючи також регулятори росту (фітогормони) для прорідження зав'язі, сповільнення росту,

прискорення досягання та запобігання осипанню плодів з дерева. У підсумку споживач отримує ідеального розміру і забарвлення смачні плоди, проте їхній хімічний аналіз дає змогу виявляти залишкові кількості близько 240 сполук, які застосовували під час росту плодів (дифенокназол, іпродіон, хлорпірифос, діазинон, дельтаметрин та ін.), і жодними миттям та очищенням шкірки позбутися їх неможливо, оскільки більшість сучасних препаратів має системну дію на рослину, тобто здатна проникати в кожну клітину. У стандартах низки країн на свіжі плоди відображені допустимі межі за вмістом таких сполук. Навіть за допустимих мінімальних значень цих речовин при їх систематичному вживанні вплив такої продукції на людський організм може виявитися не тільки позитивним [6].

З усвідомленням проблеми і неабияким бажанням більшості населення споживати справді корисну продукцію, в деяких розвинених країнах виник і швидко поширився тренд до органічного способу їх виробництва.

Органічні технології виробництва плодів – це найсучасніший напрям у садівництві, оскільки базуються на новітніх розробках галузей селекції, захисту насаджень від хвороб і шкідників, догляду ґрунту, збору і зберігання врожаю. Важливими віхами на шляху до повсюдного впровадження органічних технологій виробництва плодів є досягнення у галузі селекції нових сортів із генетичною стійкістю до хвороб, що дає змогу різко зменшити фунгіцидне навантаження на навколишнє середовище та їх залишкову кількість у плодах. Сучасні біологічні препарати для боротьби із шкідниками та хворобами забезпечують високу ефективність і є нетоксичними для людини. Досягнення науки у догляді за насадженнями дало змогу зменшити застосування мінеральних добрив у кілька разів при збереженні їх ефектної дії на рослини – у сучасних садах мінеральні добрива постачають до дерев разом із водою для поливу в таких дозах, які рослина здатна засвоїти, не завдаючи шкоди довкіллю. Розробка нових машин для догляду за ґрунтом у пристовбурних смугах і міжряддях дозволяє відмовитися від використання гербіцидів, які широко застосовують для знищення бур'янів у садах сьогодні.

Модель сучасного саду, в якому продукцію вирощують за органічними технологіями, – це не просто насадження, у якому відмовилися від використання мінеральних добрив, засобів захисту рослин (фунгіцидів, інсектицидів, акарицидів) та препаратів для знищення бур'янів (гербіцидів). У

такому разі якість продукції буде дуже низькою, а її собівартість високою, бо частка ручної праці зросте в кілька разів, і така модель саду буде малоефективною. Найголовнішим фактором успіху органічного виробництва плодів є високий рівень фахових знань та практичної підготовки спеціалістів садівництва, оскільки плодіві насадження – багаторічні, і помилки, допущені під час їхнього проектування та створення, часто виправити неможливо.

Постановка завдання. Наше завдання – вивчення показників росту, розвитку і продуктивності стандартних саджанців нових імунних до парші сортів яблуні на різних клонових підщепах у розсаднику на дослідному полі кафедри садівництва та овочівництва ім. проф. І. П. Гулька, яке входить до складу ННЦ Львівського НУП.

У ефективній моделі сучасного органічного саду всі складові поширених інтенсивних технологій замінюють на принципово нові наукові розробки: насадження закладають винятково найкращими генетично-стійкими до основних хвороб сортами, мінеральні добрива замінюють на органічні – сидерати й компости, для захисту від шкідників і хвороб послуговуються біологічними препаратами та методами із застосуванням феромонів, бур'яни видаляють тільки механічним способом – лише такий науковий підхід гарантує ефективність виробництва плодів та їхні високі товарну і поживну якість.

Дослід передбачав найкращі, за результатами попереднього вивчення у колекційному саду в умовах Львівщини, нові інтродуковані сорти яблуні, імунні до збудника парші яблуні: Солнишко, Вільямс Прайд та Луна на клонових підщепах: 62–396, 62–223, ММ.102 та Дон 70–456. Контролем слугував імунний до парші яблуні, районований сорт Флоріна. Схема розміщення рослин у плодовому розсаднику: 0,9 × 0,2 м (55 тис.шт./га). Ґрунт дослідних ділянок – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий на лесоподібному суглинку, середньозабезпечений елементами мінерального живлення. Вміст гумусу – 2,2 %, рН = 6,3. За роки досліджень середня багаторічна температура становила 9,3–9,9 °С, а сума опадів – 809–700 мм. Доглядали за розсадником згідно із загальноприйнятою агротехнікою і технологією, застосовуваною в цьому господарстві. Обліки проводили за методикою вивчення плодових культур в Україні [3].

Виклад основного матеріалу. Результати дослідів виявились такими: саджанці найбільшого

діаметра були у сорту Вільямс Прайд (18,4–22,2 мм), децю поступалися йому саджанці сорту Луна (16,6–17,1 мм), ще меншим був цей показник у саджанців сорту Соннишко (13,1–16,1 мм) (див. табл.).

За висотою саджанці розподілилися так: найвищі у сорту Флоріна (177,6–19–181,3 см), а саджанці сортів Вільямс Прайд і Луна виявилися найнижчими – 164,0–173,5 см та 162,5–75,9 см відповідно. Отож, саджанці сортів Флоріна та Соннишко мають біологічну схильність до утворення високих, але тонких саджанців на всіх досліджуваних підщепах. Сорти Вільямс Прайд і Луна формують саджанці меншої висоти, проте більшого діаметра.

За показниками висоти і діаметра всі досліджувані сортопідщепні комбінунання відповідали вимогам стандарту щодо однорічних саджанців на карликових підщепах.

Стосовно сорту Вільямс Прайд, більшість саджанців утворювала крону в однорічному віці і масово закладала кільчатки.

Позитивний вплив на ріст саджанців мала підщепа 62–223, на якій висота і діаметр саджанців були найбільшими.

Найвищу продуктивність стандартних саджанців на різних карликових підщепах забезпечували сорти Вільямс Прайд і Луна на всіх досліджуваних підщепах (понад 40 тис. шт./га), децю поступалися їм сорти Флоріна (38,6–41,0 тис. шт./га), і найменш продуктивним був сорт Соннишко (37,7–40,0 тис. шт./га), що підтверджують і результати статистичної обробки отриманих результатів.

У всіх варіантах досліджень підщепи 62–223 та ММ.102 забезпечували рівень продуктивності, вищий від показників контрольного варіанта 62–396.

Таблиця

Результати вивчення і економічної оцінки вирощування саджанців яблуні на клонових підщепах, середнє за 2019–2021 рр.

Підщепа	Діаметр штабика, мм	Висота саджанців, см	Вихід стандартних саджанців, тис.шт./га	Прибуток, тис.грн/га	Собівартість 1 шт., грн	Рівень рентабельності, %
ФЛОРИНА (к)						
62–396	16,8	180,4	39,3	938,1	11,1	214,5
62–223	17,1	186,8	41,0	996,0	10,7	226,9
Дон 70–456	16,9	177,6	38,6	914,3	11,3	209,3
ММ.102	13,4	194,2	40,6	982,4	10,8	224,0
ВІЛЬЯМС ПРАЙД						
62–396	19,7	164,0	44,6	1118,6	9,9	252,9
62–223	22,2	172,1	46,0	1166,3	9,6	262,9
Дон 70–456	21,8	164,5	42,5	1047,1	10,4	237,8
ММ.102	18,4	173,5	44,5	1115,2	9,9	252,2
ЛУНА						
62–96	18,4	165,8	42,6	1050,5	10,3	238,5
62–223	22,0	162,8	44,6	1118,6	9,9	252,9
Дон 70–456	18,8	162,5	42,4	1043,7	10,4	237,1
ММ.102	16,6	175,9	43,0	1064,2	10,3	241,4
СОЛНИШКО						
62–396	15,9	173,6	37,7	883,7	11,6	202,8
62–223	16,1	174,7	38,8	921,1	11,3	210,9
Дон 70–456	14,2	169,9	37,9	890,5	11,5	204,2
ММ.102	13,1	181,3	40,0	962,0	11,0	219,6
НІР ₀₅	-	-	1,13	-	-	-

Вихід стандартних саджанців становив 37,7–46,0 тис. шт./га і незначно коливався залежно від підщеп. Більшу продуктивність для сортів Флоріна, Вільямс Прайд та Луна забезпечила підщепа 62–223: 41,0; 46,0 та 44,6 тис. шт./га відповідно, а для сорту Солнишко – ММ.102 – 40,0 тис. шт./га.

Продуктивність саджанців сорту Солнишко поступалася контролю і була найнижчою у нашому досліді: 37,7–40,0 тис. шт./га. Вищий прибуток при вирощуванні саджанців сортів Флоріна, Вільямс Прайд і Луна отримали на підщепі 62–223: 996,0; 1166,3 та 1118,6 тис.грн/га відповідно. У сорту Солнишко на підщепі ММ.102 – 962,0 тис. грн/га. Собівартість вирощування одного саджанця яблуні досліджуваних сортів теж залежала від підщеп і коливалася у межах від 9,6 грн/шт. (Вільямс Прайд на 62–223) – 11,6 грн/шт., (Солнишко на 62–396).

Висновки. Вирощування саджанців яблуні прибуткове на всіх досліджуваних підщепах, однак вищу від показників контролю рентабельність виробництва для сортів Флоріна, Вільямс Прайд і Луна забезпечує підщепа 62–223 – 226,9; 262,9 та 252,9 %, а сорт Солнишко поступався контролю за цим показником на всіх підщепах.

Для збільшення виходу стандартних однорічних саджанців яблуні нових сортів, рекомендованих для створення органічних насаджень, у типових умовах Західного Лісостепу України у промислових розсадниках для сортів Флоріна, Луна

і Вільямс Прайд пропонуємо використовувати клонову підщепу 62–223, а для сорту Солнишко – клонову підщепу ММ.102, які забезпечують найвищу продуктивність стандартних саджанців з 1 гектара та високий рівень рентабельності їхнього вирощування.

Бібліографічний список

1. Гулько Б. І., Вуйчик Н. В. Ріст сортопідщепних комбінувань яблуні у розсаднику. *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок*. Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2015. С. 34.
2. Здоровое питание. Безопасность продуктов питания. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/healthy-diet> (дата обращения: 03.05.2022).
3. Кондратенко П. В., Бублик М. О. Методика дослідження з плодовими культурами. Київ: Аграрна наука, 1996. 9 с.
4. Кондратенко П. В., Кондратен Т. Є. Помологія. Яблуня. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2013. 626 с.
5. Мельник В. І. Інноваційний розвиток садівництва України. URL: <http://dSPACE.wunu.edu.ua/bitstream/316497/17486> (дата звернення: 03.05.2022).
6. Amel A. 70 Percent of Fruit and Vegetables in the U.S. Contain Pesticide Residue. URL: <https://www.kqed.org/science/1922287/70-percent-of-fruit-and-vegetables-in-the-us-has-pesticide-residue> (Accessed: 03.05.2022).
7. Food-based dietary guidelines. Dietary guidelines and sustainability. URL: <https://www.fao.org/nutrition/education/food-dietary-guidelines/background/sustainable-dietary-guidelines> (Accessed: 03.05.2022).

Стаття надійшла 08.05.2022

УДК 631.81.095.337

РЕАЛІЗАЦІЯ СОРТОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ *FRAGARIA ANANASSA DUCH* ПІД ВПЛИВОМ ВІТЧИЗНЯНИХ ПРЕПАРАТІВ: ЗЗР, БІОЖИВЛЕННЯ, МІКРОДОБРИВ

І. С. Рожко, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0001-5450-0906

Львівський національний університет природокористування

І. М. Рожко, к. г. н.

ORCID ID: 0000-0003-2263-9828

Львівський національний університет імені Івана Франка

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.099>

Рожко І. С., Рожко І. М. Реалізація сортової продуктивності *Fragaria ananassa Duch* під впливом вітчизняних препаратів: ЗЗР, біоживлення, мікродобри

Подано результати порівняльної оцінки впливу на структурні компоненти продуктивності та, відповідно, реалізації сортової продуктивності *Fragaria ananassa Duch* вітчизняних препаратів, зокрема біопрепаратів: Фітоцид-р[®], Мікохелп[®], Гуміфренд[®], Органік – баланс[®] та мікродобрива Авангард Р Плодово-ягідні й сумісних з ним фунгіцидів Страж та Джек Пот. Дослідження проводили в насадженні двох сортів суниць ананасових: ‘Florence’ та ‘Elsanta’. На кожному із досліджуваних сортів було шість варіантів. Контролем слугував варіант – без жодних обробок, на фоні природного інфекційного зараження збудниками основних грибних хвороб: борошнистої роси, сірої гнилі та плямистостей листя.

Досліджувані сорти по-різному реагували на застосовувані препарати. Найвищий ефект обмеження розвитку фітопатогенів на обох досліджуваних сортах суниць ананасових виявлено у варіантах зі застосуванням мікродобрива Авангард Р Плодово-ягідні + фунгіцид та Фітоцид-р[®]: стан рослин був відмінний – листя здорове, рослини потужні, ознак ураження *Oidium fragariae* Harz. та *Ramularia Tulasnei* Sacc не було, а ураження *Botrytis cinerea* Pers на рівні 2–4 % порівняно з 8–16 % на контролі. Сорт ‘Elsanta’ добре зреагував на застосування препарату Мікохелп[®]: ознак ураження *Oidium fragariae* Harz. та *Ramularia Tulasnei* Sacc не було, а ураження *Botrytis cinerea* Pers на рівні 4 % порівняно з 16 % на контролі. Найвищий рівень реалізації сортової продуктивності виявлено у варіантах із застосуванням мікродобрива Авангард Р Плодово-ягідні + фунгіцид та препарату Фітоцид-р[®]. В обох випадках тільки дотримання рекомендованих доз, термінів та способів обробки сертифікованими вітчизняними препаратами дозволяє вести відповідальне ягідництво, метою якого є отримання безпечного вітамінного продукту.

Ключові слова: мікродобриво, фунгіциди, біопрепарати, продуктивність, морфоструктура, стійкість проти шкідливих організмів, урожайність.

Rozhko I. S., Rozhko I. M. Implementation of varietal productivity of *Fragaria ananassa Duch* under the influence of domestic preparations such as PPE, biofood, micronutrients

The article presents the results of comparative evaluation of the impact of domestic preparations, particularly biological agents: Phytocide-r[®], Mycohelp[®], Humifrend[®], Organic – balance[®] and microfertilizers and compatible fungicides Strazh and Jackpot. on the fundamental components of productivity and the implementation of varietal productivity of *Fragaria ananassa Duch*. The study was carried out in the planting of two varieties of strawberries: ‘Florence’ and ‘Elsanta’. There were six variants of each of the studied varieties. The control was without any treatment, with a natural background of varietal field resistance to major fungal diseases: powdery mildew, gray rot and leaf spots.

The studied varieties responded differently to the applied preparations. The highest pathogenic deterrent effect on both studied varieties of pineapple strawberries was observed in the variants of using microfertilizer Avangard P Fruit and Berries + fungicide and Phytocide-p[®]. The plant conditions were excellent – healthy leaves, strong plants, signs of damage of *Oidium fragariae* Harz. and *Ramularia Tulasnei* Sacc were absent, and *Botrytis cinerea* Pers lesions were 2–4 % versus 8–16 % in controls. The ‘Elsanta’ variety responded well to the use of Mycohelp[®]: signs of *Oidium fragariae* Harz and *Ramularia Tulasnei* Sacc were absent, and *Botrytis cinerea* Pers was 4 % as compared to 16 % in the control. The highest level of varietal productivity was observed in the variants with the use of microfertilizers Avangard P Fruit and Berries + fungicide and Phytocide-p[®]. In both cases, only compliance with the recommended doses, timing and methods of treatment with certified domestic preparations ensured conducting responsible berry growing, the purpose of which was to obtain a safe vitamin product.

Key words: microfertilizer, fungicides, biologicals, productivity, morphostructure, resistance to pests, yield.

Постановка проблеми. Суниці ананасові (*Fragaria ananassa* Duch) належать до культур із плодами високого харчового статусу. Гармонійне поєднання компонентів хімічного складу, зокрема цукрів та органічних кислот, високий вміст Р-активних антоціанів, вітаміну С, пектинових речовин створює виняткові смакові відчуття при їх вживанні. Плоди суниць ананасових багаті на вітаміни С, Е, К, В₁, В₂, В₃, В₆, В₉, сполуки кальцію, калію, натрію, сірки, фосфору, хлору, бора, заліза, цинку, молібдену, міді, марганцю [2].

Завдяки логістиці споживання суниць ананасових можливе весь рік. Єдиною суттєвою пересторогою такої доступності є безпечність продукції, адже за даними щорічного рейтингу «Dirty Dozen», який складають експерти з охорони довкілля США, у 2021 році, як і кілька років поспіль, його очолювали саме суниці ананасові. Понад 90 % зразків продукції дали позитивний результат на залишок двох та більше пестицидів (Environmental Working Group – Робоча група з охорони навколишнього середовища, США) [8].

Беззаперечно, для підтримування належної продуктивності рослин та якості врожаю суничні насадження слід захищати від патогенів. У фаховій літературі описано 76 грибних захворювань різних органів рослини суниць ананасових, серед яких, зокрема, вертицильоз (*Verticillium albo-ratrum* Reinke et Berth.), фітофтороз або почервоніння осьового циліндра (*Phytophthora fragariae* Hickman), фітофторозна шкіркова гниль (*Phytophthora cactorum* (Leb. et Cohn.)), борошниста роса (*Sphaerotheca macularis* Magn. f. *Fragariae* Saez.), біла плямистість (*Ramularia Tulasnei* Saes.), бура плямистість (*Marsonia potentilla* P. Magn. f. *fragaria* Man.), сіра гниль (*Botrytis cinerea* Pers.), які в епіфітотійні роки можуть на 70 % і більше знизити врожайність насадження [2]. У природних біоценозах існує гомеостаз, відповідно, кожен патоген має свого антагоніста. Зокрема антагоністами багатьох патогенних грибних інфекцій є штами молочнокислих та ґрунтових бактерій. З огляду на це, впродовж останніх десятиріч створили вітчизняні мікробіологічні препарати, рекомендовані для застосування на суницях ананасових.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даними Т. І. Зінченко (2016) асортимент пестицидів, дозволених для застосування на суницях ананасових за останні десять років, зріс в 1,5 раза. Фахівці із захисту рослин після ретельних досліджень їхніх токсичних властивостей розробили системи хімічного захисту суниць, які передба-

чають застосування як окремих препаратів, так і бакових сумішей пестицидів, обґрунтовані регламенти їх безпечного застосування [4]. Чітке дотримання рекомендованих термінів застосування та доз пестицидів на товарних насадженнях суниць ананасових, тобто відповідальне ведення ягідництва, дає змогу отримувати безпечну продукцію.

Але дані щорічного рейтингу «Dirty Dozen» переконливо засвідчують недобросовісність окремих виробників, нехтування рекомендаціями та банальне бажання отримати прибуток без огляду на безпечність улюбленого як дорослими, так і дітьми, вітамінного смаколика [8].

У аналітичній доповіді «Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації», підготовленої колективом науковців (2020), наголошено, що у багатьох країнах світу активно впроваджується система агрогосподарювання – *Climate Smart Agriculture, CSA*, що означає кліматично розумне сільське господарство. Одним із поширених напрямів *CSA* є органічне виробництво [5].

Згідно зі статтею 3 розділу II постанови Ради (ЄС) № 834/2007 від 28 червня 2007 року стосовно органічного виробництва й маркування органічних продуктів однією із загальних цілей органічного виробництва є: виробництво широкого спектру харчових продуктів та інших сільськогосподарських продуктів для задоволення попиту споживачів на товари, вироблені з використанням процесів, які не шкодять навколишньому середовищу, здоров'ю людини, здоров'ю рослин, а також здоров'ю і добробуту тварин [9]. З вищенаведеними постулатами постанови Ради (ЄС) синхронізуються основні концепти наказу Міністерства аграрної політики України від 21.07.2008 № 444/74 «Про затвердження галузевої Програми розвитку садівництва України на період до 2025 року і галузевої Програми розвитку виноградарства та виноробства України на період до 2025 року», зокрема наголошено, що «З метою подальшої екологізації захисту плодів культур від хвороб і шкідників більше уваги необхідно приділяти агротехнічним заходам... При цьому важливого значення набуває застосування біологічно активних речовин (інгібіторів синтезу хітину та росту комах), а також мікробіологічних препаратів» (Розділ 5. Технологічні основи розвитку галузі садівництва 5.4. Прогресивні технології виробництва плодів і ягід) [7].

Отже, у підвищенні продуктивності плодів культур та, безперечно, збереженні екологічної рівноваги агробіоценозів вагома роль відводиться біопрепаратам. Їхнє застосування

дозволяє найбільш безпечно реалізувати потенційні можливості сорту, закладені в геномі природою та селекцією [3].

Постановка завдання. Вплив вітчизняних мікробіологічних препаратів на продуктивність суниць ананасових на кафедрі садівництва та овочівництва ім. професора І. П. Гулька упродовж понад 15-ти років вивчають доценти Гель І. та Рожко І. згідно з науково-дослідною тематикою кафедри: «Розробка інноваційних систем підвищення продуктивності плодкових та овочевих культур в умовах динамічних змін клімату», розділу «Вивчення та виділення кращих вітчизняних та інтродукованих сортів суниці, малини та кущових ягідних культур, конкурентоздатних за продуктивністю, товарністю і якістю плодів в умовах Західного Лісостепу України», підрозділу «Вивчення та порівняльна оцінка впливу на продуктивність сортів суниці ананасної різних біологічних засобів боротьби з фітопатогенами». З огляду на можливість фахової апробації на стаціонарних дослідках та подальшої аргументованої промоції серед виробників ягідної продукції в Західному регіоні України у 2019 році з представником компанії «БТУ-центр» Маковкіним І. погодили надання вітчизняних мікробіологічних препаратів для їх вивчення на насадження суниць ананасових. У результаті дискусії та двостороннього обговорення підібрали та надали для вивчення препарати: біофунгіциди – Фітоцид-р[®], Мікохелп[®], біоживлення – Гуміфренд[®], Органік – баланс[®].

У рамках договору про співробітництво від 02 квітня 2019 р. між ТОВ «Фабрика агрохімікатів» та Львівським національним університетом природокористування, ТОВ «Фабрика агрохімікатів» надала для вивчення мікродобриво Авангард Р Плодово-ягідні та сумісні з ним фунгіциди Страж та Джек Пот.

Метою дослідження, проведеного впродовж 2019–2021 рр. в богарних польових умовах західної частини Лісостепу на дослідному полі кафедри садівництва та овочівництва ім. професора І. П. Гулька, була порівняльна оцінка впливу на структурні компоненти продуктивності та, відповідно, реалізації сортової продуктивності *Fragaria ananassa* Duch вітчизняних препаратів, зокрема біопрепаратів: Фітоцид-р[®], Мікохелп[®], Гуміфренд[®], Органік – баланс[®] та мікродобрива Авангард Р Плодово-ягідні й сумісних з ним фунгіцидів Страж та Джек Пот.

Технологія вирощування – однорядна посадка, відстань між рядами – 0,8, між рослинами

в ряду – 0,2 м. Кількість облікових рослин на ділянці – 50, розміщення варіантів рендомізоване, кількість повторень – 3. Грунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений, пілувато-легкосуглинкового механічного складу. Попередник – чорний пар.

Дослідження здійснювали в насадженні двох сортів суниць ананасових: 'Florence' та 'Elsanta'.

'Florence' – пізній сорт англійської селекції, одержаний у результаті схрещування сортів ('Tioga' × ('Red Gauntlet' × ('Wiltguard' × 'Gorella'))) × ('Providence' × self). Середньостійкий до плямистостей, сірої гнилі, борошнистої роси. Стійкий до хвороб кореневої системи, вертицильозу.

'Elsanta' – середньостиглий сорт селекції Нідерландів, одержаний у результаті схрещування сортів 'Gorella' × 'Holiday'. Сорт відносно стійкий до плямистостей, сірої гнилі, борошнистої роси, чутливий до хвороб кореневої системи, вертицильозу, зимостійкість слабка, особливо у безсніжні зими.

На кожному із досліджуваних сортів було шість варіантів: 1) контроль (к); 2) обробка мікродобривом Авангард Р Плодово-ягідні + фунгіциди (Страж, Джек Пот) (А + ф); 3) обробка Фітоцид-р[®] (ф-д); 4) обробка Мікохелп[®] (м-п); 5) обробка Гуміфренд[®] (г-ф); 6) обробка Органік – баланс[®] (о-б). За контроль було взято варіант – без обробок, на фоні природного інфекційного зараження збудниками основних грибних хвороб: борошнистої роси, сірої гнилі та плямистостей листя.

Згідно з офіційним сайтом компанії «БТУ-центр» [1], призначення запропонованих для вивчення біопрепаратів: Фітоцид-р[®] – біопрепарат з фунгіцидною дією для захисту рослин від хвороб; Мікохелп[®] – багатофункціональний, багатоконпонентний біопрепарат для лікування та профілактики грибних захворювань; Гуміфренд[®] – комплексне добриво на основі гумату калію з додатковим вмістом корисних мікроорганізмів та продуктів їх метаболізму; Органік – баланс[®] – біопрепарат для стимуляції росту та розвитку культур, збалансованого живлення, підвищення стійкості до стресів та хвороб.

Відповідно до офіційного сайту аграрної компанії UKRAVIT [10], компонентний склад мікродобрива Авангард Р Плодово-ягідні, г/л такий: Со – 0,1, Мо – 0,1, Zn – 1, Cu – 0,5, Mn – 1, Fe – 1, В – 1, SO₃ – 3,5, K₂O – 100, P₂O₅ – 50, N – 50.

Обробки біопрепаратами здійснювали позакоренево у рекомендованих концентраціях ввечері після заходу сонця. Рослини обробляли 3–4 рази з

інтервалом у 14–21 днів залежно від препарату. Першу обробку проводили у фазу висування 1-го квітконоса, другу – на початку фази цвітіння; третю – в період масового цвітіння; четверту – на початку фази досягання плодів.

Обробку мікродобривом проводили за схемою: Авангард Р Плодово-ягідні (3 л/га) + фунгіцид Страж, 1,0 л/га (I підживлення), фунгіцид Джек Пот, 0,4 л/га (II підживлення), фунгіцид Страж, 1,0 л/га (III підживлення). Позакореневі підживлення здійснювали в такі терміни (фенофази): I підживлення – у фазі бутонізації (висування квітконосів), II підживлення – у фазі наливу плодів (стадія зеленого плоду), III підживлення – після збору врожаю.

В умовах польового дослідження вивчали складові продуктивності: ступінь ураження рослин збудниками борошнистої роси, білої плямистості, сірої гнилі та морфоструктуру: великоплідність, урожайність (біологічну та господарську). Використано трирічний цикл експлуатації ягідного насадження: перший рік – для наростання кущів рослин, а другий та третій – для обліку даних. Обліки проведено відповідно до загальноприйнятих методик, зокрема «Методики проведення експертизи сортів рослин групи плодових, ягідних, горіхоплідних, субтропічних та винограду на придатність до поширення в Україні» [6]. Отримані експериментальні результати опрацьовано за допомогою комп'ютерної статистичної програми дисперсійного аналізу.

Виклад основного матеріалу. Продуктивність суниць ананасових лімітується, як правило, низькою адаптацією сортів до локальних кліматичних умов, ураженістю фітопатогенами та рівнем структурних компонентів сортової продуктивності.

Найнесприятливішими були зимовий та весняний періоди 2019–2020 років досліджень. Снігового покриву не було взагалі. Середня температура становила: грудня – + 2,4 °С, січня – - 2,3 °С, лютого – + 2,0 °С. Весняні приморозки впродовж 10–13.05.2020 р. на рівні мінус 2,0 °С спричинили елімінацію 40–55 % перших та других квіток термінальних суцвіть на обох досліджуваних сортах. У другій половині травня 2019 року (період інтенсивного росту плодів) сформувалися сприятливі для розвитку й розповсюдження грибних хвороб та вкрай стресові для плодоносних рослин суниць ананасових погодні умови: надмірна кількість вологи та помірна температура повітря. Так, виявлено перевищення середньої багаторічної кількості опадів у 2,4 раза: 161 мм

проти 66 мм. У червні, навпаки, опадів було практично удвічі менше порівняно зі середнім багаторічним показником: 41 мм проти 81,7 мм, й виявлено різке підвищення температури повітря: середній показник за місяць становив 21,2 °С порівняно з 16,7 °С – середнього багаторічного показника, що спричинило повітряну посуху.

Як бачимо з табл. 1, у досліджуваних варіантах простежується чітка сортова реакція на рівень ураження патогенами. Так, на сорті 'Florence' застосування мікродобрива Авангард Р Плодово-ягідні + фунгіциди та Фітоцид-р® допомогло досягти ефективного обмеження розвитку всіх фітопатогенів: ознаки ураження *Oidium fragariae* Harz. та *Ramularia Tulasnei* Sacc. відсутні, а ураження *Botrytis cinerea* Pers. на рівні 4 % порівняно з 8 % на контролі. Застосування Мікохелп®, Гуміфренд® та Органік – баланс® не мало жодного впливу на *Oidium fragariae* Harz. – ураження цим грибом як на контролі, так і в цих варіантах, оцінено в 1 бал. Застосуванням Мікохелп® та Органік – баланс® вдалося значно знизити ураження *Ramularia Tulasnei* Sacc.: із сильного (на 3 бали) на контролі до слабкого (на 1 бал); Гуміфренд® із сильного до середнього (на 2 бали). Застосування Мікохелп®, Гуміфренд® та Органік – баланс® удвічі зменшило відсоток уражених *Botrytis cinerea* Pers. плодів порівняно з контролем.

Рослини сорту 'Elsanta' не зазнали ураження *Oidium fragariae* Harz. та *Ramularia Tulasnei* Sacc. У варіантах із застосуванням мікродобрива Авангард Р Плодово-ягідні + фунгіциди, Фітоцид-р® та Мікохелп®, а ураження *Botrytis cinerea* Pers. становило від 2 до 4 % порівняно з 16 % на контролі. Застосування Гуміфренд® та Органік – баланс® не мало жодного впливу на *Ramularia Tulasnei* Sacc. – ураження цим грибом як на контролі, так і в цих варіантах, оцінено в 1 бал. Застосуванням Гуміфренд® та Органік – баланс® вдалося дещо знизити ураження *Oidium fragariae* Harz.: із середнього (на 2 бали) на контролі до слабкого (на 1 бал). Застосування Гуміфренд® та Органік – баланс® удвічі зменшило відсоток уражених *Botrytis cinerea* Pers. плодів порівняно з контролем.

Як бачимо з табл. 2, застосування всіх досліджуваних препаратів мало яскраво виражений стимулюючий репродукційний ефект щодо генетично закладеного сортового потенціалу на обох сортах, що кількісно проявилось у морфоструктурних складових їх продуктивності: більшій кількості ріжків / квітів / зав'язі шт. на 1 м п., середній масі плоду, врожайності.

Таблиця 1

Стійкість сортів проти фітопатогенів

Варіант	<i>Oidium fragariae</i> Harz., бал	<i>Ramularia Tulasnei</i> Sacc., бал	<i>Botrytis cinerea</i> Pers., %
'Florence' (к)	1	3	8
'Florence' / А + ф	0	0	2
'Florence' / ф-д	0	0	2
'Florence' / м-п	1	1	4
'Florence' / г-д	1	2	4
'Florence' / о-б	1	1	4
'Elsanta' (к)	2	1	16
'Elsanta' / А + ф	0	0	2
'Elsanta' / ф-д	0	0	4
'Elsanta' / м-п	0	0	4
'Elsanta' / г-ф	1	1	8
'Elsanta' / о-б	1	1	8

Таблиця 2

Морфоструктура сортової продуктивності,
середнє за вегетації 2020 та 2021 рр.

Варіант	Біологічна врожайність		Господарська врожайність		
	Кількість квітконосів на 1 м. п.	Кількість квітів/кількість зав'язі, шт./ на м. п.	Середня маса плоду, г	Врожайність, кг/м. п.	Врожай- ність, т/га
'Florence' (к)	41	369/338	18,7	0,992	12,4
'Florence' / А + ф	45	395/341	19,6	1,120	14,0
'Florence' / ф-д	44	390/339	19,8	1,119	13,9
'Florence' / м-п	43	374/340	19,1	1,104	13,8
'Florence' / г-д	42	372/338	18,9	1,089	13,6
'Florence' / о-б	42	378/337	18,5	1,004	12,6
НІР ₀₅					0,32
'Elsanta' (к)	36	306/279	11,5	0,890	11,1
'Elsanta' / А + ф	40	399/378	12,5	1,073	13,4
'Elsanta' / ф-д	41	389/365	12,0	1,069	13,3
'Elsanta' / м-п	38	329/315	11,8	0,990	12,4
'Elsanta' / г-д	39	380/356	12,0	0,996	12,5
'Elsanta' / о-б	37	329/305	11,5	0,993	12,4
НІР ₀₅					0,34

В обох сортів найбільшу кількість ріжків / квітів / зав'язі шт. на 1 м. п. та найвищі показники середньої маси плоду (г) / врожайності (т/га) виявлено у варіантах із застосуванням Авангард Р Плодово-ягідні + фунгіциди та Фітоцид-р[®]: сорт

'Florence' – 45 та 44 (к-41) / 395 та 390 (к-369) / 341 та 339 (к-338); 19,6 та 19,8 (к-18,7) / 14,0 та 13,9 (к-12,4); сорт 'Elsanta' – 40 та 41 (к-36) / 399 та 389 (к-306) / 378 та 365 (к-279); 12,5 та 12,0 (к-11,5) / 13,4 та 13,3 (к-11,1).

Як бачимо з табл. 2, істотне перевищення господарської врожайності контролю виявлено в усіх досліджуваних варіантах обох сортів.

Висновки

1. Досліджувані сорти по-різному реагували на застосовувані препарати.
2. Найвищий ефект обмеження розвитку хвороб на обох досліджуваних сортах суниць ананасових виявлено у варіантах зі застосуванням мікродобрива Авангард Р Плодово-ягідні + фунгіцид та препарату Фітоцид-р[®]: стан рослин був відмінний – листя здорове, рослини потужні, ознак ураження *Oidium fragariae* Harz. та *Ramularia Tulasnei* Sacc не було, а ураження *Botrytis cinerea* Pers – на рівні 2–4 % порівняно з 8–16 % на контролі. Сорт ‘Elsanta’ добре зреагував на застосування Мікохелп[®]: ознак ураження *Oidium fragariae* Harz. та *Ramularia Tulasnei* Sacc не було, а ураження *Botrytis cinerea* Pers – на рівні 4 % порівняно з 16 % на контролі.
3. Найвищий рівень реалізації сортової продуктивності виявлено у варіантах із застосуванням мікродобрива Авангард Р Плодово-ягідні + фунгіцид та Фітоцид-р[®].
4. В обох випадках тільки дотримання рекомендованих доз, термінів та способів обробки сертифікованими вітчизняними препаратами дозволяє проводити відповідальне ягідництво, метою якого є отримання безпечного вітамінного продукту.

Бібліографічний список

1. БТУ-Центр. URL: <https://btu-center.com>. (дата звернення: 07.03.2022).
2. Гель І. М., Рожко І. С. Суниця: біологія, сорти, технології вирощування та переробки: навч. посіб. Львів: Український бестселер, 2011. 110 с.
3. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. Київ: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2008. 352 с. URL: <http://lib.udau.edu.ua/bitstream/123456789/1721/1.pdf> (дата звернення: 15.03.2022).
4. Зінченко Т. І. Гігієнічна оцінка безпечності суниці при застосуванні інсектицидів та фунгіцидів в системі хімічного захисту. *Медична наука України*. 2016. Т. 12, № 3–4. С. 103–108.
5. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / [С. П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко]; за ред. С. П. Іванюти. Київ: НІСД, 2020. 110 с. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf (дата звернення: 10.04.2022).
6. Методика проведення експертизи сортів рослин групи плодових, ягідних, горіхоплідних, субтропічних та винограду на придатність до поширення в Україні. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f416b7ea4b.pdf> (дата звернення: 10.06.2022).
7. Наказ 21.07.2008 № 444/74 Про затвердження галузевої Програми розвитку садівництва України на період до 2025 року і галузевої Програми розвитку виноградарства та виноробства України на період до 2025 року 2008. URL: <http://consultant.rarus.ua/?doc=04Z0Q56F19&abz=7SAV1>. (дата звернення: 10.04.2022).
8. Пестициди: вгадайте, які фрукти та овочі найбільш забруднені? 2007. URL: <https://musa.news/uk/pesticidi-indovina-quali-sono-la-frutta-e-la-verdura-piu-contaminate-la-classifica-sporca-dozzina/> (дата звернення: 10.03.2022).
9. Постанова Ради (ЄС) № 834/2007 від 28 червня 2007 року стосовно органічного виробництва і маркування органічних продуктів, та скасування Постанови (ЄС) № 2092/91. 2007. URL: http://organicstandard.com.ua/files/standards/ua/ec/EU%20Reg_834_2007%20Organic%20Production_UA.pdf (дата звернення: 10.03.2021).
10. Укравит. Аграрна компанія UKRAVIT. URL: <https://ukravit.ua/uk/> (дата звернення: 07.03.2022).

Стаття надійшла 28.04.2022

УДК 635.347:631.85

**ВПЛИВ РІДКИХ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ (РКД 3: 18:18)
НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ КАПУСТИ ПЕКІНСЬКОЇ*****О. Дидів, к. с.-г. н.**

ORCID ID: 0000-0003-4155-5945

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.105>**Дидів О. Вплив рідких комплексних добрив (РКД 3:18:18) на врожайність та якість капусти пекінської**

Капуста пекінська вимоглива до родючості ґрунту, а також забезпечення макро- та мікроелементами. Високий урожай капусти пекінської одержують на родючих, суглинкових ґрунтах, рН – близьке до нейтрального. За порушення балансу мінеральних речовин у ґрунті та браку вологи рослини відстають у рості.

Одним із ефективних мінеральних добрив в екологічному аспекті є рідкі комплексні добрива (РКД 3:18:18), які легко засвоюються рослинами. В умовах Західного Лісостепу України на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах проведені дослідження з вивчення впливу різних норм рідких комплексних добрив (РКД 3:18:18) на врожайність та біохімічний склад капусти пекінської.

Предметом дослідження був гібрид капусти пекінської Ендура F₁. Схема досліду передбачала такі варіанти:

1) Контроль (без добрив); 2) РКД – 40 л/га; 3) РКД – 80 л/га; 4) РКД – 120 л/га; 5) РКД – 160 л/га; 6) РКД – 200 л/га.

У середньому за три роки досліджень великі головки (довжина – 27 і 30 см, ширина – 12 і 14 см) масою 1000 і 1100 г, щільністю 9 і 8 балів, одержали у варіантах: РКД – 160 л/га та РКД – 200 л/га, тоді як на контролі (без добрив) ці показники були найменші та становили відповідно: довжина – 19 см, ширина – 9 см, вага – 600 г.

За безрозсадного способу вирощування капусти пекінської із використанням рідких комплексних добрив (РКД) у нормі 120 л/га та 160 л/га одержали високий урожай товарних головок (74,2 та 84,6 т/га), що перевищує контроль (без добрив – 49,4 т/га) відповідно на 24,8 і 35,4 т/га. Встановлено, що підвищені норми рідких комплексних мінеральних добрив (200 л/га) не сприяють суттєвому збільшенню врожайності.

Рідкі комплексні добрива підвищували якість головок капусти пекінської, зокрема найвищий вміст сухої речовини (8,56 %), загального цукру (2,72 %), вітаміну «С» (32,8 мг/%), білка (1,84 %), одержали у варіанті за внесення РКД у нормі 120 л/га.

Уміст нітратного азоту в усіх варіантах досліду не перевищував гранично допустиму концентрацію. Для одержання високого врожаю (84,6 т/га) з доброю якістю продукції капусти пекінської гібрида Ендура F₁ за безрозсадного способу вирощування на темно-сірих опідзолених ґрунтах в умовах Західного Лісостепу України доцільно вносити рідке комплексне мінеральне добриво (РКД 3:18:18) в нормі 160 л/га.

Встановлено, що підвищені норми рідких комплексних добрив (200 л/га) не сприяють суттєвому зростанню врожайності.

Ключові слова: капуста пекінська, безрозсадний спосіб, рідке комплексне мінеральне добриво, норми добрив, маса головки, урожайність, якість продукції.

Dydiv O. The influence of liquid complex fertilizers (LCF 3:18:18) on yield and quality of Chinese cabbage

Chinese cabbage is demanding on soil fertility, as well as provision of macro- and microelements. A high yield of Chinese cabbage is obtained on fertile, loamy soils, the pH is close to neutral. Due to a violation of the balance of mineral substances in the soil and a lack of moisture, plants lag behind in growth.

In ecological terms, liquid complex fertilizers (LCF 3:18:18), which are easily absorbed by plants, are the effective mineral fertilizers. The studies on the influence of different rates of liquid complex fertilizers (LCF 3:18:18) on the yield and biochemical composition of Chinese cabbage were conducted in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine on dark grey podzolic light loamy soils.

The subject of the research was a hybrid of Chinese cabbage called Enduro F₁. The scheme of the experiment included the following variants: 1) Control (without fertilizers); 2) LCF – 40 l/ha; 3) LCF – 80 l/ha; 4) LCF – 120 l/ha; 5) LCF – 160 l/ha; 6) LCF – 200 l/ha.

For three years of the research, a large length (27 and 30 cm), long width (13-14 sm) and weight of heads (1000 and 1100 g), density of 8 and 9 points, were obtained on the variants with LCF – 160 l/ha and LCF – 200 l/ha, while in the control version (without fertilizers) these figures were the lowest and amounted for 19.9 cm and 600 g respectively.

Having applied the field-seeded method of growing Chinese cabbage using the liquid complex mineral fertilizer (LCF 3:18:18) at the rate of 120 l/ha (LCF) and 160 l/ha (LCF), one obtained the high yielding capacity of Chinese cabbage

*Науковий консультант: академік НААН, професор, д. с.-г. н. Хареба В. В.

heads (74,2 and 84,6 t/ha), which exceeds the control (without fertilizers – 49.4 t/ha) by 24.8 and 35.4 t/ha respectively. It was found that the increased rates of liquid complex fertilizers (LCF 3:18:18) of 200 l/ha did not contribute to a significant increase in yielding capacity.

Liquid complex mineral fertilizers (LCF 3:18:18) improved the quality of Chinese cabbage heads, in particular, one obtained the highest content of dry matter (8.56 %), total sugar (2.72 %), ascorbic acid (32.8 mg/%), protein (1.84 %) in version 4 at (LCF) the rate of 120 l/ha. The content of nitrate nitrogen in all variants of the experiment did not exceed the maximum permissible concentration (MPC).

There is a suggestion to apply a liquid complex mineral fertilizer (LCF 3:18:18) at the rate of 160 l/ha in order to obtain a high yielding capacity with good quality of Chinese cabbage heads of the Enduro F₁ hybrid. One should apply the field-seeded method of cultivation on dark grey podzolic soils in the Western Forest Steppe of Ukraine.

Key words: Chinese cabbage, field-seeded method, liquid complex mineral fertilizer, fertilizer rates, length and long width of the head, yielding capacity, product quality.

Постановка проблеми. Умови Західного Лісостепу України сприятливі для вирощування високих урожаїв різних видів капуст, зокрема капусти пекінської. Аналізуючи літературні джерела, варто зауважити, що одним із важливих факторів підвищення врожайності овочевих культур є внесення органічних і мінеральних добрив, мікродобрив, регуляторів росту та їх комбіноване застосування [1].

Для формування високого врожаю капусти пекінської з доброю якістю продукції, крім основних елементів живлення, важливу роль відіграють мікроелементи, які входять до складу ферментів, а також те, в якому стані подається добриво рослині. Рідкі комплексні мінеральні добрива стимулюють ріст рослин капусти пекінської, прискорюють їх розвиток, підвищують стійкість до несприятливих умов зовнішнього середовища та хвороб. Особливо це проявляється в період весняного та літнього браку вологи, коли тверді мінеральні добрива важкодоступні для кореневої системи рослин капусти. За наявності мікроелементів, які подаються у рідкому стані, рослини капусти пекінської краще засвоюють основні елементи живлення [10].

Внесення рідких добрив та способи вирощування – один із найбільш швидкодіючих чинників, який впливає на врожайність та якість овочевої продукції [5]. Тому з огляду вдосконалення технології вирощування і одержання екологічно безпечної продукції капусти пекінської сьогодні актуального значення набуває вивчення ефективності оптимальних норм рідкого комплексного мінерального добрива (РКД 3:18:18) в умовах Західного Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Капуста пекінська (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis* (Lour. Kitam.) належить до родини капустяних (*Brassicaceae*). Вона – одна з найпоширеніших овочевих культур серед усіх видів капуст, яку сьогодні вирощують в усьому світі у відкритому та захи-

щеному ґрунті як повторну культуру, оскільки ця рослина однорічна та скоростигла. Вона має добру лежкість під час зберігання, що сприяє надходженню її до споживача у свіжому вигляді весь рік [9].

Капуста пекінська має високі смакові якості та харчову цінність. За білково-амінокислотним складом вона посідає перше місце серед салатних рослин. Тому часте вживання в їжу культури зменшує розвиток раку в організмі, очищує кров, цілюще впливає на шлунково-кишковий тракт, печінку, жовчний міхур, сприяє загоюванню виразки шлунка. Аналіз публікацій свідчить, що врожайність і якість капусти пекінської значною мірою залежать від багатьох чинників. За даними [3; 4] необхідно врахувати біологічні особливості гібридів капусти пекінської для конкретної ґрунтово-кліматичної зони, систему обробітку та способи вирощування, за яких можна одержати високі врожаї цієї культури.

Відомо, що одним із суттєвих факторів підвищення врожайності овочевих культур, зокрема капустяних, є внесення органічних та мінеральних добрив. В умовах Західного Лісостепу України на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах внесення твердих мінеральних добрив у нормі N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ на фоні 3 т/га СаСО₃ забезпечило високий урожай головок капусти пекінської (95,7 т/га) з доброю якістю продукції [3; 10].

За даними багатьох науково-дослідних установ країни, доцільне при вирощуванні капусти пекінської сумісне внесення органічних та мінеральних добрив. Під капусту вносять повне мінеральне добриво (кг/га д. р. N₆₀₋₁₂₀, P₆₀₋₁₀₀, K₆₀₋₁₅₀) залежно від типу і родючості ґрунту. Слід враховувати, що у ґрунті щорічно розкладається 40–50 т органічної маси попередника. Підвищені й високі норми твердих азотних добрив, особливо, коли їх вносять без урахування біологічних особливостей культури й сорту, оптимального співвідношення між NPK, сприяють накопиченню нітратів у головках капусти [8].

Постановка завдання. Наше завдання – вивчити вплив норм рідких комплексних мінеральних добрив (РКД 3:18:18) на врожайність та якість головок капусти пекінської за безрозсадного вирощування в умовах Західного Лісостепу України.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводили на дослідному полі кафедри садівництва та овочівництва ім. проф. І. П. Гулька Львівського національного університету природокористування протягом 2019–2021 рр. У дослідях застосовували рідке комплексне мінеральне добриво (РКД 3:18:18) вітчизняного виробництва (ЗАТ «Черкасазот»). Добриво входить до Державного реєстру пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Його хімічний склад: N – 3,0 %, P₂O₅ – 18 %, K₂O – 18 %.

Схема досліду передбачала такі варіанти: 1) Контроль (без добрив); 2) РКД – 40 л/га; 3) РКД – 80 л/га; 4) РКД – 120 л/га; 5) РКД – 160 л/га; 6) РКД – 200 л/га.

Влітку під культивування вносили рідке комплексне мінеральне добриво (РКД 3:18:18) згідно зі схемою досліду. Досліди закладали відповідно до методики дослідної справи в овочівництві та баштанництві [2]. Попередником капусти пекінської була рання картопля. Капусту пекінську гібрида Ендуро F₁ вирощували безрозсадним способом. Строки висіву насіння – I декада липня на глибину 1,5–2,0 см, за схемою 60×20 см.

Облікова площа ділянки – 18 м². Повторність досліду триразова, розміщення варіантів систематичне. Ґрунт дослідного поля темно-сірий опідзолений легкосуглинковий в орному горизонті (0–20 см), характерний такими агрохімічними показниками: рН_{сол.} – 5,4–5,7, гідролітична кислотність – 2,3–3,3 мг-екв./100 г ґрунту, сума увібраних основ – 12,0–14,5 мг-екв./100 г ґрунту, вміст гумусу – 1,3–2,0 %, забезпеченість легкогідролізованим азотом (за Корнфілдом) – 118–129 мг/кг, рухомим фосфором (за Кірсановим) – 118–150 мг/кг, обмінним калієм (за Кірсановим) – 82–115 мг/кг, кальцій обмінний – 5,1–6,3 мг-екв./100 г, магній обмінний – 1,1–1,8 мг-екв./100 г. Технологія вирощування капусти пекінської загальноприйнята для умов Західного Лісостепу України.

Догляд за посівами передбачав інтегрований захист від бур'янів та шкідників. У період вегетації проводили фенологічні спостереження за рослинами капусти пекінської, де відзначали: дату появи сходів, утворення розетки листя, форму-

вання головки, технічну стиглість. Обліковували врожай суцільно ваговим методом у третій декаді жовтня, визначаючи середню масу головки та її довжину й ширину, урожайність і товарність головок.

У зібраних головках капусти пекінської визначали біохімічні показники: вміст сухої речовини (ДСТУ 7804:2015), вміст загального цукру (ДСТУ 4954:2008), вміст вітаміну «С» (ГОСТ 24556-89), вміст білка (ДСТУ 7824:2015), розчинні сухі речовини (рефрактометром), нітрати (іонометричним методом) [7]. Статистичну обробку отриманих даних результатів досліджень проводили методом дисперсійного аналізу за методикою Б. А. Доспехова та за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення Excel і Statistica 6.0 [6].

Дослідженнями встановлено, що норми внесення рідкого комплексного мінерального добрива (РКД 3:18:18) впливали на масу, довжину, ширину, урожайність, товарність та щільність головок капусти пекінської.

У середньому за три роки досліджень (табл. 1) висота головки змінювалася в межах від 19 см (контроль) до 30 см (РКД – 200 л/га), приріст до контролю становив від 2 см (без добрив) до 11 см (РКД – 200 л/га).

Ширина головки та її щільність збільшувалися прямо пропорційно до збільшення норм рідких комплексних мінеральних добрив. Найбільшу ширину (13 і 14 см) та щільність (9 і 8 балів) головок капусти пекінської спостерігали за внесення РКД у нормі 160 і 200 л/га. Приріст до контролю (без добрив) за шириною головки становив 4 (РКД – 160 л/га) і 5 см (РКД – 200 л/га), а за щільністю – 9 і 8 балів відповідно до варіанта.

Отже, аналіз показав, що менш сприятливі ґрунтово-кліматичні умови були у 2019 р. порівняно із 2020 та 2021 роками, що загалом позначилося на зменшенні розмірів та маси, а відповідно на врожайності й товарності головок капусти пекінської.

Встановлено, що в середньому за три роки досліджень (табл. 2) внесення рідких комплексних добрив сприяло збільшенню товарності головок капусти пекінської від 93,2 (РКД – 40 л/га) до 97,8 % (РКД – 160 л/га), тоді як на контролі цей показник був найменший (90,4 %).

Результати досліджень показали, що маса головки капусти пекінської змінювалась від 600 (контроль) до 1100 г (РКД – 200 л/га) залежно від погодних умов вегетаційного періоду та особливостей застосування рідких комплексних мінеральних добрив у овочевій сівозміні. А також слід

зауважити, що систематичне застосування мінеральних добрив у овочевій сівозміні в опти-

мальних нормах сприяє її стабілізації та економним використанням ґрунтових запасів вологи.

Таблиця 1

**Якісні показники врожаю капусти пекінської
залежно від норм рідких комплексних добрив, середнє за 2019–2021 рр.**

Варіант досліджу	Висота головки, см	±, до контролю	Ширина головки, см	±, до контролю	Щільність, бали	±, до контролю
Без добрив (контроль)	19	-	9	-	3	
РКД – 40 л/га	21	2	10	1	4	1
РКД – 80 л/га	22	3	11	2	5	2
РКД – 120 л/га	25	6	12	3	7	4
РКД – 160 л/га	27	8	13	4	9	6
РКД – 200 л/га	30	11	14	5	8	5

Таблиця 2

**Урожайність і товарність капусти пекінської
залежно від норм рідких комплексних добрив, середнє за 2019–2021 рр.**

Варіант досліджу	Товарність, %	Маса головки, г	Урожайність, т/га	Приріст до контролю	
				т/га	%
Без добрив (контроль)	90,4	600	49,4	-	-
РКД – 40 л/га	93,2	750	54,8	6,4	13,0
РКД – 80 л/га	95,6	820	68,8	19,4	39,2
РКД – 120 л/га	96,2	950	74,2	24,8	50,2
РКД – 160 л/га	97,8	1000	84,6	35,2	71,2
РКД – 200 л/га	96,4	1100	85,8	36,4	73,6

Найменшу врожайність капусти пекінської спостерігали у контрольному варіанті (без добрив) – 49,4 т/га. Внесення рідких комплексних добрив сприяло підвищенню врожайності капусти пекінської. Так, приріст до контролю становив від 6,4 т/га (РКД – 40 л/га) до 36,4 т/га (РКД – 200 л/га).

За безрозсадного способу вирощування збільшення норми рідкого комплексного мінерального добрива (РКД 3:18:18) у три рази (РКД – 160 л/га) виявилось дуже ефективним. Зокрема врожайність капусти пекінської порівняно з контролем зросла на 35,2 т/га або 71,2 %. За внесення рідкого комплексного добрива в нормі (РКД – 200 л/га) приріст урожаю головок капусти пекінської порівняно з нормою (РКД – 160 л/га)

становив лише 1,2 т/га або 2,4 %. Підвищені норми добрив (РКД – 200 л/га) сприяли незначному зростанню врожайності та зниженню якості товарної продукції капусти пекінської.

Ефективність добрив значною мірою зумовлює агрофізичні, агрохімічні та мікробіологічні властивості ґрунтів, що неабияк позначається на якості агропродукції. Мінеральні добрива – один з найбільш активних і швидкодіючих чинників впливу на обмін речовин у рослинах та на якість овочевої продукції. Тож для підвищення врожайності та покращання якості продукції капусти пекінської необхідно раціонально застосовувати рідкі комплексні мінеральні добрива.

На основі проведених лабораторних досліджень встановлено, що залежно від норм рідких комплексних мінеральних добрив (РКД 3:18:18) та року досліджень змінювався біохімічний склад головок капусти пекінської.

З аналізу табл. 3 бачимо, що загалом рідкі комплексні мінеральні добрива покращують якість товарної продукції капусти пекінської. Так, за внесення рідких мінеральних добрив у нормі РКД – 80 л/га зріс вміст сухої речовини (8,15 %) порівняно з конт-

ролем на 1,03 %. Високий вміст: сухої речовини (8,56 та 7,28 %); розчинних сухих речовин (8,16 та 7,48 %); загального цукру (2,72 та 2,56 %); вітаміну «С» (32,82 та 26,12 мг%); білка (1,84 і 1,92 %) виявлено у варіантах, де вносили РКД у нормі 120 та 160 л/га. За внесення підвищених норм рідких комплексних мінеральних добрив РКД – 200 л/га спостерігали зниження вмісту сухої речовини до 5,48 %, цукрів – 1,54 %, вітаміну «С» – 19,44 мг, % (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив рідкого комплексного мінерального добрива (РКД 3:18:18) на біохімічні показники капусти пекінської, середнє за 2019–2021 рр.

Варіант досліджу	Розчинні сухі речовини, %	Суша речовина, %	Загальний цукор, %	Вітамін С, мг/%	Білок, %	Нітрати, мг/кг
Без добрив (контроль)	7,22	7,12	2,18	20,26	1,12	628
РКД – 40 л/га	7,46	7,25	2,26	22,44	1,25	648
РКД – 80 л/га	7,82	8,15	2,48	26,60	1,43	780
РКД – 120 л/га	8,16	8,56	2,72	32,82	1,84	810
РКД – 160 л/га	7,48	7,28	2,56	26,12	1,92	848
РКД – 200 л/га	6,14	5,48	1,54	19,44	1,09	860

У середньому за три роки досліджень уміст нітратів у головках капусти пекінської коливався в межах від 628 мг/кг (контроль – без добрив) до 860 мг/кг (РКД – 200 л/га) та не перевищував ГДК в усіх варіантах досліджу.

Висновки. Одержані результати досліджень з вивчення ефективності різних норм рідких комплексних мінеральних добрив (РКД 3:18:18) за безрозсадного способу вирощування капусти пекінської на темно-сірих опідзолених ґрунтах Західного Лісостепу України актуальні. Встановлено, що застосування рідких комплексних мінеральних добрив у нормі РКД – 160 л/га дало змогу одержати високий урожай товарних головок капусти пекінської (84,6 т/га) з доброю якістю продукції.

Бібліографічний список

1. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2013. 406 с.
2. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа, 2001. 370 с.
3. Дидів О. Й., Дидів І. В., Матковська М. М. Урожайність і якість гібридів капусти пекінської в умовах західного регіону України. *Вісник ЛНАУ: агрономія*. 2012. № 16. С. 357–361.
4. Дидів О. Й. Урожайність, якість і придатність до зберігання гібридів капусти пекінської в умовах Західного Лісостепу України. *Інновації у виробництві,*

зберіганні та переробці рослинницької сировини: матеріали тез Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 50-річчю створення кафедри технології зберігання, переробки та стандартизації продукції рослинництва ім. проф. Б. В. Лесика та 120-річчю НУБіП України (м. Київ, 26–27 червня 2018 року). Київ: ЦП КОМПРИНТ, 2018. С. 69–70.

5. Дидів О. Й., Хареба В. В., Дидів І. В., Бальковський В. В., Денис В. Урожайність та якість капусти пекінської залежно від застосування мікродобрива «5 ELEMENT» у Західному Лісостепу України. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій: матеріали XXII Міжнар. наук.-практ. форуму* (м. Львів, 5–7 жовтня 2021 року). Львів: ННВК«АТБ». 2021. С. 288–292.

6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

7. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця, 2016. 159 с.

8. Система удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку XXI століття / за ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошніченка. Київ: Альфа-стевія, 2016. 400 с.

9. Сич З. Д., Сич І. М. Гармонія овочевої краси та користі. Київ: Арісей, 2005. 192 с.

10. Nurzylnski J. Nawozenie roslin ogroddniczych. Lublin: Wydawnictwo AR, 2013. 179 s.

Стаття надійшла 29.09.2022

ВИРОЩУВАННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ В УМОВАХ ЛЬВІВЩИНИ**С. Стефанюк, к. с.-г. н.**

ORCID ID: 0000-0002-6837-9411

Львівський національний університет природокористування<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.110>**Стефанюк С. Вирощування цибулі ріпчастої в умовах Львівщини**

Державний реєстр сортів України щороку досить активно поповняється новими сортами, недостатньо вивченими в умовах зміни клімату. Обґрунтовано важливість вибору оптимального сорту чи гібрида, адаптованого до умов зони вирощування.

Наведено важливі чинники, на які слід звернути увагу при виборі сорту та гібрида. Зазначено, що цибуля ріпчаста – рослина довгого дня, відповідно вона добре росте за 13–18-годинного дня. За пізніх термінів сівби і появи сходів та забур'янення всі ростові процеси у рослин зсуваються на період, коли день стає коротшим, унаслідок чого рослини довго вегетують і формують цибулини низької якості. Зауважено, що цибуля – вологолюбна рослина, і найбільша потреба її припадає на період проростання, наростання листя та формування цибулин.

Досліджено гібриди: Банк F₁ – контроль, Маркет F₁, Скапіно F₁, Дамаркус F₁, Бонус F₁, Дакапо F₁ в умовах дослідного поля Львівського національного університету природокористування упродовж 2019–2020 років. Догляд за рослинами загальноприйнятій для зони вирощування.

Показано зміну врожайності цибулі ріпчастої за роки досліджень. Відібрано високопродуктивні гібриди Бонус F₁ та Скапіно F₁, які забезпечили урожайність 24,7 т/га і 23,0 т/га, де на контролі – 22,7 т/га (Банк F₁) в середньому за два роки. Зауважено, що найбільша товарність урожаю змінювалась із 92,4 % (Дакапо F₁) до 81,8 % (Дамаркус F₁), а на контролі отримали 89,3 %. Найменшу кількість нетоварних цибулин отримали у гібрида Дакапо F₁ – 1,5 т/га за сумарної врожайності 18,9 т/га. Найбільше нетоварної цибулі забезпечив гібрид Скапіно F₁ 3,6 т/га, на контролі – 2,4 т/га.

Простежено зміни біохімічного складу цибулин у гібридів. Сухої речовини у гібрида Бонус F₁ – 12,1 %, а на контролі – 11,2 %. Високим вмістом цукрів та вітаміну С відзначилися гібрид Бонус F₁ (9,3 % та 11,4 мг/100 г) і Скапіно F₁ (8,3 % та 10,3 мг/100 г) відповідно.

Показано, що упродовж 2019–2020 років досліджень найкращу врожайність забезпечили гібриди цибулі ріпчастої Скапіно F₁ та Бонус F₁ – 23,0 т/га та 24,7 т/га, відповідно. Товарний урожай у цих гібридів становив 84,3 % (Скапіно F₁) і 91,3 % (Бонус F₁). Біохімічний склад цибулин також був високий.

Ключові слова: цибуля ріпчаста, гібрид, сорт, урожайність, товарність, біохімічний склад.

Stefaniuk S. Growing onion in the conditions of Lviv region

In the article, it is noted that the State register of crop varieties of Ukraine is actively enriched with new varieties, which are not much studied in the conditions of climate changes. The author stresses on the importance of the appropriate choice of an optimal variety or hybrid that is adapted to the conditions of growing.

The work names important factors, which should be considered while choosing the variety and hybrid. It is noted that onion is a long day plant, and therefore its growth is possible under the 13–18-hour day. Under later seeding and emergence of seedlings, as well as weeds, the plant growth processes are shifted to the period when the day gets shorter, and finally the plant vegetation lasts longer and eventually it produces a low quality onion. It is pointed that onion is a hydrophilic plant, consuming much moisture in the period of germination, leaf growth and bulb formation.

The research was conducted by using the variety and hybrids of F₁ in the conditions of the research field of Lviv National Environmental University during the period of 2019-2020. The crops were treated by the method that is commonly suitable for the whole area of growing.

In the work, the author shows changes of onion yields in the studied period. For the experiment, the highly productive hybrids Bonus F₁ and Skapino F₁ were chosen. They provided the yield of 24.7 t/ha and 23.0 t/ha respectively, whereas the control variant – 22.7 t/ha (Stryhunivska Nosivska) on average for two years. It was marked that the highest commercial yield changed from 92.4 % (Dakapo F₁) to 81.8 % (Damarkus F₁), whereas the control variety supplied – 89.3 %. The least number of non-commercial onions was obtained from the hybrid Dakapo F₁, i.e. 1.5 t/ha under the total yield of 18.9 t/ha. The largest number of non-commercial onions was produced by the hybrid Skapino F₁, i.e. 3.6 t/ha, whereas in the control variant – 2.4 t/ha.

The biochemical composition of onions differed depending on the variety and hybrid. Dry matter of the hybrid Bonus F₁ made 12.1%, whereas in the control variant, it was 11.2 %. A high content of sugars and vitamin C was marked in the hybrid Bonus F (9.3 %, 11.4 mg/100 g) and Skapino F₁ (8.3 % and 10.3 mg/100 g) respectively.

Therefore, in the studied period of 2019–2020, the highest yield was provided by the onion hybrids of Skapino F₁ and Bonus F₁, and it was 23.0 t/ha and 24.7 t/ha (Bonus F₁) respectively. The biochemical composition of onions was high as well.

Key words: onion, hybrid, variety, yield, marketability, biochemical composition.

Постановка проблеми. Західний Лісостеп за своїми агрокліматичними умовами сприятливий для вирощування цибулі ріпчастої, а відтак – отримання сталих та високих урожаїв. Одним із важливих елементів підвищення врожайності цибулі ріпчастої є правильний вибір сорту чи гібрида, стійкого до хвороб і шкідників.

Щороку Державний реєстр сортів рослин України поповнюється великою кількістю сортів і гібридів, які вирощують у конкретних кліматичних зонах і які є перспективними. Часто сорти чи гібриди реєструють без господарської характеристики і якісних показників, що не дає змоги фермерам та науковцям більш детально ознайомитись із сортом або гібридом цибулі. Іноді з великої кількості сортів чи гібридів лише одиниці конкурентоспроможні за господарськими, економічними та якісними показниками, на які орієнтується ринок.

Одним із основних чинників вибору споживачем того чи іншого сорту (гібрида) є його якість і товарний вигляд. Проте фермер не вирощуватиме сорт або гібрид цибулі з низькою врожайністю та поганою лежкістю. Для господарського вирощування культури всі якісні показники мають збігатися з їхніми високою врожайністю, лежкістю, товарним виглядом та смаковими якостями [3].

Відповідно, через недостатнє вивчення нових сортів та гібридів цибулі ріпчастої у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах неможливо впевнено впроваджувати їх у виробництво.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Цибуля ріпчаста – світлолюбна рослина. Вона вимагає високої інтенсивності освітлення і погано переносить затінення, зокрема забур'янення. Цибуля менш вимоглива до світла, ніж помідори, огірок, горох, але більш вимоглива, ніж коренеплідні рослини та капуста білоголова.

Цибуля ріпчаста – рослина тривалого дня. Вона добре росте і розвивається за 13–18-годинного дня. Мінімальна тривалість дня, потрібна для формування цибулин, коливається від 10 до 14 годин. За пізніх термінів сівби та пізньої появи сходів усі ростові процеси у рослин зсуваються на період, коли день стає коротшим, у результаті чого рослини довго вегетують, цибулини виходять не визрілими і з товстою

шийкою. Те саме відбувається за сильного затінення рослин бур'янами. При цьому немов створюються умови короткого дня [2; 5].

Цибуля ріпчаста – досить вологолюбна рослина, незважаючи на те, що її листки відрізняються високою ксерофітністю. Це обумовлено великою зволоженістю протоплазми клітин рослини, незначним обсягом і слабкою вбирною силою кореневої системи. Найбільше потребує рослина вологи (80 %) під час проростання насіння, наростання листя та формування цибулин. За браку вологи у фазі наростання листя ріст припиняється і починає формуватися цибулина. Цей процес незворотній. В останню третину вегетаційного періоду надлишок вологи сповільнює формування цибулин і погіршує визрівання. Тому в цей період вологість ґрунту має становити 70 % з низькою вологістю повітря (60–70 %) [1; 4].

Для отримання вирівняного якісного врожаю краще надавати перевагу гібридам цибулі. Перед вибором гібрида виробник має визначитись із терміном реалізації. Для реалізації цибулі впродовж травня–червня використовують гібриди короткого дня. Для зберігання і продажу продукції впродовж зими та весни підійдуть середньо- та пізньостиглі гібриди довгого світлового дня [5].

Висівають цибулю насінням без домішок, відсортованим за розміром і протруєним. Найважливіший показник якості насіння – енергія проростання (80 %) та схожість (90 %).

Найкращими попередниками для цибулі вважаються бобові культури, гарбузові, томати, озима пшениця.

Постановка завдання. На Львівщині останніми роками посівні площі під цибулею поступово зростають, відповідно виникає потреба у вивченні нових сортів та гібридів і адаптації їх до умов зони вирощування. Наше завдання – виявлення найкращих гібридів цибулі ріпчастої, придатних для вирощування в умовах Львівщини.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводили на дослідних полях кафедри садівництва та овочівництва ім. проф. Гулька І. П. Львівського національного університету природокористування впродовж 2019–2020 років. Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений, середньосуглинковий. Поливів не здійснювали, а вологу культурі забезпечували атмосферні опади.

Вміст гумусу в орному шарі – до 2,1 %, вниз за профілем поступово зменшується. Забезпеченість легкогідролізованим азотом, фосфором і калієм середня. Реакція ґрунтового розчину в орному шарі слабокисла, близька до нейтральної, рН – 5,8–6,6.

Висівали цибулю ріпчасту в першій декаді квітня широкорядним способом з нормою висіву до 6 кг/га залежно від якісних показників насіння і типу сівалки. Догляд за посівами передбачав багаторазове рихлення міжрядь і ручні прополювання бур'янів у рядках. Ґрунт постійно підтримували в пухкому стані, не допускаючи появи бур'янів і ґрунтової кірки. Рослини у фазі двохтрьох листочків проривали, формуючи оптимальну густоту. Вивчали і вирощували шість гібридів цибулі ріпчастої: Банк F₁ – контроль, Маркет F₁, Скапіно F₁, Дамаркус F₁, Бонус F₁, Дакапо F₁.

У середньому за два роки найвищу врожайність цибулі одержали у гібрида Бонус F₁ –

24,7 т/га (табл. 1), а найменшу забезпечив Дамаркус F₁ – 18,0 т/га цибулин, де приріст до контролю становив -20 т/га. Значно нижчу врожайність забезпечили гібриди Дамаркус F₁ та Дакапо F₁ – менший від контролю на 4,7 та 3,8 т/га.

За однакової густоти та різної маси цибулини змінюється і середня врожайність. Середня маса цибулин коливалась від 105,6 г у гібрида Маркет F₁ до 141,7 г у гібрида Бонус F₁. Маса цибулин у гібридів Дамаркус F₁, Дакапо F₁ і Маркет F₁ була меншою від контролю на 20, 23, 29 г відповідно. Така різниця в урожайності цибулі зумовлена не так умовами вирощування, як біологічними особливостями самих гібридів, які в різних агрокліматичних умовах проявляються по-різному.

Високою у варіантах досліду була й товарність урожаю: найвища – в гібрида Дакапо F₁ – 92,4 % від сумарного врожаю (табл. 2).

Таблиця 1

Урожайність гібридів цибулі ріпчастої, середнє за 2019–2020 рр.

Гібрид	Урожайність		Середня маса цибулини	
	т/га	до контролю, %	г	до контролю, ±
Банк F ₁ – контроль	22,7	100	134,2	-
Маркет F ₁	16,9	74,4	105,6	-29
Скапіно F ₁	23,0	101,3	134,3	+0,1
Дамаркус F ₁	18,0	79,2	114,4	-20
Бонус F ₁	24,7	108,8	141,7	+7
Дакапо F ₁	18,9	83,2	111,1	-23

Таблиця 2

Товарність урожаю цибулі ріпчастої, середнє за 2019–2020 рр.

Гібрид	Урожайність, т/га	Маса товарної частини		Маса нетоварної частини	
		т/га	%	т/га	%
Банк F ₁ – контроль	22,7	20,3	89,3	2,4	10,7
Маркет F ₁	16,9	14,7	87,2	2,2	12,8
Скапіно F ₁	23,0	19,4	84,3	3,6	15,7
Дамаркус F ₁	18,0	14,7	81,8	3,3	18,2
Бонус F ₁	24,7	22,5	91,3	2,2	8,7
Дакапо F ₁	18,9	17,4	92,4	1,5	7,6

Нетоварних цибулин у цьому варіанті лише 1,5 т/га, або 7,6 %. Дещо менше їх порівняно з гібридом Дакапо F₁ отримали у варіанті з гібридом Бонус F₁ (91,3 %), тоді як на контролі стандартних

цибулин отримали 89,3 %. Проте масова частка більша і становить 20,3 т/га. Відповідна нетоварна частка врожаю на контролі становила 10,7 %, що відповідає 2,4 т/га. В інших гібридів вихід нето-

варної продукції був вищий, ніж на контролі. Так, у гібрида Маркет F₁ нетоварні цибулини становили 12,8 % від загальної маси врожаю, у гібрида Скапіно F₁ – 15,7 %, що відповідало 2,2 та 3,6 т/га. Найбільший вихід нетоварних цибулин – 18,2 % – спостерігали в гібрида Дамаркус F₁ – 3,3 т/га.

Аналіз нетоварної частини врожаю показав, що структура його залежала від гібрида та від кліматичних умов року вирощування. У 2019 році, за умов надмірно вологого липня, основна маса нетоварних цибулин була пошкоджена несправжньою борошнистою росою та шийковою гниллю. У 2020 році за рахунок малої кількості опадів у

період визрівання – до нетоварних віднесли багато дрібних цибулин.

Один із важливих показників якості цибулин – біохімічний склад цибулі ріпчастої. Тому ми визначали вміст сухої речовини, цукрів та вітаміну С.

За роки досліджень високий вміст сухої речовини показав гібрид Дакапо F₁ (табл. 3), що на 3,3 % більше порівняно з контролем. У гібрида Бонус F₁ вміст сухої речовини на 0,9 % вищий від контролю. Найнижчий вміст сухої речовини ми виявили у гібрида Дамаркус F₁: він на 4,7 % нижчий, ніж у найкращому варіанті та на 1,4 % порівняно із контролем. Цибулини решти варіантів посідали за цим показником середнє значення.

Таблиця 3

Біохімічний склад цибулин цибулі ріпчастої залежно від гібрида, середнє за 2019–2020 рр.

Гібрид	Вміст		
	сухої речовини, %	цукрів, %	вітаміну С, мг/100г
Банк F ₁ – контроль	11,2	7,1	9,9
Маркет F ₁	10,4	6,7	10,8
Скапіно F ₁	10,8	8,1	12,3
Дамаркус F ₁	9,8	8,3	10,3
Бонус F ₁	12,1	9,3	11,4
Дакапо F ₁	14,5	7,7	10,1

Що ж до кількості цукрів, то найсолодшою була цибуля гібрида Бонус F₁ – вміст цукрів у її цибулинах перевищував контрольний показник на 2,2 %, а найменше їх містив гібрид Маркет F₁ (6,7 %). Досить високий вміст цукрів був у гібридів Скапіно F₁ та Дамаркус – на 1,0 та 1,2 % вищий, ніж на контролі, F₁. Вміст цукрів у гібрида Дакапо F₁ був проміжною величиною між контролем та найкращим варіантом.

Вміст вітаміну С найвищий у цибулинах гібрида Скапіно F₁: різниця порівняно з контролем становила 2,4 мг/100 г сирової маси. На 1,5 мг/100 г нижчий показник у гібрида Бонус F₁ та на 0,9 мг/100 г у варіанта Маркет F₁. У гібридів ріпчастої цибулі Дамаркус F₁ та Дакапо F₁ вміст вітаміну С майже не відрізняється і посідає середнє значення.

Висновки. Найвищу врожайність у середньому за 2019–2020 рр. досліджень забезпечили гібриди цибулі ріпчастої Скапіно F₁ та Бонус F₁ –

23,0 т/га та 24,7 т/га за середньої маси цибулин 134,3 і 141,7 г відповідно. Товарність цих гібридів становила 84,3 % (Скапіно F₁) та 91,3 % (Бонус F₁). Біохімічний склад цибулин цих гібридів також був вищий.

Отже, в умовах Львівщини доцільно вирощувати цибулю ріпчасту гібридів Скапіно F₁, Бонус F₁, які показали найвищі показники.

Бібліографічний список

1. Барабаш О., Таране Л, Сич З. Цибуля ріпчаста – технологія вирощування. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=1054 (дата звернення: 19.05.2022).
2. Завадська О. Цибуля з насіння. *Плантатор*. 2017. № 2 (32). С. 88–90.
3. Колтунов В., Гордієнко І. Який сорт цибулі кращий? *Плантатор*. 2014. № 1 (13). С. 78–82.
4. Культура цибуля ріпчаста (особливості вирощування та зберігання). URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture/cibulya-ripchasta> (дата звернення: 19.05.2022).
5. Сухорукова О. Цибулева абетка. *Плантатор*. 2021. № 5 (59). С. 38–41.

Стаття надійшла 26.05.2022

ВПЛИВ НОВОГО РЕГУЛЯТОРА РОСТУ БІОГЛОБІН НА ВРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ПЕТРУШКИ КОРЕНЕПЛІДНОЇ

І. Дидів, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0001-8605-1092

О. Дидів, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-4155-5945

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.114>

Дидів І., Дидів О. Вплив нового регулятора росту Біоглобін на врожайність і якість петрушки коренеплідної

Одним із важливих факторів підвищення врожайності овочевих культур є використання регуляторів росту рослин. Особливо це актуально в умовах браку вологи, зокрема останніми роками. Використання сучасних регуляторів росту сприяє підвищенню врожайності та якісних показників овочевої продукції, зокрема петрушки коренеплідної.

Висвітлено результати досліджень впливу вітчизняного екологічно безпечного регулятора росту Біоглобін на врожайність та якість продукції коренеплідів петрушки голландської селекції сорту Ігл. Регулятор росту Біоглобін використовували як стартовий розчин для обробки насіння та листової поверхні рослин.

Отримані результати досліджень підтверджують, що за вирощування петрушки на гребнях обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у три строки сприяла найкращому наростанню маси коренеплідів петрушки (154 г) та найбільшому приросту (42 г, або 37,5 %) порівняно з контролем (112 г). Позакореневе підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у три строки знизило середню масу коренеплідів петрушки до 141 г, а за обробки тільки насіння Біоглобіном середня маса коренеплідів становила 123 г.

Дослідженнями встановлено, що найвищу врожайність коренеплідів петрушки (39,4 т/га) одержали у варіанті, коли регулятор росту Біоглобін використовували як для обробки насіння, так і для позакореневого підживлення у три строки. Приріст до контролю (без обробки) становив 10,8 т/га або 37,7 %. Найвищий вихід товарних коренеплідів петрушки (92 %) одержано за обробки насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у три строки.

Регулятор росту Біоглобін позитивно позначався на підвищенні якісних біохімічних показників коренеплідів петрушки. Високий вміст сухих речовин (23,7 та 23,3 %) спостерігали за позакореневого підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у два строки в період інтенсивного наростання маси коренеплідів. Найбільший вміст суми цукрів (4,9 %) та вітаміну С (48,3 мг/100 г) у коренеплодах установлено за обробки насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у три строки, що більше порівняно з контролем на 1,0 % та 12,9 мг/100 г. У дослідженнях виявлено тенденцію до зменшення концентрації нітратів у коренеплодах петрушки зі збільшенням кількості обробок регулятором росту Біоглобін, проте у всіх варіантах досліджу вміст нітратів не перевищував ГДК.

Ключові слова: петрушка коренеплідна, регулятор росту Біоглобін, урожайність, товарність, якість продукції.

Dydiv I., Dydiv O. The influence of the new growth regulator Biogloblin on the yield and quality of root parsley

One of the important factors in increasing the yield of vegetable crops is the use of plant growth regulators. This is especially relevant in conditions of moisture deficit, which has often been manifested in recent years. The use of modern growth regulators helps to increase the yield and quality indicators of vegetable products, in particular root parsley.

The article highlights the results of research on the influence of the domestic ecologically safe growth regulator Biogloblin on the productivity and quality of root crops of parsley of the Dutch selection of the Igl variety. Growth regulator Biogloblin was used in the form of a starting solution for the treatment of seeds and leaf surfaces of plants.

The obtained research results confirm that when growing parsley on ridges, seed treatment with Biogloblin (0.5 l/t) + foliar fertilization in three terms contributed to the best increase in the mass of parsley root crops (154 g) and the largest increase (42 g, or 37.5 %) compared to the control (112 g). Foliar top dressing with Biogloblin (0.5 l/t) in three terms reduced the average weight of parsley root crops to 141 g, and when only seeds were treated with Biogloblin, the average weight of root crops was 123 g.

Research has established that the highest yield of parsley root crops (39.4 t/ha) was obtained in the variant when the growth regulator Biogloblin was used both for seed treatment and for foliar fertilization in three terms. The increase to the control (without treatment) was 10.8 t/ha or 37.7 %. The highest yield of marketable parsley roots (92 %) was obtained by treating seeds with Biogloblin (0.5 l/ha) + foliar feeding in three terms.

The growth regulator Biogloblin had a positive effect on increasing the qualitative biochemical indicators of parsley roots. A high content of dry matter (23.7 and 23.3 %) was observed after foliar feeding with Biogloblin (0.5 l/t) in two terms during the period of intensive growth of root crops. The highest content of the sum of sugar (4.9 %) and vitamin C (48.3 mg/100 g) in root crops was established after seed treatment with Biogloblin (0.5 l/t) + foliar feeding in three terms, which is higher than the control by 1.0 % and 12.9 mg/100g. The studies revealed a tendency to decrease the concentration of nitrates in parsley root crops with an increase in the number of treatments with the growth regulator Biogloblin, however, in all variants of the experiment, the nitrate content did not exceed the MPC.

Key words: root parsley, growth regulator Biogloblin, productivity, marketability, product quality.

Постановка проблеми. Агрокліматичні умови Західного Лісостепу України сприятливі для вирощування високих і сталих урожаїв коренеплідних овочевих рослин, зокрема петрушки кореневої. Петрушка городня (*Petroselinum crispum* (Mill. Nym)) – цінна пряно-смакова овочева культура [1; 12]. Широкого поширення вона набула завдяки своїм унікальним смаковим, харчовим, дієтичним та лікарським властивостям. Рослина належить до прямих овочів з високим вмістом вітаміну С (аскорбінової кислоти) та провітаміну А (β -каротину), найбільша кількість яких міститься в листках. Ефірні олії, наявні в усіх частинах рослин, надають їй приємних запаху і смаку та сприяють травленню. Використовують петрушку в кулінарії, консервній, фармацевтичній та парфумерній промисловості [13; 14].

Упровадження петрушки у виробництво потребує розробки нових елементів технології вирощування для конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Тому з огляду на вдосконалення технології вирощування та одержання екологічно безпечної продукції петрушки кореневої сьогодні актуального значення набуває вивчення ефективності застосування вітчизняного регулятора росту рослин Біоглоблін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Істотними факторами підвищення врожайності та якості овочевих культур, зокрема коренеплідних, є впровадження у виробництво інтенсивних сортів та гібридів, внесення органічних і мінеральних добрив, мікродобрив, способів вирощування, регуляторів росту рослин тощо [3; 5; 8]. Необхідно врахувати, що стартові органо-мінеральні добрива в умовах браку вологи, особливо останніми роками, не сприяють інтенсивному росту і розвитку рослини, оскільки не відбувається процес їх розчинності та засвоєння [9]. Отож, для використання повною мірою біологічного ресурсу сорту чи гібрида необхідне додаткове позакореневе внесення регуляторів росту, що значно сприяє підвищенню врожайності та якісних показників овочевої продукції [4; 6; 10].

Регулятори росту рослин як вітчизняного, так і іноземного виробництва, широко застосовують за вирощування сільськогосподарських культур, зокрема овочевих. Використання регуляторів росту стимулює ріст рослин та прискорює їхній розвиток, позитивно впливає на стійкість рослин до несприятливих умов зовнішнього середовища, а також підвищує стійкість рослин до хвороб. За наявності регуляторів росту рослини краще засвоюють основні елементи живлення [3; 6; 14].

Сьогодні в Україні на ринку добрий представлено екологічно безпечний регулятор росту Біоглоблін. Препарат має органічне походження, оскільки це водно-сольовий екстракт із плаценти сільськогосподарських тварин, одержаний за спеціальною технологією промисловим способом. У своєму складі містить повний комплекс незамінних амінокислот, поліпептиди, гексуронові кислоти, аміноцукри і мікроелементи у збалансованому для живої природи складі (Затверджений Держкомісією Міністерства екології і природних ресурсів України). Його використовують як стартовий для обробки насіння та листової поверхні рослин. Цей інноваційний продукт спрямований на збільшення врожаю, його якості, зниження ресурсних витрат на синтетичні мінеральні добрива, збільшення природної енергії, закладеної в рослинах і ґрунті (без втручання в геном рослини) [11]. Проте досліджень з вивчення впливу Біоглобіну на ріст і розвиток овочевих рослин, зокрема петрушки коренеплідної, практично немає.

Постановка завдання. Наше завдання – вивчити вплив способів та строків застосування регулятора росту Біоглоблін на врожайність та якість петрушки коренеплідної в умовах Західного Лісостепу України.

Виклад основного матеріалу. Дослідження з вивчення впливу регулятора росту Біоглоблін на врожайність та якість коренеплідів петрушки проводили на дослідному полі кафедри садівництва та овочівництва ім. проф. І. П. Гулька Львівського національного університету природокористування протягом 2018–2020 рр.

Схема досліду передбачала такі варіанти: 1) контроль (без обробки); 2) обробка насіння Біоглобіном 0,5 л/т; 3) позакореневе підживлення Біоглобіном 0,5 л/т (у фазі трьох листків); 4) обробка насіння Біоглобіном 0,5 л/т + позакореневе підживлення Біоглобіном 0,5 л/т (у фазі трьох листків); 5) позакореневе підживлення рослин Біоглобіном у два строки*; 6) обробка насіння Біоглобіном 0,5 л/т + позакореневе підживлення рослин Біоглобіном у два строки*; 7) позакореневе підживлення Біоглобіном 0,5 л/т (у фазі трьох листків) + позакореневе підживлення рослин Біоглобіном у два строки*; 8) обробка насіння Біоглобіном 0,5 л/т + позакореневе підживлення рослин Біоглобіном 0,5 л/т (у фазі трьох листків) + позакореневе підживлення рослин Біоглобіном у два строки*.

*Примітка**: позакореневе підживлення рослин Біоглобіном у два строки (20.07 та 20.08) по 0,5 л/т в період інтенсивного наростання маси коренеплодів петрушки.

Досліди закладали згідно з методикою дослідної справи в овочівництві та баштанництві [2]. Предметом досліджень був сорт петрушки кореневої голландської селекції Ігл [4].

Загальна площа ділянки – 33,6 м², облікової – 21 м². Дослід закладали у трьох повтореннях, розміщення варіантів систематичне. Ґрунт дослідного поля темно-сірий опідзолений легкосуглинковий, характерний (у 0–20 см верхньому горизонті): середнім вмістом гумусу (2,21–2,30 %), слабокислою реакцією грантового розчину (рН сольове 5,6–5,8), вмістом легкогідролізованого азоту – 108–115 мг/кг, рухомого фосфору – 8–107 мг/кг, обмінного калію – 86–89 мг/кг.

Попередник – огірки, під які вносили 40 т/га органічних добрив. Як фон під ранньовесняну культивуацію вносили нове вітчизняне комплексне мінеральне добриво Нітроамофоску-М у нормі N₅₄P₁₀₈K₁₃₂ кг/га д. р. та аміачну селітру в нормі N₃₀ кг/га д. р.

Петрушку коренеплідну вирощували гребневим способом. Норма висіву насіння становила 1,2 млн шт./га. Строки висіву – I декада квітня. Фенологічні спостереження, біометричні вимірювання та обліки проводили відповідно до методик в овочівництві. Обліковували врожай суцільно-ваговим методом у II–III декаді жовтня вручну, сортуючи коренеплоди на стандартні і нестандартні. Так, структуру врожаю визначали згідно з ДСТУ 7035:2009. У зібраних коренеплодах визначали біохімічні показники за атестованими методиками. Зокрема вміст сухих речовин визначали методом висушування до постійної ва-

ги – ваговим методом, загальний цукор за Бертраном, вітамін С – за Муррі з використання фарби Тільманса; нітрати – іонометричним методом з використанням іоноселективних електродів та приладу ЭВ–74, застосовували загальноприйняті методи визначення показників якості рослинницької продукції.

Статистичну обробку отриманих результатів досліджень проводили методом дисперсійного аналізу [7] та за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення Excel і Statistica 6.0.

У проведених дослідженнях якісні показники врожаю характерні середньою масою коренеплодів петрушки (табл. 1). У середньому за три роки досліджень встановлено, що за використання Біоглобіну збільшувалась маса коренеплодів петрушки сорту Ігл. Так, за обробки препаратом насіння (вар. 2) та за позакореневого підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у фазі 3-х листків (вар. 3) середня маса коренеплодів порівняно із контролем зросла відповідно на 11 і 7 г, або на 9,8 і 6,3 %.

Використання Біоглобіну за позакореневого підживлення (0,5 л/т) у два строки (20.07 та 20.08) в період інтенсивного наростання маси коренеплодів сприяло збільшенню середньої маси коренеплодів на 24 г, або 21,4 % порівняно з контролем. За позакореневого підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у три строки (вар. 7) середня маса коренеплодів петрушки зменшилася на 8 г порівняно з попереднім варіантом (вар. 6) і становила 141 г, а приріст до контролю становив 29 г, або 25,9 %.

Обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у три строки сприяла найкращому наростанню маси коренеплодів петрушки (154 г) та найбільшому приросту (42 г, або 37,5 %) порівняно з контролем (112 г).

У середньому за 2018–2020 рр. досліджень встановлено, що регулятор росту Біоглобін позначався на врожайності й товарності коренеплодів петрушки за різних способів та строків внесення (табл. 2).

Встановлено, що за обробки насіння Біоглобіном (вар. 2) урожайність коренеплодів петрушки становила 31,0 т/га, тоді як за позакореневого підживлення (вар. 3) урожайність коренеплодів знизилася на 0,5 т/га. Позакореневе підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у два строки (20.07 та 20.08) в період інтенсивного наростання маси коренеплодів сприяло меншому приросту врожайності (5,9 т/га) до контролю порівняно з обробкою насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у два строки (8,9 т/га).

Таблиця 1

**Середня маса товарних коренеплодів петрушки
залежно від способів внесення Біоглобіну, г**

Варіант	Рік			Серед- не за три роки	Приріст до контролю	
	2018	2019	2020		г	%
1. Контроль – без обробки	118	111	108	112	-	-
2. Обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т)	129	122	119	123	11	9,8
3. Позакореневе підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у фазі 3-х листків	124	117	115	119	7	6,3
4. Обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + у фазі 3-х листків	132	129	122	128	16	14,3
5. Позакореневе підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у два строки (20.07 та 20.08) у період інтенсивного наростання маси коренеплодів	143	136	129	136	24	21,4
6. Обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у два строки	159	147	141	149	37	33,0
7. Позакореневе підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у три строки	148	143	131	141	29	25,9
8. Обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у три строки	161	153	149	154	42	37,5
НІР _{0,05}	10,8	10,1	9,3			

Таблиця 2

**Урожайність і товарність коренеплодів петрушки
залежно від способів внесення Біоглобіну**

Варіант	Рік			Урожай- ність (середня за три роки), т/га	Приріст урожаю		Товар- ність, (середня за три роки), %
	2018	2019	2020		т/га	%	
1. Контроль – без обробки	30,7	27,9	27,3	28,6	-	-	84
2. Обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т)	33,6	30,7	28,9	31,0	2,4	8,3	86
3. Позакореневе підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у фазі 3-х листків	33,1	29,8	28,5	30,5	1,9	6,6	85
4. Обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + у фазі 3-х листків	34,9	31,6	30,8	32,4	3,8	13,3	87
5. Позакореневе підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у два строки (20.07 та 20.08) в період інтенсивного наростання маси коренеплодів	36,1	34,8	32,6	34,5	5,9	20,6	89
6. Обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у два строки	39,1	37,6	35,8	37,5	8,9	31,3	91
7. Позакореневе підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у три строки	36,8	35,7	33,3	35,3	6,7	23,4	90
8. Обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у три строки	41,8	38,6	37,3	39,4	10,8	37,7	92
НІР _{0,05}	3,42	2,93	3,01				

Найвищу врожайність коренеплодів петрушки (39,4 т/га) одержали у варіанті 8, коли регулятор росту Біоглобін використовували як для обробки насіння, так і для позакореневого підживлення у три строки. Приріст до контролю (без обробки) становив 10,8 т/га або 37,7 %. Встановлено, що порівняно із вар. 8 позакореневе підживлення регулятором росту Біоглобін у три строки (вар. 7) було менш ефективним (урожайність становила 35,3 т/га).

Аналіз структури врожаю коренеплодів петрушки в середньому за три роки досліджень показав, що регулятор росту Біоглобін залежно від способу застосування та строку внесення порізнному впливав на товарність урожаю. Найвищий вихід товарних коренеплодів петрушки (92 %) одержано за обробки насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у три строки. Деяко нижчий вихід товарних коренеплодів (91 %) одержали у 6-му варіанті: обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у два строки.

Найнижчий вихід стандартних коренеплодів петрушки (84 %) одержали у контрольному варіанті (без обробки регулятором росту Біоглобін). Незначне підвищення товарності коренеплодів петрушки (86 та 85 %) виявлено за позакоре-

невого підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у фазі 3-х листків та обробки насіння Біоглобіном (0,5 л/т).

Отже, високу врожайність (39,4 т/га) та найвищий вихід стандартних коренеплодів петрушки сорту Ігл (92 %) одержано у варіанті, коли обробляли насіння та використовували регулятор росту для позакореневого підживлення у три строки.

Середня маса коренеплодів петрушки тісно пов'язана з урожайністю. Застосування регулятора росту Біоглобіну як обробки насіння (0,5 л/т) та позакореневе підживлення (0,5 л/т) в період інтенсивного наростання маси коренеплодів підвищували врожай від 1,9 т/га, або 6,6 % (вар. 3) до 10,8 т/га, або 37,7 % (вар. 8) порівняно з контролем (без обробки).

На основі кореляційного аналізу встановлений сильний кореляційний зв'язок ($r = 0,96$) за коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,93$ між середньою масою коренеплодів та врожайністю петрушки сорту Ігл (рис.).

За результатами трирічних досліджень встановлено, що застосування регулятора росту Біоглобін сприяло зростанню вмісту якісних показників у коренеплодах петрушки, зокрема вмісту сухої речовини, суми цукрів та аскорбінової кислоти (табл. 3).

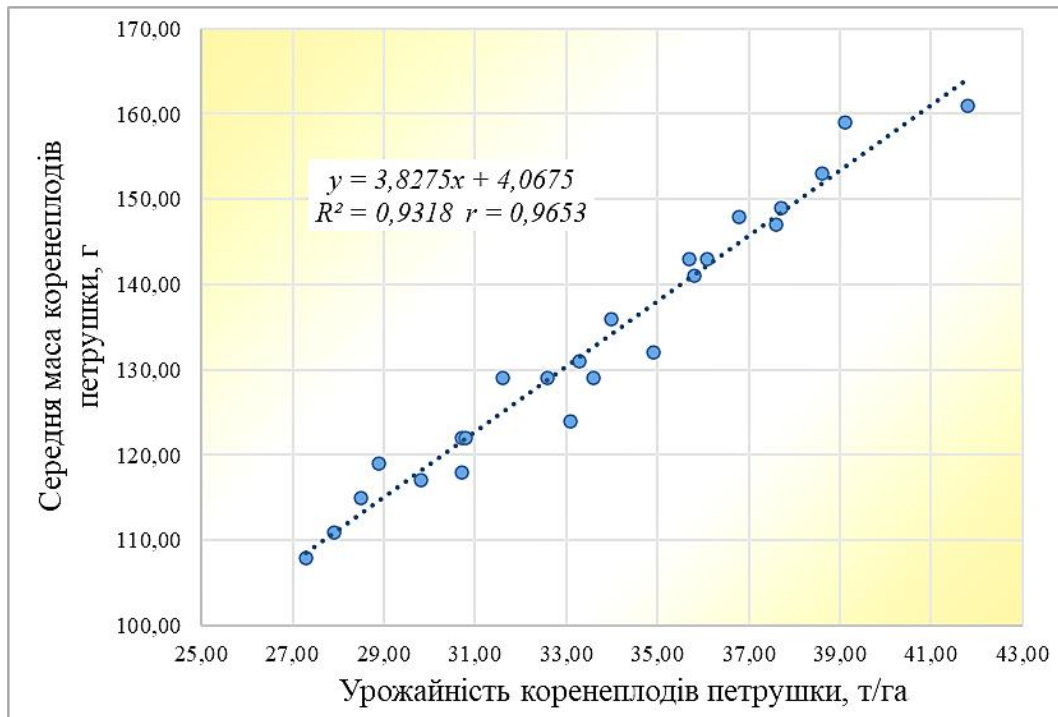


Рис. Графік кореляційної залежності між урожайністю та середньою масою коренеплодів петрушки залежно від способів внесення Біоглобіну за 2018-2020 рр.

Біохімічний склад коренеплідів петрушки залежно від способів внесення Біоглобіну (середнє за 2018–2020 рр.)

Варіант	Суша речовина, %	Сума цукрів, %	Аскорбінова кислота, мг/100 г	Нітрати, мг/кг
1. Контроль – без обробки	21,2	3,8	35,4	192
2. Обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т)	21,8	4,0	37,6	157
3. Позакореневе підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у фазі 3-х листків	21,6	4,1	36,9	141
4. Обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + у фазі 3-х листків	22,1	4,3	40,5	163
5. Позакореневе підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у два строки (20.07-20.08) в період інтенсивного наростання маси коренеплідів	22,9	4,4	43,4	149
6. Обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у два строки	23,7	4,9	47,1	138
7. Позакореневе підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у три строки	23,3	4,5	44,8	153
8. Обробка насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у три строки	23,9	4,8	48,3	135
НІР _{0,05}	0,97	0,35	1,48	6,11

Так, вміст сухих речовин у коренеплодах петрушки змінювався від 21,8 % за обробки насіння Біоглобіном (0,5 л/т) до 23,9 % – за обробки насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у три строки. Високий вміст сухих речовин (23,7 та 23,3 %) спостерігали за позакореневого підживлення Біоглобіном (0,5 л/т) у два строки в період інтенсивного наростання маси коренеплідів та обробки насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у два строки.

Найбільший вміст суми цукрів (4,8 та 4,9 %) у коренеплодах петрушки виявлено у 8-му та 6-му варіантах дослідження. На контролі (без обробки) вміст загального цукру був найменшим – 3,8 %.

Важливим показником якості продукції петрушки є вміст аскорбінової кислоти. Найбільший її вміст (48,3 мг/100 г) у коренеплодах культури спостерігали за обробки насіння Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у три строки, що більше порівняно з контролем на 12,9 мг/100 г.

У проведених експериментальних дослідженнях виявлено тенденцію до зменшення концентрації нітратів у коренеплодах петрушки зі збільшенням кількості обробок рослин регулятором росту Біоглобін. Найбільший вміст нітратного азоту в коренеплодах петрушки виявлено у контрольному варіанті (без обробки) – 192 мг/кг сирової маси, проте в усіх варіантах дослідження вміст нітратів не перевищував ГДК.

Висновки. Зі збільшенням кількості обробок регулятором росту Біоглобін зростали врожайність та товарність і покращувались якісні показники петрушки коренеплідної сорту Ігл. За обробки насіння петрушки Біоглобіном (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у три строки одержали найкращу якість продукції, високу товарність (92 %) та найбільшу врожайність коренеплідів – 39,4 т/га, а приріст до контролю (без обробки) становив 10,8 т/га, або 37,7 %.

Бібліографічний список

1. Болотских А. С. Энциклопедия овощевода. Харьков: Фолио, 2005. 799 с.
2. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві та баштанництві. Харків: Основа, 2001. 369 с.
3. Господаренко Г. М. Удобрення садових культур: навч. посіб. Київ: ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2017. 340 с.
4. Дидів І. В. Господарсько-біологічна оцінка сортів петрушки кореневої. *Селекційні і технологічні інновації в овочівництві, резерви збільшення виробництва продукції та насіння: матеріали тез Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених* (25 липня 2013 р., м. Харків). Харків: Плеяда, 2013. С. 46–48.
5. Дидів І. В. Гребеневий спосіб вирощування петрушки як запорука одержання високого та стабільного урожаю. *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництву: каталог інноваційних розробок*. 2014. Вип. 14. Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2014. С. 33.
6. Дидів І. В., Дидів О. Й. Продуктивність петрушки кореневої в умовах Західного Лісостепу України. *Теоретичні основи і практичні аспекти розвитку агропромислового виробництва та сільських територій: матеріали Міжнар. наук.-практ. форуму* (18–20 вересня 2013 р., м. Львів). Львів, 2013. С. 79–81.
7. Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії: підруч. для студентів ВНЗ II-IV рівнів акредитації. Вінниця: Едельвейс і К, 2014. 331 с.
8. Кецкало В. В. Врожайність петрушки кореневої залежно від сортових особливостей. *Овочівництво України: історія, традиції, перспективи: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 95-й річниці створення кафедри овочівництва* (21 вересня 2016 р., м. Умань). Умань: ВПЦ «ВІЗАВІ», 2016. С. 41–44.
9. Корнієнко С. І., Гончаренко В. Ю., Ходєва Л. П. Удобрення овочевих та баштанних культур: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 172 с.
10. Кутовенко В. Б., Міхаліна І. Г., Гонтар В. Т. Сучасні технології вирощування овочевих культур: навч. посіб. Київ: Нілан-ЛТД, 2013. 260 с.
11. Регулятор росту і розвитку рослин нового покоління Біоглобін. *Аграрник*. 2019. № 6 (337). С. 18–19.
12. Сич З. Д., Бобось І. М. Овочева екзотика: монографія. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2013. 264 с.
13. Сич З. Д., Сич І. М. Гармонія овочевої краси та користі. Київ: Арістей, 2005. 192 с.
14. Слободяник Г. Я., Войцеховський В. І. Петрушка горний сельдерей. *Овощи и фрукты*. Київ, 2014. С. 38–44.

Стаття надійшла 20.09.2022

Розділ 4

СЕЛЕКЦІЯ І НАСІННИЦТВО

УДК 633.21 : 631.526.3 (4) (477.83/86)

ВПЛИВ ВИХІДНИХ КОМПОНЕНТІВ СХРЕЩУВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ СЕЛЕКЦІЙНО-ЦІННИХ ОЗНАК У ГІБРИДНИХ НАЩАДКІВ КАРТОПЛІ

П. Завірюха, к. с.-г. н.

ORCID: 0000-0002-1256-4220

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.121>

Завірюха П. Вплив вихідних компонентів схрещування на формування селекційно-цінних ознак у гібридних нащадків картоплі

Проведено низку схрещувань картоплі сортів Західна, Воля, Ліщина селекції Львівського НУП та іноземних сортів Невська, Краса, як між собою, так і з перспективними гібридами. У результаті отримано гібридне насіння F1 19 комбінацій схрещувань.

З отриманого насіння гібрида F1 у 2020–2021 рр. вирощено сіянці картоплі першого року. У розсаднику сіянців оцінено 19 гібридних популяцій та відібрано найкращі форми. Так, найбільшу кількість селекційно цінних форм виділено з комбінації Гібрид 99/9-13 × Західна – 12 шт. При цьому межі продуктивності коливалися від 683 до 2028 г/кущ за досить високої середньої популяції 1152 г/кущ для виділених форм.

У селекції картоплі на підвищену та високу крохмалистість бульб перспективним є схрещування Гібрид 02/12-18 × Західна. Вміст крохмалю в бульбах селекційної розсади цієї гібридної популяції сягав 20,5 % за середнього значення 16,4 %. Підвищений вміст крохмалю в бульбах (19,5 %) виявлено також у відбірних сіянців F1 комбінації схрещування Гібрид 99/9-13 × Західна.

Проведеними дослідженнями встановлено, що сорт Воля є хорошим виробником високопродуктивного потомства, завдяки використанню його при схрещуванні як материнської, так і батьківської форм. Зокрема найвищу продуктивність мало потомство популяції Воля × Гібрид 00/11-3: максимальне значення ознаки сягало 2286 г/кущ проти середньопопуляційного 1460 г/кущ для восьми виділених форм.

Слід зауважити, що відібрані гібридні розсади F1 цієї популяції поєднували високу продуктивність із підвищеним і високим вмістом крохмалю в бульбах та їхнім достатнім розміром. Зокрема межі вмісту крохмалю в бульбах становили 14,9–20,5 % за середнього значення 17,0 %, а середня маса однієї бульби – 73–225 г за середнього значення 12 г.

Встановлено, що залучаючи до схрещування ранньостиглих зарубіжних сортів картоплі Краса (Чехія) і Невська (Російська Федерація), можна отримати високоякісні гібридні саджанці картоплі F1, особливо при запиленні зазначених сортів Гібридом 00/35-7. Так, із гібридної комбінації Невська × Н.00/35-7 виділено 10 гібридів, межі продуктивності яких коливалися від 875 до 1822 г/кущ із високим середнім значенням 1235 г/кущ. При цьому мінливість вмісту крохмалю була в межах 11,4–16,4 % за середнього значення 14,2 %. Деякі з відібраних саджанців цієї комбінації вирізнялися високим розміром плодів – вага однієї бульби сягала 160 г.

У комбінації схрещування Краса × Н.00/35-7 частота виділення селекційно цінних форм була дещо вищою порівняно з попередньою гібридною комбінацією і становила 17 гібридних сіянців. При цьому врожайність окремих добірних форм сягала 1800 г/кущ, вміст крохмалю – 20,1 %, середня маса однієї бульби – 138 г, кількість їх під кущем – до 22 шт.

У процесі прикладної селекційної роботи з картоплею встановлено селекційну цінність 17 гібридних популяцій, отриманих за участю сортів Львівського НУП Західна, Воля, Ліщина, іноземних сортів Невська, Краса та гібридів. Встановлено комплексне міжсортове походження як компонентів гібридизації. Виявлено вплив вихідних компонентів схрещування на формування селекційно-цінних ознак у потомства гібридів картоплі та частоту відбору селекційно-цінних форм. Відібрано найкращі сіянці гібрида картоплі F1 (141 шт.) з високими показниками селекційно-цінних ознак, які є якісною сировиною для подальшої селекційної роботи.

Ключові слова: картопля, селекція, сорти, вихідні батьківські форми, схрещування, гібридне потомство.

Zaviriukha P. The influence of initial crossbreeding components on the formation of selection-valuable traits in potato hybrid offspring

A number of crossings of potato varieties Zakhidna, Volia, Lishchyna of the Lviv NEU selection and foreign varieties Nevska, Krasa were carried out, both with one another and with promising hybrids. As a result, F₁ hybrid seeds of 19 combinations of crosses were obtained.

Potato seedlings of the first year were grown from the obtained F₁ hybrid seeds in 2020-2021. In the seedling nursery, 19 hybrid populations were evaluated and the best forms were selected. Thus, the largest number of selectively valuable forms was selected from the combination of Hybrid 99/9-13 × Zakhidna – 12 pcs. At the same time, productivity limits ranged from 683 to 2028 g/bush with a fairly high population average of 1152 g/bush for the selected forms.

In the selection of potatoes for increased and high starchiness of the tubers, the crossbreeding of Hybrid 02/12-18 × Zakhidna is promising. The starch content in tubers of the selected seedlings of this hybrid population reached 20.5 %, compared to the average value of 16.4 %. An increased content of starch in the tubers (19.5 %) was also noted in the selected F₁ seedlings of the crossing combination of Hybrid 99/9-13 × Zakhidna.

The conducted research established that the Volia variety is a good producer of highly productive offspring due to its use in crossings of both maternal and paternal forms. In particular, the progeny of the Volia × Hybrid 00/11-3 population had the highest productivity: the maximum weight of the trait reached 2286 g/bush, compared to the population average of 1460 g/bush for 8 selected forms.

It is noteworthy that the selected F₁ hybrid seedlings of this population combined high productivity with the increased and high starch content in the tubers and their sufficient size. In particular, the limits of starch content of tubers varied between 14.9–20.5 % with an average value of 17.0 %, and the average weight of one tuber was 73–225 g with an average value of 123 g. Hybrid combinations are also promising in the selection of potatoes for starch content of the Hybrid 00/20-4 × Volia and Volia × Hybrid 02/10-6 – the average starch content in the tubers of the selected seedlings of these crossing combinations was 16.0 and 17.6 % respectively.

For the use of Lishchyna variety as a mother form in crossings, the hybrid combination of Lishchyna × Hybrid 02/9-10 is the most qualitative. At the same time, the productivity of the selected hybrid seedlings (16 pieces) ranged from 517 to 2000 g/bush with an average value of 1000 g/bush, the starch content was 10.0–20.5 %, the average was 17.1 %, and the weight of one tuber - from 45 to 160 g, with an average weight of 88 g.

It has been established that by involving in the crossing of early-ripening foreign potato varieties Krasa (Czech Republic) and Nevska (Russian Federation) it is possible to obtain high-quality hybrid potato seedlings F₁, especially when the indicated varieties are pollinated with Hybrid 00/35-7. Thus, 10 hybrids were selected from the Nevska × H.00/35-7 hybrid combination, the productivity limits of which ranged from 875 to 1822 g/bush with a high average value of 1235 g/bush. At the same time, the variability of the starch content was in the range of 11.4–16.4 % with an average value of 14.2 %. Some of the selected seedlings of this combination were distinguished by high tuber size - the weight of one tuber was up to 160 g.

In the crossing combination of Krasa × H.00/35-7, the frequency of selection of selection-valuable forms was slightly higher than in the previous hybrid combination and amounted to 17 hybrid seedlings. At the same time, the productivity of individual selected forms reached 1800 g/bush, the starch content was 20.1 %, the average weight of one tuber was 138 g, and their number under the bush was up to 22 pieces.

In the process of applied selection work with potatoes, the selection value of 17 hybrid populations obtained with the participation of the varieties of the Lviv NEU Zakhidna, Volia, Lishchyna, foreign varieties Nevska, Krasa and hybrids of complex intervarietal origin as hybridization components was established. The influence of the initial components of crossing on the formation of selection-valuable traits in potato hybrid offspring and the frequency of selection of selection-valuable forms has been established. The selection of the best F₁ hybrid potato seedlings (141 pcs.) with high parameters of selection-valuable traits, which constitute high-quality raw material for further selection work, was carried out.

Key words: potatoes, selection, varieties, original parental forms, crossing, hybrid offspring.

Постановка проблеми. Значення картоплі як однієї із незамінних продовольчих культур населення планети беззаперечне. Тому підвищення її валового виробництва постійно в центрі уваги як практиків, так і науковців [13; 19]. Проблему вирішують різними методами, утім аналіз сучасного стану і тенденцій подальшого розвитку світового картоплярства переконливо свідчить, що високих показників урожайності культури можна досягнути селекційними методами, тобто виведенням науковцями і вирощуванням товаровиробниками нових сортів із

високим генетичним потенціалом продуктивності [2; 5; 12]. Тож селекція «другого хліба» і надалі залишається одним із головних напрямів інтенсифікації картоплярства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналізуючи вимоги виробництва до картоплі, Н. С. Кожушко, М. М. Сахошко, П. В. Савченко [14], А. А. Осипчук [18], П. Д. Завірюха [7] стверджують, що основними її господарськими ознаками для виробничих цілей є рівень врожайності конкретного сорту, його скоростиглість, стійкість

до хвороб, форма та смакові якості бульб, вміст крохмалю, ступінь лежкості бульб за зберігання тощо. Тому саме ці ознаки повинні бути у центрі уваги селекціонерів.

У процесі ведення багаторічної прикладної селекційної роботи з картоплею М. Д. Гончаров [3], А. А. Осипчук [17], П. Д. Завірюха, Л. А. Ільчук, Р. В. Ільчук [6] та ін. констатують, що на її результативність та ефективність впливає низка різних факторів. Зокрема наявність якісного вихідного матеріалу, правильний підбір батьківських пар для схрещування, метод відбору найкращих гібридів для подальшої селекційної роботи із ними, умови і технологія вирощування гібридів тощо.

Сучасна селекція картоплі використовує низку критеріїв щодо підбору вихідних батьківських форм як компонентів схрещування за створення нових сортів цієї культури [10; 11]. Більшість селекціонерів вважає, що для отримання якісного передселекційного матеріалу вирішальним у підборі вихідних батьківських форм для гібридизації є не тільки рівень фенотипового прояву в них господарсько-цінних ознак, а й висока загальна комбінаційна здатність компонентів схрещування [3; 9]. Окрім того, важливе й місце компонентів схрещування у батьківській парі – яку форму використати як материнську, яку – як запилювача. Значущість останнього і його вплив на якість гібридних нащадків переконливо доводить низка багаторічних досліджень із реципрокних (прямих і зворотних) схрещувань картоплі, проведених А. А. Осипчуком [16], П. Д. Завірюхою [8] та іншими авторами.

Доцільно зауважити, що унікальністю картоплі в селекційному плані є те, що господарсько-цінні форми можна відбирати уже серед гібридів F_1 з істинного насіння, оскільки подальше розмноження відібраних клонів відбувається лише вегетативним способом, і вказані ознаки зберігаються у процесі репродукування. Така біологічна особливість картоплі, на думку селекціонерів-практиків, дозволяє підтримувати достатній рівень гетерозисності конкретного генотипу за господарсько-цінними ознаками [4; 9; 18].

Постановка завдання. Наше завдання – отримати гібридне насіння від схрещування вітчизняних і зарубіжних сортів картоплі як вихідних батьківських компонентів і виростити з нього сіянци F_1 . Згодом із різних гібридних популяцій сіянців передбачено відбір селекційно-цінних форм, аналіз відібраного матеріалу за параметрами цінних біологічних і господарських

ознак та введення відібраних гібридів до подальшої селекційної проробки згідно зі схемою селекції картоплі.

Виклад основного матеріалу. У 2019 р. проведена низка схрещувань вітчизняних сортів картоплі Західна, Воля, Ліщина селекції Львівського НУП, зарубіжних сортів Невська, Краса як між собою, так і з перспективними гібридами у таких комбінаціях: Г.00/20-4 × Західна, Г.02/10-11 × Західна, Г.02/12-18 × Західна, Г.99/9-13 × Західна, Західна × Г.94/89-6, Воля × Г.02/10-6, Воля × Г.00/11-3, Воля × Г.99/17-16, Г.99/17-16 × Воля, Воля × Г.99/17-16, Г.00/20-4 × Воля, Водограй × Воля, Ліщина × Г.02/105-42, Ліщина × Г.99/17-16, Ліщина × Г.02/9-10, Г.00/35-7 × Невська, Невська × Г.00/35-7, Краса × Г.00/35-7, Краса × Г.00/35-7.

З одержаного гібридного насіння F_1 у 2020–2021 рр. вирощені сіянци картоплі першого року. У розсаднику сіянців оцінено 17 гібридних популяцій згідно з методикою досліджень, прийнятою для картоплі [15]. Гібридні сіянци (по 50–80 шт. кожної популяції) вирощували за площі живлення рослин 70×70 см. Упродовж вегетаційного періоду вивчали сіянци за низкою біологічних і селекційно-цінних ознак. Згодом за збирання відбирали окремі гібридні форми для подальшої селекційної роботи. Агротехніка вирощування сіянців – типова для вирощування картоплі у зоні Західного Лісостепу України.

Результати досліджень. Як свідчать дані табл. 1, з гібридних популяцій сіянців картоплі F_1 за участі у схрещуваннях сорту Західна як материнської форми і запилювача найбільшу кількість селекційно цінних форм відібрано з комбінації Гібрид 99/9-13 × Західна – 12 шт. При цьому ліміти продуктивності коливалися у межах 683–2028 г/кущ за досить високої середньої популяції – 1152 г/кущ для відібраних форм. За використання сорту Західна як запилювача з іншими материнськими формами він проявляє специфічну комбінаційну здатність за ознакою продуктивності, тож гібридні нащадки відзначаються значно нижчою продуктивністю, що особливо помітно у комбінації схрещування Гібрид 02/10-11 × Західна.

У селекції картоплі на підвищену і високу крохмалистість бульб перспективним є схрещування Гібрид 02/12-18 × Західна. Уміст крохмалю у бульбах відібраних сіянців цієї гібридної популяції досягав 20,5 % за середнього значення 16,4 %. Підвищеним умістом крохмалю у бульбах

(19,5 %) відзначалися також відібрані сіянци F₁ комбінації схрещування Гібрид 99/9-13 × Західна. Гібридні нащадки цієї популяції відзначалися також і здатністю до формування крупних бульб: ліміти мінливості (розмах варіювання) вказаної ознаки коливалися у межах 65–141 г за середнього значення маси однієї бульби 102 г.

Щодо кількості сформованих бульб сіянцями картоплі F₁, то більшість селекціонерів вважає, що орієнтуватися на абсолютне значення такої ознаки у гібридів з істинного насіння,

враховуючи специфіку їх розмноження, не варто, а основні відбори за такою ознакою доцільно проводити за першого бульбового розмноження сіянців, на що вказують відомі селекціонери-картоплярі М. Д. Гончаров [3], А. А. Осипчук [17], П. Д. Завірюха, Л. А. Ільчук, Р. В. Ільчук [6].

Проведеними дослідженнями встановлено, що хорошим формувачем високопродуктивних нащадків є сорт Воля за залучення його у схрещування як материнської форми, так і запилювача (табл. 2).

Таблиця 1

Господарська характеристика селекційно-цінних форм, відібраних у гібридних популяціях сіянців картоплі F₁ за участі у схрещуваннях сорту Західна як материнської форми і запилювача, 2020 р.

Комбінація схрещування	Відібрано гібридів, шт.	Продуктивність, г/кущ	Уміст крохмалю, %	Сер. маса бульби, г	К-ть бульб у кущі, шт.
Г.00/20-4 × Західна	2	987	16,4	90	11,0
Розмах варіювання min-max		887–1087	16,0–16,8	88–104	10–12
Г.02/10-11 × Західна	4	781	14,3	66	11,8
Розмах варіювання min-max		437–1000	13,9–15,2	40–89	11–13
Г.02/12-18 × Західна	10	862	16,4	72	12,0
Розмах варіювання min-max		571–1167	12,4–20,5	40–100	10–15
Г.99/9-13 x Західна	12	1152	15,7	102	11,5
Розмах варіювання min-max		683–2028	9,5–19,5	65–141	8–15
Західна × Г.94/89-6	2	1112	16,9	122	9,1
Розмах варіювання min-max		925–1300	16,4–17,4	113–137	7–12

Таблиця 2

Господарська характеристика селекційно-цінних форм, відібраних у гібридних популяціях сіянців картоплі F₁ за участю у схрещуваннях сорту Воля як материнської форми і запилювача, 2020 р.

Комбінація схрещування	Відібрано гібридів, шт.	Продуктивність, г/кущ	Уміст крохмалю, %	Сер. маса бульби, г	К-ть бульб у кущі, шт.
Воля × Г.02/10-6	7	869	16,0	74	11,8
Розмах варіювання min-max		578–1343	13,4–18,4	64–117	9–15
Воля × Г.00/11-3	8	1460	17,0	123	11,9
Розмах варіювання min-max		914–2286	14,9–20,5	73–225	8–14
Воля × Г.99/17-16	10	859	12,1	86	10,0
Розмах варіювання min-max		444–1400	10,4–14,4	44–140	8–12
Г.99/17-16 × Воля	17	791	14,3	66	12
Розмах варіювання min-max		300–1650	10,9–22,4	30–131	10–15
Воля × Г.99/17-16	10	859	12,1	86	10,0
Розмах варіювання min-max		444–1400	10,4–14,4	44–140	8–12
Г.00/20-4 × Воля	4	1202	17,6	101	11,9
Розмах варіювання min-max		556–1500	15,4–18,4	56–125	10–15
Водограй × Воля	4	767	14,7	83	9,2
Розмах варіювання min-max		643–1050	13,4–16,4	71–117	9–10

Так, за даними досліджень, найвищу продуктивність показало потомство популяції Воля × Гібрид 00/11-3. При цьому максимальне значення ознаки досягло 2286 г/кущ, за середньої популяційної 1460 г/кущ для восьми відібраних форм.

Позитивно, що відібрані гібридні сіянци F₁ цієї популяції поєднували високу продуктивність із підвищеним і високим умістом крохмалю у бульбах і достатньою їх крупністю. Зокрема ліміти крохмалистості бульб коливалися у межах 14,9–20,5 % за середнього значення 17,0 %, а середньої маси однієї бульби – 73–225 г за середнього значення 123 г. Перспективними у селекції картоплі на крохмалистість є гібридні комбінації Гібрид 00/20-4 × Воля і Воля × Гібрид 02/10-6 – середній уміст крохмалю у бульбах відібраних сіянтів цих комбінацій схрещувань становив відповідно 16,0 і 17,6 %.

Аналізуючи абсолютні значення плюсоваріантів селекційно-цінних ознак у відібраних нащадків реципрокного схрещування за участі

сорту Воля і Гібрида 99/17-16, висновкуємо, що сорт Воля у схрещуваннях (для одержання якісніших гібридних нащадків) доцільно використовувати як запилювача, і меншою мірою – материнської форми. Навпаки, з гібридами 02/10-6 і 00/11-3 більш якісні гібридні нащадки формуються за використання сорту Воля як материнської форми. Тобто він відзначається специфічною комбінаційною здатністю, і якість гібридних нащадків визначається генотипічними особливостями другого компонента гібридизації. Цю особливість сорту Воля потрібно враховувати за складання схеми гібридизації як важливого етапу формування якісного вихідного передселекційного матеріалу.

Аналіз селекційно-цінних ознак у гібридних сіянтів картоплі F₁, одержаних за участі у схрещуваннях сорту Ліщина як материнської форми, підтверджують важливість другого компонента у батьківській парі для отримання якісних гібридних нащадків (табл. 3).

Таблиця 3

Господарська характеристика селекційно-цінних форм, відібраних у гібридних популяціях сіянтів картоплі F₁ за участі у схрещуваннях сорту Ліщина як материнської форми, 2020 р.

Комбінація схрещування	Відібрано гібридів, шт.	Продуктивність, г/кущ	Уміст крохмалю, %	Сер. маса бульби, г	К-ть бульб у кущі, шт.
Ліщина × Г.02/105-42	1	700	16,4	47	15
Ліщина × Г.99/17-16	8	910	17,1	78	11,6
Розмах варіювання min-max		600–1429	13,9–19,5	46–120	9–15
Ліщина × Г.02/9-10	16	1000	17,1	88	11,3
Розмах варіювання min-max		517–2000	10,0–20,5	45–160	8–15

Таблиця 4

Господарська характеристика селекційно-цінних форм, відібраних у гібридних популяціях сіянтів картоплі F₁ за участі у схрещуваннях зарубіжних ранньостиглих сортів Невська і Краса, 2020 р.

Комбінація схрещування	Відібрано гібридів, шт.	Продуктивність, г/кущ	Уміст крохмалю, %	Сер. маса бульби, г	К-ть бульб у кущі, шт.
Г.00/35-7 × Невська	1	1060	15,4	71	15
Невська × Г.00/35-7	10	1235	14,2	95	13,0
lim		875–1822	11,4–16,4	77–160	8–20
Краса × Г.00/35-7	17	1057	15,8	86	12,3
lim		556–1800	9,1–20,1	58–138	9–22
Краса × Г.99/17-16	2	1085	13,3	98	11,0
lim		986–1185	12,4–14,1	98–99	10–12

Отже, найбільш якісною є гібридна комбінація схрещування сорту Ліщина з Гібридом 02/9-10 за використання останнього як запилювача. При цьому продуктивність відібраних гібридних сіянців (16 шт.) коливалася у межах 517-2000 г/кущ за середнього значення 1000 г/кущ, уміст крохмалю – 10,0–20,5 %, середній показник – 17,1 %, а маса однієї бульби – від 45 до 160 г за середнього значення 88 г.

За використання інших запилювачів сорту Ліщина якість гібридних нащадків як селекційно-цінних форм значно нижча, особливо з гібридом 02/105-42. Із вказаної гібридної популяції ми відібрали лише один сіянець із середньою продуктивністю 700 г/кущ і некрупними бульбами – в середньому 47 г однієї бульби. Тобто вказана комбінація схрещування малоперспективна у селекційному відношенні.

Встановлено, що, залучаючи у схрещування ранньостиглі зарубіжні сорти картоплі Краса (Чехія) і Невська (РФ), можна отримати якісні гібридні сіянці картоплі F₁, особливо, якщо ці сорти запилювати Гібридом 00/35-7. Параметри селекційно цінних ознак у відібраних форм наведені у табл. 4.

Як свідчать наведені дані, з гібридної комбінації Невська × Г.00/35-7 відібрано 10 гібридів, ліміти продуктивності яких коливалися у межах 875–1822 г/кущ за високого середнього значення – 1235 г/кущ. При цьому мінливість умісту крохмалю була в межах 11,4–16,4 % за середнього значення 14,2 %. Окремі відібрані сіянці цієї комбінації мали високу крупність бульб – масою однієї бульби до 160 г.

Щодо використання запилювача Г.00/35-7 з іншою материнською формою – ранньостиглим сортом Краса, частота відбору селекційно-цінних форм у цій комбінації схрещування була дещо вищою, ніж у попередній гібридній комбінації і становила 17 гібридних сіянців. Так, продуктивність окремих відібраних форм сягала 1800 г/кущ, уміст крохмалю – 20,1 %, середня маса однієї бульби – 138 г, а їх кількість під кущем – до 22 штук. Інші гібридні комбінації схрещування відзначалися меншою частотою відбору селекційно-цінних форм, параметри господарських ознак яких були достовірно нижчі, ніж у наведених вище.

Висновки

1. У процесі прикладної селекційної роботи з картоплею встановлена селекційна цінність 17 гібридних популяцій, отриманих за участі сортів селекції Львівського НУП Західна, Воля, Ліщина,

зарубіжних сортів Невська (Російська Федерація), Краса (Чехія) і гібридів складного міжсортного походження як компонентів гібридизації.

2. Встановлений вплив вихідних компонентів схрещування на формування селекційно-цінних ознак у гібридних нащадків картоплі.

3. Частота відбору селекційно-цінних форм у гібридних популяціях картоплі визначається генотиповими особливостями вихідних форм для схрещування та їх місцем у батьківській парі.

4. Відібрано найкращі гібридні сіянці картоплі F₁ (141 шт.) з високими параметрами селекційно-цінних ознак, які утворюють якісний вихідний матеріал для подальшої селекційної проробки.

Бібліографічний список

1. Бондарчук А. А. Стан та пріоритетні напрямки розвитку галузі картоплярства в Україні. *Картоплярство*. 2008. № 37. С. 7–12.
2. Воробйова Н. В. Роль і значення сорту у формуванні урожаю картоплі ранньостиглої в Правобережному Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2013. № 1. С. 97–104.
3. Гончаров М. Д. Селекція картоплі на ранньостиглість. *Картопля*. Біла Церква, 2002. Т. 1. С. 226–242.
4. Ільчук Р. В. Використання різностороннього генетичного фонду картоплі в селекції на високу крохмалистість бульб. *Генетичні ресурси для адаптивного рослинництва: мобілізація, інвентаризація, збереження, використання: міжнар. наук.-практ. конф.* Львів-Оброшино, 2005. С. 113.
5. Ільчук Л. А., Ільчук Р. В. Сорт як фактор впливу на продуктивність і якість картоплі. *Передгірне і гірське землеробство і тваринництво*. Львів, 2002. Вип. 44. С. 37–44.
6. Завірюха П. Д., Ільчук Л. А., Ільчук Р. В. Стан, проблеми і перспективи селекції картоплі у західному регіоні України. *Картоплярство України*. Київ. 2009. № 1–2 (14–15). С. 6–12.
7. Завірюха П., Коханець О., Косилович Г. Хворобостійкі сорти як основа екологічного картоплярства. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2013. № 17 (2). С. 208–215.
8. Завірюха П. Д. Селекція картоплі у Львівському НАУ: результати і перспективи. *Інноваційний розвиток АПК: проблеми та їх вирішення*. Житомир: ЖНАЕУ. 2015. С. 45–50.
9. Завірюха П. Селекція картоплі у Львівському агроуніверситеті: історія і результати. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2018. № 22. Т. 1. С. 63–79.
10. Завірюха П., Неживий З., Костюк Б., Вихованець В. Результати селекції картоплі на комплекс цінних господарських і біологічних ознак. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2018. № 22. Т. 1. С. 133–144.

11. Завірюха П., Коновалюк М. Динаміка формування врожаю бульб і нагромадження крохмалю міжсортними гібридами картоплі різної стиглості. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2020. № 24. С. 128–134.
12. Захарчук О. В. Сорт як інноваційна основа розвитку рослинництва. *Агроінком*. 2009. № 5–8. С. 17–22.
13. Каленська С. М., Кнап Н. В. Стан та перспективи виробництва картоплі в світі та Україні. *Зб. наук. пр. Вінницького національного аграрного університету*. 2012. Вип. 4 (63). С. 41–47.
14. Кожушко Н. С., Сахошко М. М., Савченко П. В. Інтенсивність формування продукції сортів картоплі сумської селекції. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. Вип. 3. С. 233–238.
15. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. Немішасве: Інститут картоплярства, 2002. 184 с.
16. Осипчук А. А. Реципрокные скрещивания *S.chacoense f. gibberulosum* и качество гибридного поколения. *Картофелеводство*. Киев: Урожай, 1972. Вип. 3. С. 10–12.
17. Осипчук А. А. Актуальні питання селекції картоплі. *Картоплярство*. Київ: Урожай, 2004. Вип. 33. С. 27–32.
18. Осипчук А. А. Селекція картоплі на початку ХХІ століття. *Картоплярство України*. 2005. № 1. С. 7–8.
19. Potato Breeding in India / Luthra S. K. et al. *Central Potato Research Institute*. 2006. P. 3–71.

Стаття надійшла 30.08.2022

УДК 631.527:631.526.3:633.34(292.485)(1-15)

BREEDS OF UKRAINIAN SELECTION AND THEIR PRODUCTIVITY IN THE CONDITIONS OF WESTERN FOREST STEPPE

R. Panasiuk, Candidate of Agricultural Sciences

ORCID ID: 0000-0002-0858-8916

Lviv National Environmental University

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.128>

Panasiuk R. Breeds of ukrainian selection and their productivity in the conditions of Western Forest Steppe

This article covers the list of precocious soybean varieties (Ukrainian Selection) for the purpose of studying them in the conditions of Western Forest-Steppe zone of Ukraine. The research was conducted during 2017–2020 at the experimental field of Crop Production Technology Department of the Lviv National Environmental University.

In these studies, the following soybean varieties were used, namely *Ustia*, *Khvyliya*, *Muza*, *Arnica*, *Vilshanka*, *Siverka*, *Suziria*, *Vyshyvanka*, originated by the Institute of NSC «Agriculture of the National Academy of Sciences». These varieties belong to the early-germinating group that means their growing season ranges from 83 to 107 days, and they are also characterized by increased resistance to damage by the most common diseases, bean cracking and grain shedding. Considering their early harvest dates, the researched varieties can be used as a precursor for winter crops, and are suitable for harvest crops (*Siverka* variety).

Ustia variety was entered into the Register of Varieties of Ukraine in 2002. Precocious. Weight of 1000 seeds is 155–160 g. The seeds contain 41–42 % protein and 19–20 % oil. *Muza* variety is in the State Register since 2015, bred by the method of repeated individual selection from *Yug-30/Ustia* hybrid generations. The weight of 1000 seeds is 235–245 g. The seeds contain 41–42 % protein and 20–21 % fat. *Arnica* variety was entered in the State Register in 2016, bred by the method of individual selection from the combination of crossing two early and productive lines 242 and 427. The weight of 1000 seeds is 155–160 g, seeds contain 40–42 % protein and 20–21 % fat. *Khvyliya* variety is in the State Register since 2013, bred by the method of individual selection from the L.364/*Cherniatka* hybrid population. The weight of 1000 seeds is 158–162 g. The seeds contain 40–42 % protein and 21–22 % fat. The *Vilshanka* variety is in the State Register since 2011, bred by the method of repeated individual selection from the hybrid L.955/*Cherniatka*. The weight of 1000 seeds is 240–250 g. The seeds contain 41–42 % protein and 21–22 % fat; *Siverka* variety is in the State Register since 2013, bred by the method of individual selection from the *Yug-30/Ustia* hybrid population. The weight of 1000 seeds is 170–175 g. The seeds contain 41–42 % protein and 20–21 % fat; *Vyshyvanka* variety is in the State Register since 2019. The weight of 1000 seeds is 144–183 g. The seeds contain 38–39 % protein and 22–23 % fat; the *Suziria* variety is medium-ripe, entered into the State Register of plant varieties being suitable for distribution in Ukraine since 2011 in the Forest Steppe and Polissia zones. The weight of 1000 seeds is 220–240 g. The seeds contain 42–43 % protein and 20–21 % fat.

Key words: breed, soybean, productivity, harvesting, quality indicators.

Панасюк Р. Продуктивність нових сортів сої української селекції в зоні Західного Лісостепу України

Висвітлено перелік скоростиглих сортів сої (української селекції) для вивчення їх в умовах зони Західного Лісостепу України. Дослідження проводили впродовж 2017–2020 рр. на дослідному полі кафедри технології у рослинництві Львівського національного університету природокористування.

У дослідженнях використано сорти сої: *Устя*, *Хвиля*, *Муза*, *Арніка*, *Вільшанка*, *Сіверка*, *Сузір'я*, *Вишиванка* – установа-оригінація ННЦ «Інститут землеробства НААНУ». Сорти належать до скоростиглої групи – їхній вегетаційний період коливається від 83 до 107 діб, а також характерний підвищеною стійкістю до ураження найбільш поширеними хворобами, розтріскування бобів і осипання зерна. Досліджувані сорти, враховуючи їхні ранні терміни збирання, можна використовувати як попередник для озимих культур, вони придатні для поживних посівів (сорт *Сіверка*).

Устя – занесений до Реєстру сортів України у 2002 році. Скоростиглий. Маса 1000 насінин – 155–160 г. У насінні міститься 41–42 % білка і 19–20 % олії. Сорт *Муза* – у Державному реєстрі з 2015 року, виведений методом багаторазового індивідуального добору з гібридних поколінь *Юг-30/Устя*. Маса 1000 насінин – 235–245 г. У насінні міститься 41–42 % протеїну і 20–21 % жиру. Сорт *Арніка* – внесений до Державного реєстру у 2016 році, виведений методом індивідуального добору з комбінації від схрещування двох скоростиглих і продуктивних ліній 242 і 427. Маса 1000 насінин – 155–160 г, у насінні міститься 40–42 % протеїну і 20–21 % жиру. Сорт *Хвиля* – у Державному реєстрі з 2013 року, виведений методом індивідуального добору з гібридної популяції Л.364/*Чернятка*. Маса 1000 насінин – 158–162 г. У насінні міститься 40–42 % протеїну і 21–22 % жиру. Сорт *Вільшанка* – у Державному реєстрі з 2011 року, виведений методом багаторазового індивідуального добору з гібрида Л.955/*Чернятка*. Маса 1000 насінин – 240–250 г. У насінні міститься 41–42 % протеїну і 21–22 % жиру; сорт

Сіверка – у Державному реєстрі з 2013 року. Виведений методом індивідуального добору з гібридної популяції Юг-30/Устя. Маса 1000 насінин – 170–175 г. У насінні міститься 41–42 % протеїну і 20–21 % жиру; сорт **Вишиванка** – у Державному реєстрі з 2019 року. Маса 1000 насінин – 144–183 г. У насінні міститься 38–39 % протеїну і 22–23 % жиру; сорт **Сузір'я** – середньостиглий. Занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні з 2011 року по зонах Лісостеп і Полісся. Маса 1000 насінин – 220–240 г. У насінні міститься 42–43 % протеїну і 20–21 % жиру.

Ключові слова: сорт, соя, продуктивність, урожайність, показники якості.

Problem Formulation. In the cultivation technology of almost all agricultural crops, including soybeans, the main goal is to obtain optimal and sustainable crops with high quality indicators that is the main factor in assessing the level of economic efficiency of crop cultivation. In the technology of growing soybeans, an important place is given to the correct selection of varieties, which is one of the decisive factors for obtaining maximum yields of the crop. It is known that the variety policy of the soybean growing region is determined depending on the biology of the culture and environmental conditions, since each breed has its own growing region, in which the realization of the genetic potential of productivity is the highest. To date, more than 1000 soybean varieties and hybrids characterized by yields of up to 5.00 t/ha and higher are known in the world agriculture. [2].

Analysis of Recent Research and Publications. According to the results of research [6], it is recommended to sow two or three varieties of soybeans in farms, which differ in the length of their growing season. Thus, in the conditions of the Western Forest-Steppe, it is advisable to sow the following soybean varieties: in the north of the subzone – early-ripening, in the center – early-ripening and medium-ripening, in the south – medium-early-ripening [6].

It should be noted that the vast majority of already existing breeds are very sensitive to adverse growing conditions, under which productivity is significantly reduced, so breeders direct their efforts to create more plastic, high-yielding breeds that are less sensitive to extreme environmental factors and are suitable for cultivation using intensive technologies and as a result, over the last decade, the varieties resistant to adverse growing conditions, cracking of beans, breeds characterized by a stable harvest and increased content of protein and oil in the grain, as well as due to early maturity, serve as a good precursor for growing winter wheat [4].

Objectives Setting. Considering the fact that in the conditions of the Western Forest Steppe, new precocious soybean varieties of Ukrainian selection

have not yet been sufficiently studied, the task of the present research was to comprehensively assess the response of each variety to the growing conditions of the studied area.

Presenting Main Material. In the course of 2017–2020, field studies were conducted at the experimental field of the Department of Technologies in Plant Breeding of Lviv National Agrarian University with the aim of studying new precocious soybean varieties of Ukrainian selection. The registered area of the site was 20 m². The varieties were placed by randomization method. The experiment was repeated three times. In the research the following soybean varieties were used, namely Ustia, Muza, Arnica, Khvyliya, Vilshanka, Siverka, Vyshyvanka (originator of the NSC «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences»). During the growing season, the experiment was accompanied by records and laboratory analysis by the following methods [1; 3].

Usta variety was entered into the Register of varieties of Ukraine in 2002. It was bred by the method of individual selection from a hybrid from crossing the breeds Bilosnizhka × Zhemchuzhna.

The height of the plants is 70–75 cm, the attachment of the lower beans is 10–13 cm. The inflorescence is a multi-flowered bunch, with 9–14 purple flowers on the peduncle. Beans are coarse-fibered, pubescent, with two or three seeds.

It belongs to the Manchurian subspecies, approbation group of *sordid*. The hypocotyl knee is purple. Stem is with a straight end, brown, with red pubescence. The leaves are triangular, broadly ovate, entire with a pointed tip. Foliage is good. The seeds are oval, yellow, the scar is brown, medium, oval. Weight of 1000 seeds is 155–160 g.

The variety is early ripening, resistant to damage by the most common diseases, as well as against low temperatures during flowering and fruiting. The seeds contain 41–42 % protein and 19–20 % oil.

Muza variety is in the State Register since 2015, bred by the method of repeated individual selection from hybrid generations of Yug-30/Ustia. The pubescence of the plants is red. The leaves are

trifoliate, the shape of the middle leaf is broadly ovate. The flower is purple. The seeds are oval, yellow, the scar is brown. The weight of 1000 seeds is 235–245 g. The seeds contain 41–42 % protein and 20–21 % fat. The height of the plants is 85–90 cm. The variety is early-ripening (ripens in 100–102 days in the conditions of Kyiv region). It is characterized by high resistance to cracking of beans and shedding, guaranteed use as a precursor for winter crops in all zones of association. It is resistant to the most common diseases, as well as to low temperatures during flowering and fruiting [5].

Arnica variety was introduced into the State Register in 2016, derived by the method of individual selection from a combination of crossing two early maturing and productive lines 242 and 427. This variety is more precocious than all ultra-precocious breeds known in Ukraine. The seed is oval, yellow, the stigma is yellow, medium, oval with a white eye. The height of the plants is 75–80 cm. The weight of 1000 seeds is 155–160 g, seeds contain 40–42 % protein and 20–21 % fat. It is ultra-early ripening variety (ripens in 83–85 days in the conditions of Kyiv region) [5].

Khvyliya variety is in the State Register since 2013, bred by the method of individual selection from the L.364/Cherniatka hybrid population. The pubescence of the plant is gray. The leaves are triangular, and the shape of the middle leaf is broadly ovate. The seed is oval, yellow, the scar is yellow with a white «eye». The weight of 1000 seeds is 158–162 g. The seeds contain 40–42 % protein and 21–22 % fat. The height of the plants is 85–90 cm. It is early ripening variety (ripens in 102–107 days in the conditions of Kyiv region). The variety is resistant to cracking of beans and shedding of grain, guaranteed use as a precursor for winter crops in all zones of association, suitable for harvest crops. It is resistant to the most common diseases, as well as to low temperatures during flowering and fruiting. The variety is recommended for the main crops of Forest-Steppe regions of Ukraine and Polissia [5].

Vilshanka variety is in the State Register since 2011, bred by the method of repeated individual selection from the L.955/Cherniatka hybrid. It belongs to the Manchurian subspecies, approbation group *ukrainika*. The growth type of the plant is intermediate. The plumage is red. The leaves are triangular, and the shape of a broad leaf is broadly ovate. The flower is purple. The seed is oval, yellow, the scar is brown, medium, oval with a white «eye». The weight of 1000 seeds is 240–250 g. The seeds contain 41–42 % protein and 21–22 % fat. It is resistant to the most common diseases, as well as to

low temperatures during flowering and fruiting. The height of the plants is 92–95 cm. The height of attachment of the lower beans is 13–15 cm. It is precocious. The variety is recommended for growing in the Forest-Steppe regions of Ukraine as the main crops. Due to its early maturity, it can be used as a precursor to winter crops [5].

Siverka variety is in the State Register since 2013, bred by the method of individual selection from the Yug-30/Ustia hybrid population. The pubescence of plants is gray. The leaves are triangular, and the shape of the middle leaf is broadly ovate. The seeds are oval, yellow, the scar is yellow. The weight of 1000 seeds is 170–175 g. The seeds contain 41–42 % protein and 20–21 % fat. The height of the plants is 87–95 cm. It is early ripening variety (ripens in 95–97 days in the conditions of Kyiv region). The variety can be used as a guaranteed predecessor for winter crops in all zones of coexistence and is suitable for harvest crops. It is recommended for main and fallow crops in the Forest-Steppe areas of Ukraine and Polissia [5].

Vyshyvanka variety is in the State Register since 2019. The weight of 1000 seeds is 144–183 g. The seeds contain 38–39 % protein and 22–23 % fat. The variety is precocious – the growing season, depending on the growing zone, is 104–115 days. The height of the attachment of the lower bean is 11.4–13.4 cm. It is characterized by increased resistance to the main diseases (peronosporosis, ascochitosis, septoriososis, fusariosis, bacteriosis).

Suziria variety is medium-ripe. It was bred by the method of multiple individual selection from a hybrid from crossing Yug-30/Cherniatka. Belongs to the Manchurian subspecies, approbation group *sordida*. In 2011, it was introduced into the State Register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine in the Forest Steppe and Polissia zones. The height of the plants is 90–92 cm. The height of attachment of the lower beans is 13–15 cm. The stem is dark brown with red pubescence. The seeds are oval, yellow, the scar is brown, medium, oval. The weight of 1000 seeds is 220–240 g. The seeds contain 42–43 % protein and 20–21 % fat [5].

They were sown with a row width of 12.5 at the sowing rate of 600,000 seeds/ha. Before sowing, inoculation was carried out with the bacterial fertilizer Optimays.

The following herbicides were used to control weeds, namely Harness (before seedlings) at the rate of 2.5 l/ha and Bazagran (after seedlings in the phase of 2–3 leaves of the crop) – 2.5 l/ha.

Harvesting was carried out in the phase of full seed maturity (at a moisture content of 14 %). Desiccation was not used.

As a result of the four-year research (2017–2020), the following yields were obtained (Table 1). It should be noted that all the varieties that were put to study were characterized by increased productivity, however, the most productive variety was Muza, which provided a yield of 3.99 t/ha, which is by 1.15 t/ha, or 40.3 % higher than the control (Ustia breed).

An important feature is that the content and composition of protein and oil in soybeans are determined genetically, but in turn they are also closely related to the external conditions of the growing season.

It should be noted that, on average, during four years of research, when grown in the Western Forest-Steppe zone, the varieties that were put to study were characterized by increased seed quality indicators.

Within the scope of the experiment, these indicators were at the level of 35.4–41.8 % (protein) and 18.8–20.9 % (oil) depending on the variety, (Table 2). High protein content was noted in such varieties as Vilshanka (39.2 %), Siverka (39.5 %), Muza (40.7 %). The highest protein content was observed in the Suziria variety – 41.8 %.

Table 1

Yield of soybean varieties, on average for 2017–2020, t/ha

Variety	Productivity, t/ha	Growth by Grade	
		t/ha	%
<i>Ustia – control</i>	2.84	–	–
Muza	3.99	1.15	40.3
Arnica	2.87	0.03	1.0
Khvyliya	2.90	0.06	2.1
Vilshanka	3.38	0.54	19.0
Siverka	2.99	0.15	5.3
Vyshyvanka	3.08	0.24	8.5
Suziria	3.21	0.37	13.0

HIP₀₅ t/ha: 2017 – 0.11; 2018 – 0.13; 2019 – 0.12; 2020 – 0.12.

Table 2

Qualitative Indicators of grain of soybean varieties, Average for 2019–2020, %

Variety	Protein, %	Oil, %
<i>Ustia – control</i>	36.4	18.8
Muza	40.7	19.5
Arnica	37.8	18.9
Khvyliya	38.9	19.4
Vilshanka	39.2	19.9
Siverka	39.5	20.1
Vyshyvanka	38.3	19.4
Suziria	41.8	20.9

Conclusions. To conclude, the study of the precocious soybean varieties of Ukrainian selection in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine provides an opportunity to solve the issue of full realization of their genetic potential, as well as obtaining a grain yield at the level of 2.84–3.99 t/ha with high seed quality indicators.

References

1. Dospiekhov B. A. Methodology of Field Experiment. 5th ed., add. and processing. Moscow: Agropromizdat, 1985. 35 p.
2. Kolisnyk S. I., Ivaniuk S. V., Petrychenko N. M. Growing Soybeans for Grain. *Seed Production*. 2005. No 12. P. 15–16.

3. Computer Methods in Agriculture and Biology / O. M. Tsarenko, Yu. A. Zlobin, V. H. Sklar, S. M. Panchenko. Sumy: Universytetska Knyha, 2000. 203 p.

4. Kaminskyi V. F., Holodna A. V., Hres S. A. The importance of weather and climate conditions in production of legumes in Ukraine. *Fodder and Fodder Production*. 2004. Issue 53. P. 38–48.

5. Mikhailov V. H., Shcherbyna O. Z., Romaniuk L. S. Response of varieties and selection numbers to changes in growing conditions. *Fodder and Fodder Production*. 2001. Issue 47. P. 27–29.

6. Turin E. N., Sichkar V. I. High-yielding, plastic soybean varieties of the Selection and Genetic Institute. *Seed production*. 2007. No 3. P. 19–22.

Стаття надійшла 12.07.2022

Розділ 5

ЗАХИСТ РОСЛИН

УДК [632+632.93]:633.31(477.52/.6)

ХВОРОБИ ЛЮЦЕРНИ ТА КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ЗАХИСТУ У СХІДНОМУ ЛІСОСТЕПІ УКРАЇНИ

В. Туренко, д. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-7432-6965

В. Горяїнова, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4883-0770

Л. Жукова, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-1549-8019

Харківський державний біотехнологічний університет

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.132>

Туренко В., Горяїнова В., Жукова Л. Хвороби люцерни та концептуальні основи захисту у Східному Лісостепі України

Наведено результати досліджень щодо вивчення поширеності, шкідливості, біологічних особливостей збудників грибних хвороб люцерни у Східному Лісостепі України. Моніторинг хвороб люцерни показав, що найбільш шкідливими були бура плямистість (збудник *Pseudopeziza medicaginis* (Lib Sacc.)), пероноспороз (збудник – *Peronospora aestivalis* Sya.), аскохітоз (збудник *Ascochyta imperfecta* Peck.) та жовта плямистість (збудник *Pseudopeziza yonesii* Nann.). Встановлено достовірний зв'язок між показниками максимальної поширеності й розвитку хвороб і метеорологічними чинниками впродовж вегетації культури. Проведений скринінг стійкості перспективних сортів люцерни до хвороб показав, що сорти Влада і Унітра характерні груповою стійкістю до грибних хвороб. Установлено високу ефективність використання літніх широкорядних посівів у стабілізації фітосанітарного стану, що забезпечує зниження поширеності основних хвороб люцерни на 11,8–17,5 % порівняно з рядовими посівами. Доведено необхідність проведення ранньовесняного вичісування стерні, що сприяє зниженню запасу інфекції в посівах, зменшенню поширеності хвороб у період вегетації люцерни на 1,2–2,4 %, їх розвитку на 1,6–2,8 % порівняно з контролем. Розроблено рівняння для прогнозування максимальної поширеності аскохітозу люцерни: $V_1 = 0,034 \times 9,651$, і його максимального розвитку: $V_2 = 0,025 \times +3,9$. Використання даних розробленого нами короткострокового прогнозу розвитку хвороб люцерни дає підстави для своєчасного обприскування люцерни у фазі бутонізації 25 % к.е. Тілту з розрахунку 0,5 л/га та сірчаноокислого цинку 0,02 кг/га. Поширеність грибних хвороб при цьому знизилася на 3,6 %, розвиток хвороб – на 13 % порівняно зі звичайною технологією вирощування люцерни.

Ключові слова: люцерна, сорти, збудник хвороби, поширеність, розвиток, шкідливість, заходи захисту.

Turenko V., Horiainova V., Zhukova L. Alfalfa diseases and conceptual foundations of protection in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine

The article presents the research results on the studies of spreading, harmfulness, biological characteristics of alfalfa fungal disease pathogens in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. Monitoring of alfalfa diseases showed that brown spot (*Pseudopeziza medicaginis* (Lib Sacc.)), down mildew (*Peronospora aestivalis* Sya.), Ascochytosis (*Ascochyta imperfecta* Peck.) and yellow spot were the most harmful (*Pseudopeziza yonesii* Nann.). The relationship between the indicators of the maximum spreading and development of diseases and meteorological factors during crop vegetation was confirmed. The screening to reveal the resistance of promising alfalfa varieties to the disease was carried out showing that Vlasta and Unitra varieties were characterized by group resistance to fungal diseases. The high efficiency of summer wide-row crops use in stabilization the phytosanitary state was found to ensure a decrease of major alfalfa diseases spreading by 11.8–17.5 % as compared with row crops. The necessity of stubble combing out early in spring was proved. It helps reducing the infection stock in crops and disease spreading during the alfalfa vegetation period by 1.0–2.4 %, their development by 1.6–2.8 % as compared to the control. Equations have been developed to predict the maximum prevalence of alfalfa Ascochytois $V_1 = 0.034 \times 9.651$ and its maximum development $V_2 = 0.025 \times +3.9$. The data use of our short-term forecast as to alfalfa disease

development enables spray alfalfa in the budding phase with 25 % e.c. of Tilt at a rate of 0.5 l/ha and sulfate zinc 0.02 kg/ha in the proper time. At the same time, the spreading of fungal diseases decreased by 3.6 %, the development of diseases – by 1.3 %, as compared with the conventional technology of alfalfa growing.

Key words: alfalfa, varieties, pathogen, spreading, development, harmfulness, protection measures.

Постановка проблеми. Серед багаторічних бобових трав у світовому кормовиробництві люцерна посідає провідне місце. Вона високоврожайна, зимо- і посухостійка багаторічна кормова культура, джерело повноцінного за амінокислотним складом протеїну і карантину. Практична цінність люцерни не обмежується тільки кормовими властивостями, адже вона виконує важливі господарсько-біологічні функції: забезпечує ґрунт азотом, покращує фізико-хімічні та біологічні властивості ґрунту, підвищує його родючість, слугує добрим попередником багатьох сільськогосподарських культур.

В умовах погіршення фітосанітарного стану агроценозів України, зростання цін на енергоносії, підвищення продуктивності кормовиробництва найбільш перспективним є розвиток насінництва люцерни на базі ресурсощадних технологій. Розширення площ люцерни стримується значним браком насіння культури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

На врожайності люцерни негативно позначаються хвороби грибної, вірусної та бактеріальної етіології. Деякі хвороби призводять до зріджування травостою та випадання сходів, а інші проявляються на листках та стеблах у вигляді мікозів. Інтенсивність розвитку їх залежить від сезонної динаміки, температурного режиму, вологості повітря та кількості опадів, про що свідчать численні дослідження науковців [1–7]. Недостатнє вивчення біологічних особливостей збудників хвороби культури та недосконалість заходів захисту у регіоні обумовили проведення досліджень.

Постановка завдання. Наше завдання – провести польові та лабораторні дослідження згідно з методиками дослідної справи [2, с. 107] упродовж 2015–2021 рр. в умовах Харківського району Харківської області. Маршрутні обстеження проводили згідно з модифікованою нами методикою ВіЗР. Для визначення поширеності хвороби відбирали п'ять проб, у кожній з яких аналізували по десять стебел, на двох з них визначали ступінь ураження. Для встановлення родової й видової належності збудників хвороб застосовували методи мікроскопічного аналізу і чистих культур.

Виклад основного матеріалу. Проведений моніторинг фітосанітарного стану посівів люцерни показав, що у Східному Лісостепі України суттєвої шкоди завдавали мікози. Шкідливість їх проявлялася на листках і стеблах у вигляді плямистостей, некрозів, нальотів, що призводило до передчасного осипання листя. Втрати листя люцерни від цих хвороб становили 37,8–77,6 %, а недобір урожаю насіння – 42,5–60,7 %.

Упродовж років проведених досліджень найшкідливішою була бура плямистість (збудник *Pseudopeziza medicaginis* (Lib Sacc.)). Вона розвивалася впродовж усього вегетаційного періоду, уражуючи всі вегетативні органи рослин різних років використання та укосів. Особливого розвитку хвороба набувала на посівах першого укосу люцерни різних років вирощування. На листі люцерни з'являлися бурі плями діаметром 0,2–2,6 мм, які нерівномірно розподілялися поверхнею листових пластин. На плямах утворювалися апотеції групами до 2–6 штук на одній плямі. Дозріваючи, вони відкривалися, набували блюдцеподібної форми та розміру 0,3–1,4 мм. У плодкових тілах циліндричної форми сумки розміром 52,0–65,4 мкм розташовувалися тісним колом, у яких перебувало по вісім одноклітинних, овальних сумкоспор розміром 4–8 мкм. Упродовж вегетації рослин патоген поширювався сумкоспорами. Оптимальні умови для розвитку й поширення хвороби створювалися за температури повітря 17,5–22,8 °С та середньодобової вологості повітря 76,8–87,4 %.

Встановлено, що під впливом хвороби за слабого ступеня ураженості втрати листя становили 5,7–11,6 %, за середнього – 14,8–27,3 %, за сильного – 16,2–62,8 %. Втрати врожаю насіння становили 28,8–34,6 %. Хвороба зумовлювала висихання й опадання листя, що призводило до спаду врожайності, погіршення якості зеленої маси, сіна та насіння люцерни. Спочатку збудник хвороби уражував нижні листки, а потім листя середнього та верхніх ярусів. Збудник розвивався в сумчастій стадії до кінця осінньої вегетації, яка сприяла поширенню хвороби в посівах. Некротичні плями є початком ураження листя хворобою, дрібні плями – кінцевою стадією розвитку патогена зі зрілими сумкоспорами, необхідними для поширення хвороби. Розвиток сумчастої стадії патогена відбувався з першої декади квітня по другу декаду листопада.

Поширеність хвороби становила 12,4–48,5 %, розвиток хвороби – 8,7–24,6 %. Інкубаційний період утворював 3–5 діб, цикл розвитку – 26–30 діб, спостерігали дві генерації патогена. Основне джерело інфекції – це апотеції на ураженому листі та стеблах люцерни. Знаючи біологічні особливості розвитку збудника хвороби, можна прогнозувати інтенсивність її розвитку наступного року. І залежно від метеорологічних чинників, органогенезу культури та технології вирощування треба оперативнo та своєчасно вжити захисних заходів.

Жовта плямистість (збудник *Pseudopeziza yonesii* Nann.) проявляється на листі у вигляді великих розпливчастих світло-жовтих плям, витягнутих вздовж жилок листків. Спочатку уражувалося листя нижнього ярусу, потім хвороба поступово переходить на листя верхніх ярусів. Хвороба набула поширеності з кінця фази стеблування до початку бутонізації люцерни за середньодобової температури повітря +19,8...+23,7 °C та середньодобової вологості повітря 58–60 % і кількості опадів за декаду 18,6–45,3 мм. Ми встановили, що ураження люцерни збудником хвороби спричиняло спад урожаю зеленої маси на 16 %, а кількості стебел з бутонами – на 23 %. Перший укіс люцерни у фазі цвітіння був ураженим на 12–17 %.

Перші симптоми жовтої плямистості проявлялися на один–два тижні пізніше, ніж бурої плямистості. Багаторічні дослідження динаміки розвитку жовтої плямистості свідчать, що ураженість листя люцерни спочатку наростала повільно, а потім інтенсивніше. Максимальна поширеність *Pseudopeziza yonesii* Nann. становила 15,3–31,6 %, розвиток хвороби – 6,7–16,3 %. Значну ураженість рослин збудником хвороби виявлено у фазі цвітіння на початку утворення бобів. Інтенсивний розвиток хвороби було виявлено у травні, а максимальний – у червні. Темпи наростання ураженості люцерни жовтою плямистістю відрізнялися за роками. Найбільший ступінь ураження зафіксували у фазі цвітіння на початку утворення бобів. Інтенсивний розвиток хвороби спостерігали за чергування сухої жаркої погоди (середньодобова температура повітря +25 °C, відносна вологість повітря 43 % ГТК=0,6) та вологої погоди (середньодобова температура +16 °C, відносна вологість повітря 70 %, ГТК=1,1).

Між початком інтенсивного розвитку жовтої плямистості люцерни та її максимальним розвитком встановлений прямий достовірний зв'язок, який виражається рівнянням: $Y = 110,4 + 0,5x$, де Y – період максимального

розвитку хвороби; x – період початку її інтенсивного розвитку ($r = 0,77$).

Виявлену залежність доцільно використовувати для прогнозування максимальної поширеності та розвитку жовтої плямистості.

Інкубаційний період становив від 4 до 14 діб, а цикл розвитку патогена 14–26 діб.

Конідії з'являлися в пікнідах майже одночасно з першою появою жовтої плямистості на поверхні листків. Найбільший розвиток пікнід спостерігали в момент початку відмирання листя. Під час засихання листя поява конідій призупинялася. Дослідження довели, що конідії не уражували рослин. Наприкінці червня – на початку липня у фазі утворення бобів зафіксували формування апотеціїв. Це сумчаста стадія першої генерації патогена. Друга генерація збудника утворювалася внаслідок ураження рослин сумкоспорами першої генерації, яка розвивалася на люцерні першого та минулих років використання. За нашими дослідженнями, апотеції утворювалися як на листі, що залишилося на стеблах, так і на опалому, у ґрунті. Процес дозрівання і викидання сумкоспор розвивався повільно.

Упродовж багаторічних досліджень ми встановили, що ураженість люцерни збудником жовтої плямистості зростала у фазу бутонізації, а у фазу утворення бобів формувалися апотеції сумчастої стадії першої генерації патогена. Експериментальні дані показали, що поширеність і розвиток жовтої плямистості зростали у періоди з більшою кількістю опадів та підвищеною вологістю повітря. Оскільки для розвитку збудника необхідна волога, то під час сухої погоди патоген не розвивався, а ураження люцерни було незначним. При цьому волога прохолодна погода протягом тривалих періодів сприяла підвищенню стійкості рослин. У вологу погоду сумкоспори швидко відмирили, і ураження не відбувалося. У суху погоду сумкоспори зберігалися тривалий час, а стійкість рослин зменшувалося. Плями на листі збільшувалися, а уражене листя швидко засихало.

Основне джерело інфекції – уражене листя і рештки рослин, на яких зберігаються апотеції патогена, з яких навесні сумкоспори спричиняють первинне ураження рослин.

Аскохітоз (збудник – *Ascochyta imperfecta* Peck.) уражував люцерну у фазі відростання культури. Перші симптоми аскохітозу виявили після стійкого переходу середньодобової температури повітря через + 10 °C у фазі стеблування люцерни. Поширеність аскохітозу становила 7,6–17,2 %, розвиток хвороби 4,3–9,8 %.

За переходу середньодобової температури повітря до + 20 °С поширеність і розвиток хвороби спадали, спад розвитку аскохітозу виявлений у фазі утворення бобів. За сильного ступеня ураженості рослин опадало листя, що призводило до зменшення асиміляційної поверхні рослин, знижувало врожайність насіння на 10–15 % та погіршувало якість зеленої маси й сіна. В уражених бобах утворювалося щупле з потемнілою оболонкою насіння, яке містить грибну інфекцію.

Упродовж вегетації люцерни патоген поширювався пікноспорами. Інкубаційний період хвороби тривав 4–5 діб. Поширенню хвороби сприяла прохолодна дощова погода. Збудник давав декілька поколінь конідиального спороношення.

Розроблене рівняння для прогнозування максимальної поширеності аскохітозу: $Y_1 = 0,034 \times 9,651$, і його максимального розвитку: $Y_2 = 0,025x + 3,9$

Y_1 і Y_2 – рівняння для прогнозування максимальної поширеності хвороби; X – сума позитивних температур у період стійкого переходу температур через +10 °С.

Джерело інфекції – грибниця в уражених рослинах і насінні та пікніди патогена на уражених рештках. Наприкінці вегетації за спаду температури повітря формувалися пікніди, які залишалися на зимівлю.

Пероноспороз (збудник – *Peronospora aestivalis* Sya.) уражував переважно молоде листя верхівкових пагонів люцерни першого укусу у фазі відростання. У посівах люцерни пероноспороз виявили у третій декаді квітня за середньодобової температури повітря +14 °С, відносної вологості повітря 58 %, кількості опадів за декаду 14 мм.

Поширеність хвороби становила 5,5 %, розвиток хвороби – 3,6 %. Перші симптоми ураження листя люцерни збудником пероноспорозу проявлялися раніше від інших грибних хвороб. Хворобу виявили після стійкого переходу температури повітря через +10 °С за ГТК 0,8–1,8 у фазі стеблуння люцерни. Далі з підвищенням середньодобової температури повітря від +28...+30 °С та зниженням середньодобової вологості повітря до 45–50 % хвороба не прогресувала. На поширеність та інтенсивність розвитку пероноспорозу істотно впливали збудники грибної етіології. Ми встановили, що для проростання конідій патогена вода необхідна не тільки для зволоження оболонок конідій, а й для їхнього набухання. Під час тривалої посухи конідиеносці не утворювались, а міцелій тимчасово призупиняв

свій розвиток. Коефіцієнт кореляції між поширеністю і розвитком пероноспорозу становив 0,92 і є достовірним за $P < 0,01$. Залежно від метеорологічних умов року та ступеня ураженості хвороба спричиняла недобір урожаю зеленої маси до 10–12%, а насіння люцерни – до 3–4 %. При цьому зменшувалася асиміляційна поверхня рослин, що негативно позначалося на життєдіяльності рослин люцерни та погіршувало плодоутворення. З нижнього боку листків з'являвся сірий із фіолетовим відтінком наліт. Мікроскопічний аналіз плям, проведений нами, підтвердив, що в цих місцях тканина листка пронизана безбарвним одноклітинним міцелієм, бокові присоски якого проникали у клітини рослин і витягували із них сік, що спричиняло відмирання клітин. Сірий наліт – це гілки міцелію, що виходили пучками по 2–4 із продихів на нижню поверхню листків. Конідиеносці 4–7 разів дихотомічно розгалужувалися і мали довжину 170–410×4–8 мкм. Кінцеві гілки їх розташовані під кутом і мали на загострених кінцях по одній блідо-жовто-коричневій конідії еліпсоподібної форми. Конідії – нестатева літня стадія розвитку патогена. Вони легко відділялися від конідиеносців, переносилися потоками повітря, дощем або комахами на здорові листки люцерни і за наявності краплинно-рідинної вологи швидко проростали. Молоді гіфи проникали у тканини рослин, де утворювали нову грибницю. Із настанням сприятливих умов на дихотомічно розгалужених конідиеносцях утворювалася велика кількість конідій. З огляду на те, що конідій утворювалося багато, а інкубаційний період хвороби становив 3–8 діб, через 6–14 днів з'являвся новий наліт, а поширеність і розвиток хвороби стрімко зростали. Під час тривалої посухи конідиеносці не утворювались, а міцелій, розташований усередині тканин рослин, тимчасово призупиняв розвиток. Росткові гіфи проникали у тканини люцерни через продихи, рідше через прорив кутикули. Патоген зберігався на ураженому листі взимку в стадії ооспор, або міцелію. Ооспори кулеподібні, бурувато-коричневі, з товстою, гладкою або бугристою оболонкою діаметром 18–25 мкм.

Аналіз метеорологічних умов у різні роки досліджень показав, що ураженість люцерни збудником пероноспорозу саме у перші дві декади вегетації має важливе значення для подальшого розвитку епіфітотії, і навіть сприятливі умови у другій половині літа не можуть компенсувати втрачених можливостей перезараження люцерни. Проте поряд із впливом метеорологічних умов на

поширеність переноспорозу впливають конкурентні відносини із збудниками інших хвороб, переважно бурі плямистості

Висновки. Проведені нами дослідження свідчать, що фенологія люцерни та розвиток на ній хвороб грибної етіології, які проявляли найбільшу шкідливість, залежать від сезонної динаміки метеорологічних умов, технології вирощування самої культури.

Для обмеження розвитку хвороб люцерни рекомендуємо застосовувати розроблену нами інтегровану систему захисту, що передбачає впровадження перспективних сортів Власта і Унітра, характерних груповою стійкістю до грибних хвороб; дотримання сівозміни з висіванням люцерни не раніше як через 3–4 роки, дотримання просторової ізоляції понад 1 км між насінниками і фуражними посівами. Перед сівбою люцерни слід обробити насіння 50 % з.п. Беномілу 2 кг/1т із сірчаноокислим цинком 0,02 кг/т. Літні широкорядні посіви варто проводити з шириною міжрядь 70 см із використанням боронування та вичісування стерні навесні. Із застосуванням даних короткострокового прогнозу розвитку хвороб люцерни необхідно обприскувати насінневі посіви люцерни у фазі бутонізації 25 % к.е.

Тілту з нормою витрати 0,5 л/га і сірчаноокислого цинку 0,02 кг/га. Також варто очищати насіння з просушуванням і доведенням його вологості до 13–14 %. Усе це забезпечить отримання високих стійких урожаїв насіння люцерни.

Бібліографічний список

1. Білецький С. М., Туренко В. П. Методологія прогнозу. *Захист рослин*. 2002. № 7. Вип. 6. С. 4.
2. Назарбекова М. Х. Болезни люцерны и меры борьбы с ними. Алма-Ата, 1980. С. 101–113.
3. Туренко В. П. Прогноз поширеності та розвитку плямистостей насінневої люцерни у Східному Лісостепу України. *Міжнар. наук.-практ. конф. ін-т. захисту рослин УААН*. Київ, 2004. С. 106–111.
4. Туренко В. П., Мешкова В. Л. Прогнозування сезонного розвитку хвороб люцерни. *Вісник ХНАУ*. Серія «Ентомологія та фітопатологія». 2005. № 6. С. 58–65.
5. Туренко В. П., Мешкова В. Л. Сезонна динаміка розвитку основних грибних хвороб люцерни у Східному Лісостепу та Степу України. *Вісник ХНАУ*. Серія «Ентомологія та фітопатологія». 2006. № 5. С. 57–66.
6. Туренко В. П., Чоні С. В. Моніторинг поширеності та шкідливості грибних хвороб люцерни при екологічно-орієнтованій системі землеробства «No-Till». *Захист і карантин*. 2010. № 2. Вип. 57. С. 28–35.
7. Туренко В. П. Чим хворіє люцерна. *Farmer*. 2018. № 8. С. 116–117.

Стаття надійшла 10.04.2022

ОСОБЛИВОСТІ ПАТОГЕНЕЗУ БІЛОЇ ПЛЯМИСТОСТІ СУНИЦІ САДОВОЇ В УМОВАХ СХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

В. Туренко, д. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-7432-6965

А. Синявін, аспірант

ORCID ID: 0000-0003-2048-6231

Харківський державний біотехнологічний університет

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.137>

Туренко В., Синявін А. Особливості патогенезу білої плямистості суниці садової в умовах східної частини Лісостепу України

Подано результати дослідження з вивчення біоекологічних особливостей розвитку білої плямистості суниці садової *Ramularia tulasnei* Sacc. Максимальний розвиток хвороби виявлено в липні. Площа некротичних плям на листових пластинках рослин залежно від ступеня ураженості становила від 5,7 до 27,8 %.

Це призводило до загального ослаблення кущів та зниження врожайності в поточному і наступних роках та погіршення якості ягід, що зумовлювало відмирання 25–28 % асимілюючої поверхні листя суниці та зниження врожаю до 22–25 %. Установлено, що наприкінці квітня – на початку травня з'являлися характерні для хвороби плями від 0,7 до 8,2 мм у діаметрі, на яких через 7–10 діб утворювався білий або злегка бурий наліт конідіального спороношення. Інкубаційний період тривав від 8–14 діб. Оптимальними температурами для розвитку хвороби були +20 – +24 °С та середньодобова вологість повітря 75–80 %. У період вегетації патоген поширювався конідіями. Знання біоекологічних особливостей розвитку хвороби дає змогу для планування та ефективного вживання захисних заходів з обмеження поширеності та розвитку білої плямистості суниці садової. Для захисту високосприйнятливих до хвороби сортів суниці садової необхідно застосовувати селекційно-генетичні, агротехнічні заходи та використовувати біофунгіциди: фітоспорін з нормою витрати 1 кг/га і фітодоктор 2 кг/га.

Для промислових та приватних господарств східної частини Лісостепу України доцільно використовувати сорти Роксана і Присвята з підвищеною стійкістю до плямистостей суниці садової та новітні фунгіциди: Топаз 10% к.е. (0,3 л/га); Хорус 75% в.г. (0,7 кг/га). Перше обприскування у фазу відростання молодих листків, друге у фазу висування квітконосів.

Ключові слова: суниця садова, сорт, біла плямистість, збудник, поширеність, розвиток, шкідливість.

Turenko V., Syniavin A. Peculiarities of pathogenesis of the garden strawberry white spots in conditions of the Eastern part of Ukraine's Forest-Steppe

The article presents findings of the studies devoted to the bioecological features of development of the *Ramularia tulasnei* Sacc. strawberry white spots. The maximum manifestation of the disease was observed in July. The area of necrotic spots on the leaf blades of plants ranged from 5.7 to 27.8 % depending on the degree of damage.

It caused general weakening of the bushes, reduction of yields, and deterioration of the berry quality in the current and subsequent years because of dying 25–28 % of the assimilating surface of strawberries leaves and a decrease in yield by 22–25 %. The disease spots from 0.7 to 8.2 mm in diameter appeared on the plants in late April and early May, and 7–10 days later a white or slightly brown plaque of conidial sporulation was observed. The incubation period lasted from 8 to 14 days. The optimum temperatures for the disease development were +20 – +24 °C and the average daily air humidity was 75–80 %. During the vegetation period the pathogen was spread by conidia. The knowledge of the bioecological features of the disease development enables planning and carrying out effective protective measures to limit the spreading and development of strawberry white spots. To protect highly susceptible strawberry varieties, it is necessary to apply breeding-genetic, agro-technical measures and to use biofungicides: phytosporin with a consumption rate of 1 kg/ha and phyto doctor - 2 kg/ha.

For industrial and private farms in the eastern part of the forest-steppe of Ukraine, it is advisable to use Roxana and Prisyvat varieties with increased resistance to garden strawberry spotting and the latest fungicides: Topaz 10% k.e. (0.3 l/ha); Chorus 75% v.g. (0.7 kg/ha). The first spraying in the phase of growth of young leaves, the second in the phase of extension of flower stalks.

Key words: garden strawberry, variety, white spots, pathogen, spreading, development, harmfulness.

Важливе значення серед ягідних культур належить суниці садовій. Культура суниць поширена в усіх агрокліматичних зонах плодівництва

нашої країни. Вирощують її у промислових, фермерських, приватних господарствах, присадибних селянських і дачних садових ділянках. За

останні три роки в Україні площа насаджень суниці та полуниці у плодоносному віці залишається у структурі ягідників на рівні 40 % і у 2020 р. становила 7,8 тис. га.

Постановка проблеми. Попит на ринку і розвиток переробної промисловості обумовлює подальше збільшення виробництва суниці за рахунок розширення площ, концентрації промислового виробництва у найбільш сприятливих кліматичних умовах, впровадження нових технологій вирощування культури. Цінність суниці зумовлена високими смаковими, поживними, лікувальними та дієтичними властивостями плодів. Вона першою відкриває сезон свіжих ягід, які особливо багаті на цукри, органічні кислоти, пектин, вітаміни (С, Р, В₂, Е, К) і мінеральні елементи (калій, фосфор, кальцій, натрій, магній, залізо, йод) [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Насадженням суниці садової істотно шкодять хвороби різної етіології, серед яких біла, бура та коричнева плямистості найбільш поширені та шкодочинні в нашому регіоні. У літературних джерелах наведено окремі дані щодо проявів і поширення білої плямистості в Україні [1, с. 304; 3, с. 57; 5, с. 54; 6, с. 459–460; 7, с. 332].

В умовах ринкових відносин з розвитком експорту, холодильної та переробної промисловості, з наростанням шкідливості інфекційних хвороб до вирощуваних сортів суниці садової поставлені високі вимоги. Поряд з високою врожайністю культури, стійкістю до несприятливих умов зовнішнього середовища, вони повинні проявляти високу толерантність до грибних, вірусних, бактеріальних хвороб, володіти високою стійкістю при зберіганні, транспортуванні, бути придатними до механізованого збирання.

При районуванні сортів суниці садової вітчизняної та зарубіжної селекції важливим завданням є проведення скринінгу стійкості до збудників інфекційних хвороб, вивчення їх біоecологічних особливостей розвитку залежно від метеорологічних умов та технології вирощування культури, а також вивчення впливу агротехнічних, біологічних та хімічних заходів на обмеження поширення та розвитку хвороб суниці садової.

Постановка завдання. Наше завдання – вивчити поширеність, розвиток та шкідливість плямистостей суниці, визначити видовий склад збудників хвороб та вдосконалити заходи захисту від них у східній частині Лісостепу України.

Польові та лабораторні дослідження проводили згідно з методиками постановки лабораторного, польового дослідів та математичної статистики, упродовж 2019–2021 рр. в умовах Харківського району Харківської області. Фенологічні спостереження за розвитком рослин та облік урожайності сортів суниці садової здійснювали за методикою Г. А. Лобанова [4, с. 243–247]. Поширення хвороби та ступінь ураження визначали візуально, при ретельному огляді листя суниці. Виконували у чотирьох повтореннях (повторність – 10 кущів рослин) за кожним сортом, сорти Роксана та Присвята.

Виклад основного матеріалу. Проведені нами маршрутні обстеження насаджень суниці садової, виконані в ННВЦ «Дослідне поле ХНАУ ім. В. В. Докучаєва» та у приватних господарствах Харківської області впродовж 2019–2021 рр., засвідчили що у період максимального розвитку хвороби (липень) біла плямистість була однією з поширених та шкідливих хвороб у регіоні досліджень. Її поширеність становила 3,8–8,4 %. Розвиток хвороби на досліджуваних сортах був різним. Це залежить передусім від технології вирощування культури, ґрунтових та мікрокліматичних умов, інфекційного фону, вирощуваних сортів. У 2019 р. максимальна поширеність становила 6,0 % при розвитку хвороби 1,5 %. У 2020 р. поширеність утворила 4,4 %, а розвиток хвороби 1,3 %. У 2021 р. поширеність хвороби становила 8,4 % при розвитку хвороби 2,5 %.

Отримані експериментальні дані показали, що біла плямистість суниці проявлялася щорічно на листках, черешках, квітконосах, вусах. Шкідливість хвороби залежала від ступеня ураження збудником рослин, сортових особливостей, кліматичних умов року.

Листок суниці садової є одним з найважливіших органів рослини. У ньому проходять важливі фізіологічні процеси: фотосинтез, транспірація, дихання, утворення пластичних речовин, які забезпечують ріст, розвиток плодоношення та зимостійкість.

Доведено, що при вивченні шкідливості білої плямистості суниці, в сильно уражених рослинах зменшувалася асимілююча поверхня листків, що неабияк позначалося на інтенсивності розвитку хвороби. Ми підраховали площу некротичних плям на листках суниці, уражених на 5,3 і 1 бали (у сильному, середньому та слабкому ступенях).

Дані табл. 1 показали, що некрози на листових пластинках суниці садової сорту Роксана за слабого ступеня ураженості становили від 2,2 до 5,7 %, за середнього ступеня – від 9,6 до 15,9 %, а за сильного – від 18,4 до 27,3 %.

Треба зауважити, що на окремих листках суниці в період максимального розвитку хвороби (липень, серпень) виявлено 58–72 % відмерлої поверхні. На сильно уражених збудником хвороби рослинах зменшувалася асимілююча поверхня листків, що призводило до передчасного їх висихання та сильного ослаблення кущів суниці, а відтак позначалося на зниженні врожайності та товарності сорту.

Останнім часом плямистості суниці активно поширені на території східної частини Лісостепу України. Найбільш поширеною та шкодочинною в регіоні досліджень була біла плямистість, що проявлялася в порушенні фізіологічних процесів і призводила до загального ослаблення кущів та спаду врожайності поточного й наступних років, а також до погіршення якості ягід. Вона супроводжує культуру у процесі всієї вегетації.

В умовах Східного Лісостепу України біла плямистість є шкідливою хворобою надземних органів суниці.

Збудник *Ramularia tulasnei* Sacc. має конідіальну і склероціальну стадії. Є сумчаста стадія *Mycosphaerella tragarial* Sacc., у вигляді псевдо-

теціїв, але вони дозрівають набагато пізніше за конідії в склероціях, тож особливої ролі в розвитку хвороби не відіграють, але можливе слабе ураження листя суниці після зимівлі.

На основі проведених експериментальних досліджень та аналізів симптомів хвороби і вивчення морфологічних ознак збудника (табл. 2) встановлено, що основним збудником білої плямистості листків суниці є патоген *Ramularia tulasnei* Sacc. Розмір і форма плям, морфологічні особливості конідієносців і конідій збудника дещо різняться залежно від екологічних зон, сортів та видів суниці.

Цикл розвитку збудника білої плямистості суниці завершується утворенням склероціїв або перетеціїв. Вони формуються переважно на сухих відмерлих листках, розміщуючись на них хаотично.

На некрозах відмерлого листя з'являються шматочки ущільненого міцелію-склероції. Вони розміщуються на плямі з нижнього або верхнього боку листка.

Плодові тіла-перетеції утворюються в результаті статевого процесу. З'являються вони наприкінці осені, при настанні несприятливих погодних умов. Дозрівання плодових тіл і сумкоспор відбувається від кінця березня до другої половини травня.

Таблиця 1

Частка листової поверхні, охоплена некротичними плямами залежно від інтенсивності розвитку хвороби ННВЦ «Дослідне поле» ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, сорт Роксана

Ступінь розвитку	Площа некротичних плям за роками, %		
	2019	2020	2021
Слабкий	2,2	4,3	5,7
Середній	9,6	12,7	15,9
Сильний	18,4	22,6	27,3

НІР₀₅ 3,1

Таблиця 2

Морфологічні ознаки збудника *Ramularia tulasnei* Sacc. (лабораторія кафедри фітопатології та ентомології Державного біотехнологічного університету), 2021 р.

Форма, розмір та колір плям на листі	Конідієносці		Конідії	
	розмір, мкм	форма, колір	розмір, мкм	форма, колір
Округлі, рідше кугуваті, в середині білі, сіруваті з широкою червоно-бурою облямівкою, інколи зливаються, 0,05–0,80 см	15–60×3,0–4,5	Прямі, нерозталужені, без перегинок	16–57×2,0–4,5	Циліндричні чи рідше веретеноподібні, прямі чи трохи зігнуті, інколи в середині з перетяжкою, 1–4 клітини

Після перезимівлі міцелію гриба на відмерлому листі суниці з його склероціїв на початку квітня утворюються та первинно розсіюються конідії, за середньодобової температури повітря +5,9 С, підвищеної вологості повітря та незначних опадів або одразу після них. Конідії потрапляють на молоді листки і розносяться краплями дощу або анемохорно. На мокрій поверхні листової пластинки вони набухають і проростають у росткову трубку. Через продиhi гриб проникає в дихальну порожнину, а далі у мезофіл листка. У місцях зіткнення гіфи гриба з поверхнею листової пластинки утворюються округлі апресорії, які забезпечують живлення гриба при паразитуванні його на рослині-живителі.

Після утворення гаусторіїв гриба у клітинах рослин суниці за сприятливих умов (середньодобова температура повітря +20 – +24 С, середньодобова вологість повітря понад 75–80 %). З'являється добре розвинутий міцелій. Товщина його гіф від 1,7 до 4,4 мкм. Перші видимі симптоми хвороби з'являються у вигляді дрібних бурувато-червоних крапок у середині квітня – на початку травня у фазу відростання листків. Через 2–3 доби на листовій пластинці крапки збільшуються, утворюючи плями округлої або неправильної форми від 0,7 до 8,6 мм у діаметрі. Плями часто зливаються вздовж жилок листка, досягаючи краю пластинки. На молодих листках утворюються темно-бурі плями з червонуватою облямівкою, пізніше центр їх стає білим. На старших за віком листках плями спочатку темно-бордові, потім стають у центрі білими з червонувато-бурою облямівкою.

Навколо плям спостерігається збідніла на хлорофіл ділянка листка, що свідчить про негативний вплив збудника на фотосинтетичну діяльність. Плями білої плямистості під час максимального розвитку хвороби численні та зливаються одна з одною. Вони мають широку облямівку навколо плями, що призводить до ураження всієї площі листової пластинки.

На черешках, пагонах, квітконіжках, вусах плями видовжені, спочатку бурого відтінку, пізніше вдавнені, з білим забарвленням у центрі до 12,5–17,0 мм з ширшою поздовжньою облямівкою.

При високому ступені ураження пагонів вони стають тонкими і всихають на початку дозрівання ягід. Уражені хворобою вуса стоншуються, утворюючи низьку кількість вузлів з розетками.

На чашолистках плями з'являються в період цвітіння і характерні такими симптомами, як і на

листовій пластинці. На мокрій листовій поверхні суниці плями з'являються інтенсивніше, ніж на сухій. Міцелій гриба розростається, на ньому утворюється значна кількість конідієносців, він добре помітний, має вигляд білого пушка. На ньому формується конідіальне спороношення збудника *R. tulasnei*. Конідії формуються на верхівках конідієносців і розміщені ланцюжком від 1–4 до 6–9 шт. Конідії безбарвні, циліндричної форми, внутрішня частина заповнена вакуолями, мають 1–4 перетинки. Пізніше центр плям розтріскується або взагалі випадає. На сприйнятливих сортах суниці в період максимального розвитку хвороби (липень, серпень) плями зливаються, зумовлюючи передчасне всихання листків.

Встановлено, що наприкінці квітня – у першій декаді травня на уражених збудником листках з'являлися характерні для хвороби плями, утворені міцелієм, на якому через 7–10 діб утворювався білий або злегка бурий наліт – конідіальне спороношення гриба. У своєму циклі розвитку патоген формувал сумчасте та конідіальне спороношення. Інкубаційний період тривав від 8–14 діб. Оптимальною температурою для розвитку хвороби була +20 – +24 С та середньодобова вологість повітря 75–80 %.

У період вегетації патоген поширювався конідіями. Джерелом інфекції були уражені листки та рослинні рештки. Навесні первинне зараження рослин відбувалося сумкоспорами, а вторинне – конідіями патогена.

Під час вивчення культурально-морфологічних особливостей гриба *R. tulasnei* встановлено, що на досліджуваних штучних поживних середовищах ріст колоній відбувався дуже повільно.

На картопляно-глюкозному агарі міцелій ріс повільно: на 14 добу його діаметр становив 7,9 мм. Забарвлення міцелію на 3–5 добу було білого кольору, на 10–14 добу – сірувато-рожевого відтінку.

Визначення інкубаційного періоду білої плямистості суниці на різних за стійкістю сортах дає змогу проводити моніторинг за розвитком і поширенням хвороби та планувати ефективний комплекс заходів захисту від неї.

Висновки. 1. В умовах Східного Лісостепу України біла плямистість суниці збудник *Ramularia tulasnei* Sacc. є шкідливою хворобою надземних органів рослин залежно від метеорологічних умов року. Максимальний розвиток хвороби виявили в липні: 18,4–58,6 %. Площа некротичних плям на листових пластинках

рослин залежно від ступеня ураженості становила від 5,7 до 27,3 %. Це призводило до загального ослаблення кущів та зниження врожайності поточного й наступного років та погіршення якості ягід, що призводило до відмирання 25–28 % асимілюючої поверхні листя суниці та зниженню врожаю до 22–25 %.

2. Встановлено, що наприкінці квітня – на початку травня з'являлися характерні для хвороби плями – від 0,7 до 8,2 мм у діаметрі, на яких через 7–10 діб утворювався білий або злегка бурий наліт конідіального спороношення. Інкубаційний період тривав 8–14 діб. Оптимальними температурами для розвитку хвороби були +20 – +24 °С та середньодобова вологість повітря 75–80 %. У період вегетації патоген поширювався конідіями.

3. Визначення інкубаційного періоду білої плямистості суниці на різних за стійкістю сортах (Роксана, Присвята) дає можливість для планування та ефективного проведення захисних заходів для обмеження поширеності та розвитку білої плямистості суниці садової.

4. Для захисту насаджень високосприйнятливих до хвороби сортів суниці садової необхідно застосовувати селекційно-генетичні, агротехнічні заходи, а також використовувати біофунгіциди: фітоспорин з нормою витрати 1 л/га і фітодоктор 2 кг/га.

При застосуванні фітоспорина у фазу висування квітконосів поширеність білої плямистості становила 8,3 % за розвитку хвороби 2,4 %. При використанні фітодоктора поширеність хвороби становила 6,5 % за розвитку хвороби

1,6 %, а на контролі поширеність білої плямистості утворила 15,0 % за розвитку хвороби 4,8 %.

Бібліографічний список

1. Гибало В. М., Русін О. О. Основні захворювання суниці садової (великоплідної) та методи боротьби з ними. *Садівництво України: традиції, здобутки, перспективи: зб. наук. праць (Мліїв-Умань)*. Корсунь-Шевченківський: ПП І. С. Майданченко. 2005. С. 303–307.
2. Дерменко О. П. Плямистості листя суниці та заходи обмеження їх розвитку. *Агроном*. 2013. URL: <https://agronom.com.ua/plyamystosti-lysty-sunytsi-ta-zahody-ob/> (дата звернення: 11.02.2022).
3. Калюжний Ю. В. Сортова ураженість суниці білою плямистістю в умовах центрального Лісостепу України. *Актуальні проблеми імунітета та захисту сільськогосподарських культур від болезней і шкідників: тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Одеса, 11–14 верес. 2007 р.). Одеса. 2007. С. 57.
4. Лобанов Г. А. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Мичуринск: ВНИИС, 1973. С. 243–247.
5. Марковський В. С. Суниця садова. *Дім, сад, город*. 2002. № 4. С. 53–54.
6. Русін О. О. Біла плямистість суниці садової та вихід стандартних саджанців в Північній лісостеповій (правобережній) зоні України. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*. Київ, 2013. Т. 1. Вип. 17. С. 458–461.
7. Русін О. О. Динаміка розвитку білої плямистості суниці в умовах Центрального Лісостепу України. *Захист і карантин рослин: міжвід. тем. наук. зб. Інституту захисту рослин НААН*. Київ: Колоб'іг. 2008. Вип. 54. С. 330–334.

Стаття надійшла 30.01.2022

УДК 631.432.3:631.466:[581.144.2:633]

ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА МІКОРИЗАЦІЇ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ

С. Димитров, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-0377-9596

В. Саблук, д. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-6124-4346

Національний університет біоресурсів і природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.142>

Димитров С., Саблук В. Підвищення врожайності сільськогосподарських культур за мікоризації кореневої системи

Установлено вплив мікоризації кореневої системи сільськогосподарських культур на підвищення їхньої врожайності. За результатами досліджень (2017–2021 рр.) виявлено, що мікоризація кореневої системи рослин сільськогосподарських культур сприяє істотному підвищенню врожайності пшениці м'якої озимої, кукурудзи, соняшнику і сої. Передпосівну обробку насіння проводили у затінку (уникаючи дії прямих сонячних променів) обприскуванням робочим розчином або замочуванням у ньому насіння у день висіву на 1–2 год. Обробляли насіння вручну, обприскувачем. Зауважено, що за передпосівної обробки насіння пшениці озимої мікоризуютьовальними грибами *Tuber melanosporum* Vittad. (препарат Міковітал) та *Trichoderma harzianum* Rifai (препарат Мікофренд) і бактерії *Bacillus subtilis* Cohn. (препарат Флоробацилін) урожайність зерна зростала на 7,4–22,3 % порівняно з контролем. Урожайність кукурудзи, соняшнику і сої також була помітно вищою, ніж на контролі. Так, урожайність зерна кукурудзи у всіх варіантах досліджень була на 19,3–39,4 %, насіння соняшника – на 24,4–43,5 %, а сої – на 16,4–37,7 % вищою за контроль. Виявлено позитивний вплив на підвищення врожайності всіх сільськогосподарських культур у варіантах із препаратом Мікофренд (гриб *Trichoderma harzianum* Rifai), який становив 22,3–43,5 % порівняно з контролем. У варіантах з іншими препаратами (Міковітал і Флоробацилін) показники покращання врожайності цих культур були дещо нижчими, ніж у варіантах із препаратом Мікофренд, проте достатньо переконливими у позитивному їх впливі на всі показники. Доведено позитивний вплив використання мікоризуютьовальних грибів і азотфіксувальних бактерій на інтенсивне підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

Ключові слова: врожайність, мікоризація, гриби, пшениця озима, кукурудза, соняшник, соя.

Dymytrov S., Sabluk V. Increasing crop yield by mycorrhization of the root system

The purpose of the research was to reveal the effect of mycorrhization of the root system of crops on their yield. Based on the results of research carried out in the years 2017–2021, it was found that mycorrhization of the root system of crops contributes to a significant increase in the yield of soft winter wheat, corn (*Zea mays*), sunflower, and soybean. Pre-seeding treatment was carried out in the shade (to avoid direct sunlight) by spraying with (or soaking in for two hours) a working solution on the day of sowing. Seed treatment was performed by manual using a sprayer. In particular, when using mycorrhizal fungi *Tuber melanosporum* Vittad. (bio preparation Mycovital), *Trichoderma harzianum* Rifai. (bio preparation Mycofriend), and bacteria *Bacillus subtilis* Cohn. (bio preparation Florobacillin) for pre-sowing seed treatment, the grain yield of soft winter wheat increased by 7.4–22.3 % as compared to the control. The yield of corn, sunflower, and soybean was also significantly higher than in the control. Thus, the yield of grain in all experimental treatments was higher as compared to control, specifically by 19.3–39.4 % in corn, by 24.4–43.5 % in sunflower, and by 16.4–37.7 % in soybean. The positive effect of Mycofriend (*Trichoderma harzianum* Rifai.) on the yield of all the studied crops was especially noticeable, with a yield increase of 22.3–43.5 %. In the treatments with other bio preparations (Mycovital and Florobacillin), the yield of the studied crops was slightly lower than in treatments with Mycofriend. Nevertheless, the yield increase was enough convincing. To conclude, the use of mycorrhizal fungi and nitrogen-fixing bacteria contributes to a significant increase in the yield of crops.

Key words: productivity, mycorrhization, fungi, winter wheat, corn, sunflower, soybean.

Постановка проблеми. Однією із світових проблем у ХХІ ст. є глобальна енергетична криза. З огляду на це важливого значення набувають біологічні та сільськогосподарські дослідження, спрямовані на поліпшення стабільності сільськогосподарського

виробництва і зниження його втрат [13]. Зміни водного балансу рослин обумовлено нестійкістю різних факторів середовища, що відтворюється на інтенсивності проходження фізіологічних процесів, які визначають формування врожаю і його якості [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Мікроорганізми, здатні утворювати стимулятори росту рослин, часто використовують для виготовлення мікробних препаратів, які застосовують у рослинництві як засоби стимулювання проростання насіння, прискорення коренеутворення, позитивного впливу на процеси росту і розвитку рослин та підвищення урожайності сільськогосподарських культур [9].

Мікориза може впливати на цілісність мембран, про що, зокрема, свідчать вища концентрація електролітів у коренях іноккульованих арбускулярною мікоризою (АМ) грибів рослин і нижчий рівень їх виходу [3].

Для ефективного росту і розвитку рослин проса прутоподібного використовують симбіотичні мікроорганізми з різною домінуючою функцією: мікоризоутворювальними, азотфіксацією, фосфатмобілізацією, захистом від фітопатогенів тощо, що сприяє покращенню живлення та зменшенню пестицидного навантаження на агроценози [1].

Серед мікроорганізмів особливе місце належить грибам арбускулярної мікоризи (АМ) з багатofункціональним характером впливу на рослини. Вони передусім сприяють збільшенню поглинальної здатності кореневої системи, що підсилює інтенсивність засвоєння сполук біогенних елементів і послаблює негативний вплив посухи та засолення ґрунтів [15].

Вода для рослин – найважливіший ресурс і умова існування. Водне середовище необхідне для протікання всіх типів біохімічних реакцій, які відбуваються в рослинах [6]. Зменшення вмісту води зумовлює низку біохімічних реакцій у рослині, що природно, позначається на процесі фотосинтезу [12].

В усіх зелених рослин тільки частина сонячної енергії, що поглинається, витрачається на фотосинтез, а велика її частка лише нагріває листки [4]. Рослина починає витрачати вологу з моменту проростання насіння. Проте витрата вологи на цьому етапі загалом незначна. Багато вологи рослина починає вбирати після появи сходів, причому майже вся волога йде на випаровування (транспірацію) [5].

За браку води біосинтез хлорофілу загальмовується. У посуху часто руйнується хлорофіл. Пожовтіння листків при сильних посухах – звичайний зовнішній прояв браку води [11]. Стрессова дія посухи і недостатня аерація ґрунту індукують зниження вмісту води у тканинах рослин, що призводить до уповільнення або припинення їхнього росту, побуріння, засихання

та опадання листків. Водночас масово відмирають дрібні корені і гальмуються прирости як за дії посухи, так і після неї [7].

Вологість ґрунту істотно позначається на діяльності коренів із поглинання води, проте велика її частка у ґрунті недоступна для рослин. Співвідношення доступної та недоступної води у ґрунтах різного механічного складу визначає його вологозабезпечення [2].

Використання мікоризоутворювальних грибів і азотфіксувальних бактерій сприяє кращому вологозабезпеченню рослин, а відтак і поживними речовинами [14].

Отож, дані наукової літератури показують позитивний вплив на процес надходження поживних речовин та води з ґрунту до кореневої системи рослин. Тож наше дослідження присвячене вивченню впливу мікоризоутворювальних грибів і азотфіксувальних бактерій на підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

Постановка завдання. Наше завдання – встановити вплив мікоризації кореневої системи пшениці озимої, кукурудзи, соняшнику та сої на підвищення їхньої врожайності.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводили упродовж 2017–2021 рр. в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України в умовах Веселоподільської дослідно-селекційної станції (ВПДСС), розташованої на Лівобережжі Дніпра в зоні типового Лісостепу. Ґрунтовий покрив строкатий – переважають чорноземи солонцюваті та слабосолонцюваті.

Для дослідів використовували гриби везикулярно-арбускулярної мікоризації *Tuber melanosporum* VITTAO. (препарат Міковітал) та *Trichoderma harzianum* RIFA1 (препарат Мікофренд) і бактерії *Bacillus subtilis* Cohn. (препарат Флоробацилін).

Робочий розчин біопрепаратів готують у день обробки, за потреби зберігають у прохолодному темному місці не більше 4-х годин, а безпосередньо перед використанням перемішують до однорідності.

Передпосівну обробку насіння проводили у затінку (уникаючи дії прямих сонячних променів) обприскуванням робочим розчином або замочуванням у ньому насіння у день висіву на 1–2 год. Обробляли насіння вручну, обприскувачем. Оброблене насіння висівали одразу. Норми використання біопрепаратів залежать від культури (табл.).

**Норма використання біопрепаратів для передпосівного оброблення насіння
сільськогосподарських культур**

Культура	Біопрепарати, л/т		
	Мікофренд	Міковітал	Флоробацилін
Пшениця озима	1,5	0,5	2,0
Кукурудза	3,0	1,0	2,0
Соняшник	4,0	3,0	2,0
Соя	1,0	1,0	2,0

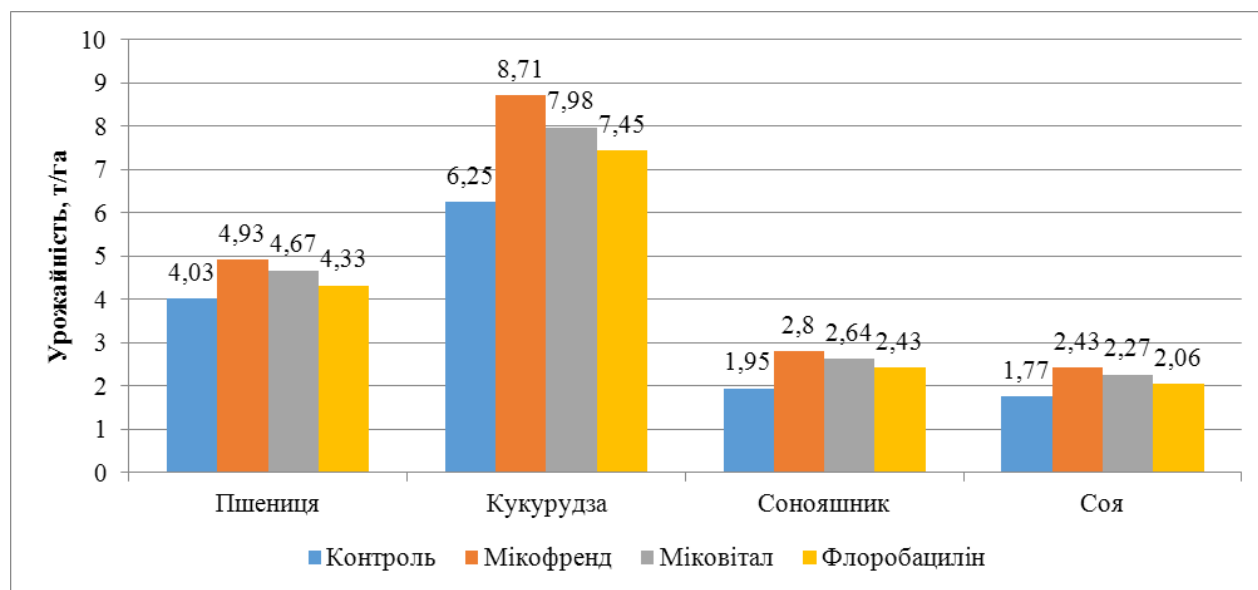


Рис. Урожайність сільськогосподарських культур за мікоризації їх кореневої системи, ВПДСС, 2017–2021 рр. (P-level 0,05)

Урожайність зерна пшениці озимої, кукурудзи, соняшнику та сої визначали прямим комбайнуванням усіх дослідних ділянок за допомогою комбайна «SAMPO». За даними рис., урожайність усіх сільськогосподарських культур у варіантах із застосуванням мікоризації кореневої системи везикулярно-арбоскулярними та бактеріальними препаратами була значно більшою порівняно з контролем. Зокрема урожайність зерна пшениці озимої у дослідних варіантах була на 0,30–0,90 т/га або на 7,4–22,3 % більшою, ніж у контролі. Урожайність зерна кукурудзи у дослідних варіантах перевищувала показники контролю на 1,20–2,46 т/га (19,3–39,4 %), врожайність насіння соняшнику – на 0,48–0,85 т/га (24,4–43,5 %), і сої – на 0,29–0,67 т/га (16,4–37,7 %).

Отримані дані свідчать про позитивний вплив мікоризації кореневої системи сільськогосподарських культур на підвищення їхньої врожайності. Ці результати підтверджують висновки деяких дослідників про те, що використання

везикулярно-арбоскулярних грибів сприяє кращим росту і розвитку рослин і підвищенню їх продуктивності. Зокрема у працях Олиферчук В. П. та Федорович Д. В. зауважено, що застосування *Tuber Melanosporum* дозволило отримати підвищену порівняно з контролем врожайність плодів, особливо горіхоплідних культур тощо [10].

Висновки. Використання мікоризоутворювальних грибів і азотфіксувальних бактерій сприяє інтенсивному підвищенню врожайності сільськогосподарських культур. Зокрема урожайність зерна пшениці озимої у дослідних варіантах була на 0,30–0,90 т/га або на 7,4–22,3 % більшою, ніж у контролі.

Бібліографічний список

1. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Кавалевська Т. М. та ін. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: монографія / за ред. В. В. Волкогона. Київ: *Аграрна наука*, 2006. 312 с.

2. Головіна А. О. Збалансоване використання ґрунтових ресурсів та управління відтворення родючості ґрунтів. Можемо змінити? 2018. № 9. С. 117.
3. Дидович С. В., Зотов В. С., Турина Е. Л. и др. Эффективность агроценозов бобовых культур. *Сборник научных трудов SWorld*. 2015. Вып. 1(38). Т. 24. С. 22–25.
4. Екологічна фізіологія рослин: підручник / В. Г. Скляр; за заг. ред. Ю. А. Злобіна. Суми: Університетська книга, 2015. 271 с.
5. Камінський В. Ф., Гангур В. В. Динаміка продуктивності вологи в ґрунті за вирощування пшениці озимої в сівозмінах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 3. С. 11–14.
6. Ковалевський С. Б., Кривохатко Г. А. Посухостійкість та водоутримувальна здатність рослин *THUJA OCCIDENTALIS* L. та її культиварів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28. № 2. С. 77–80.
7. Колесніченко О. В. Анатомо-морфологічна будова листків *Castanea sativa* Mill. як фактор стабілізації водного режиму рослин в умовах посухи. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. № 5. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2015_5_31. (дата звернення: 01.10.2021).
8. Маменко Т. П., Ярошенко Е. А., Якимчук Р. А. Водный статус и продуктивность озимой пшеницы при действии засухи и салициловой кислоты. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2009. № 5, т. 41, С. 447–453.
9. Мишке И. В. Микробные фитогормоны в растениеводстве. Рига: Зинатне, 1988. 151 с.
10. Оліферчук В. П., Федорович Д. В. Вплив мікоризного гриба *Tuber Melanosporum* на біорізноманіття мікроміцетів ризосфери та ріст і продуктивність фундука. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. № 31.2. С. 28–34.
11. Присяжнюк О. І., Коровко І. І. Динаміка вмісту хлорофілів у листках цукрових буряків. *Новітні агротехнології*. 2015. № 3. С. 11–12.
12. Розумова С. Г. Екологія рослин з основами ботаніки та фізіології: конспект лекцій. Одеса, 2013. 119 с.
13. Романенко С. М. Актуальні питання забезпечення екологічної безпеки сільськогосподарської продукції та реалізації законодавства про органічне виробництво. *Органічне виробництво і продовольча безпека*: матер. III Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Житомир, 23 квітня 2015 р.). Житомир: Полісся, 2015. С. 186–194.
14. Appropriate nonmycorrhizal controls in arbuscular mycorrhiza research: a microbiome perspective / Gryndler M., Šmilauer P., Püschel D. et al. *Mycorrhiza*. 2018. No. 28 (5). P. 435–450.
15. Smith S. E. Mycorrhizal symbiosis. Read; [3rd eds.]. London: Academic Press, 2008. 815 p.

Стаття надійшла 02.10.2021

УДК 632.934.3:58.087:633.161

ВПЛИВ ПРОТРУЙНИКА НА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО

Ю. Голячук, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0002-2890-164X

Г. Косилович, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-5908-3312

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.146>

Голячук Ю., Косилович Г. Вплив протруйника на біометричні показники рослин ячменю озимого

Протруювання насіння перед сівбою, як обов'язкова складова системи захисту рослин від шкідливих організмів, має спрямовану дію та є важливою ланкою сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, направлених на повну реалізацію генетичного потенціалу врожайності сорту. Дія протруйника полягає не лише у прямому впливі на шкідливий організм, але й в опосередкованому через вплив на біометричні показники рослини, наслідком чого є підвищення продуктивності культури.

На сорті ячменю озимого сорту Хайлайт вивчали вплив застосування протруйника Вайбранс Інтеграл, 23,5% т. к. с. (д. р. седоксан, 25 г/л + флудиоксоніл, 25 г/л + тебуконазол, 10 г/л + тіаметоксам, 175 г/л), у нормі 2 л/т на біометричні показники рослин наприкінці фази виходу в трубку й у фазу колосіння, які порівнювали з контрольним варіантом без застосування протруйника. У варіанті з використанням протруйника наприкінці фази виходу в трубку виявлено більший розмах ознак довжини мичкуватих коренів, висоти рослини, довжини й ширини листка порівняно з відповідними показниками рослин на контролі. При цьому достовірно вищими порівняно з контролем виявилися показники висоти рослини й кількості листків на рослині. У фазу колосіння спостерігали більшу вирівняність посіву за ознаками довжини колосу й кількості колосків у колосі за умови протруювання насіння. При цьому достовірно вищими виявилися показники довжини мичкуватих коренів рослини та довжини колосу. Збільшення довжини колосу й вирівняність посіву за ознаками довжини колосу й кількості колосків у колосі є основними показниками формування врожаю ячменю озимого.

Кореляційний аналіз даних, одержаних наприкінці фази виходу в трубку, виявив достовірний прямолінійний середній зв'язок між висотою рослини і шириною листка в контрольному варіанті та між шириною листка та висотою рослини і між шириною листка і довжиною листка у варіанті з використанням протруйника. У фазу колосіння виявлено прямолінійний сильний зв'язок у варіантах досліді між висотою рослини та довжиною колосу й кількістю колосків у колосі, а також між довжиною колосу й кількістю колосків у колосі. У варіанті з протруйником виявлено достовірний зворотній середній зв'язок між показниками висоти рослини й довжиною коренів.

Ключові слова: ячмінь озимий, протруювання насіння, біометричні показники рослин, статистична обробка даних.

Holiachuk Yu., Kosylovych H. Influence of seed-treatment by fungicides on biometrical features of winter barley plants

Pre-sowing treatment of seed is a necessary element of the system of plant protection against harmful organisms. This protection measure is an important aspect of the modern agrotechnologies focused on full implementation of the genetic potential of a variety. The exterminator's effect is revealed both in the direct impact on a pest, and in the indirect influence on the biometrical properties of plants that finally results in the increased plant productivity.

The influence of the preparation Vibrance Integral 235 FS TH (25 g/l Tebuconazole + 25 g/l Fludioxonil + 175 g/l Tiametoxam + 5 g/l Sedaxane) in rate 2 l/t on biometrical features of the plants of winter barley of Highlight variety was studied. This influence was observed in the end of the phase of the tube and in the earing phase of plants treated with Vibrance Integral 235 FS TH in comparison with the results obtained in control (water treatment of seed). In the variant of the exterminator application in the phase of tube, the features of roots length, plant height and number of leaves on plant were intensified as compared to the control variant. Moreover, the indices of plant height and number of leaves on plant were significantly higher in variant with seed treatment by chemical preparation. In the earing phase one observed uniformity of sowing by the features of ear length and number of spikelets in the ear under seed treatment with Vibrance Integral 235 FS TH. The indices of roots length and ear length of plant were significantly higher. The increased ear length and uniformity of sowing by the features of ear length and number of spikelets in the ear are the main indicators of winter barley productivity.

The correlation analysis of the data obtaining at the end of phase of tube confirmed significant rectilinear middle relations between the plant height and leaf width in the control variant and between the leaf width and plant height, and

between the leaf width and leaf length in the variant with seed treatment with chemical preparation. The rectilinear strong relations between the plant height and ear length and between the plant height and number of spikelets in the ear, and also between the ear length and number of spikelets in the ear were marked in both variants in the earing phase. A significant inverse middle relation was detected between the plant height and roots length in the variant of seed treatment with chemical preparation.

Key words: winter barley, seed treatment, biometrical features of plant, statistical data processing.

Постановка проблеми. Ячмінь на сьогодні – важлива культура з різними напрямками використання, оскільки посідає четверте місце у світі серед зернових культур [1; 3; 9]. Зміни клімату, що супроводжуються підвищенням середньорічної температури повітря й пом'якшенням умов зимового періоду, сприяють розширенню площ під озимомою формою культури [4; 7].

Ячмінь озимий уражується збудниками хвороб, що суттєво погіршують урожайність культури, зниження якої може становити понад 40 % [1]. Більшість патогенів можуть зберігатися на поверхні або всередині насіння, призводячи до ураженості рослин уже на перших етапах їх розвитку. Численним на рослинах ячменю озимого є й шкідливий ентомокомплекс. Для захисту рослин від хвороб і шкідників використовують хімічні препарати, протруюючи насіння або обприскуючи посіви під час вегетації. Крім прямого впливу на шкідливі об'єкти, хімічні препарати мають і опосередкований вплив на біометричні показники рослин, що відображається на кінцевому результаті врожайності культури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У Європі більшість посівів ячменю озимого вирощують за інтенсивними технологіями [9]. Сьогодні протруювання насіння перед сівбою залишається одним із найважливіших елементів технології вирощування, яку застосовують для захисту посівів від шкідників та збудників хвороб [8]. Зокрема захисту рослин ячменю озимого від корневих гнилей, збудники яких уражують рослини від фази сходів, досягають обробкою насіння фунгіцидними протруйниками перед сівбою [10]. Насіння – основне джерело інфекції твердої та єдине джерело інфекції летючої й чорної сажок ячменю. Більшість збудників плямистостей листя також зберігається у насіннєвому матеріалі ячменю. Тому протруювання насіння є необхідним і обов'язковим заходом захисту ячменю озимого від хвороб [2].

Варто зазначити, що протруювання насіння – найбезпечніший захід застосування пестицидів, оскільки препарати мають більшу спрямовану дію й у меншій кількості надходять у навколишнє середовище порівняно, наприклад, із обприскуванням рослин [6].

Постановка завдання. Наше завдання – визначити вплив застосування протруйника насіння на такі біометричні показники рослин ячменю озимого, як: висота рослини, довжина мичкуватих коренів, кількість листків, а також довжина й ширина листка, довжина колосу й кількість колосків у колосі.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проведені впродовж 2020–2021 рр. в умовах Навчально-наукового центру Львівського національного університету природокористування на сорті ячменю озимого Хайлайт (DSV). Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий легкосуглинковий. У досліді порівнювали біометричні показники рослин ячменю озимого без застосування протруйників (обробка насіння водою) і з обробкою насіння перед сівбою препаратом Вайбранс Інтеграл, 23,5 % т. к. с., у нормі 2 л/т з фунгіцидною та інсектицидною дією. Діючі речовини препарату: 25 г/л седоксану, 25 г/л флудиоксонілу, 10 г/л тебуконазолу, 175 г/л тіаметоксаму, що належать до хімічних груп карбоксіміди, фенілпіроли, триазоли та неонікотиноїди. Інших хімічних препаратів для захисту від шкідників та хвороб під час вегетації рослин не застосовували. Сівбу проводили у третій декаді вересня. Норма висіву насіння становила 4,2 млн шт./га. Площа дослідної ділянки – 16 м², повторність – чотириразова. Навесні у фазі куціння вносили гербіцид Гранстар Про, 75 % в.г. у нормі витрати 20 г/га. Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками [5]. Вимірювали біометричні показники рослин наприкінці виходу у трубку та у фазу колосіння. Статистичну обробку дослідних даних проводили за допомогою програми *Statistica* 14.0.

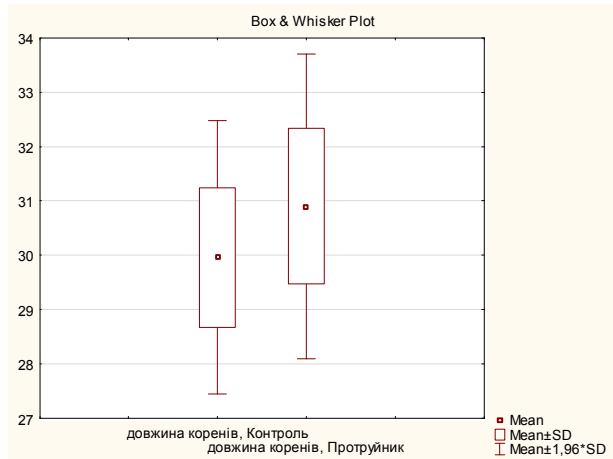
Наприкінці фази виходу в трубку – на початку фази прапорцевого листка – визначали такі біометричні показники рослин, як: середня довжина мичкуватих коренів, висота рослини, кількість листків, довжина й ширина листка (рис. 1).

Порівняння параметрів вибірок за допомогою опції *Box & Whisker Plot* дало змогу наочно продемонструвати вплив застосування протруйника на вимірювані показники рослин. Так, за результатами вимірів і статистичної обробки дослідних даних, середнє значення

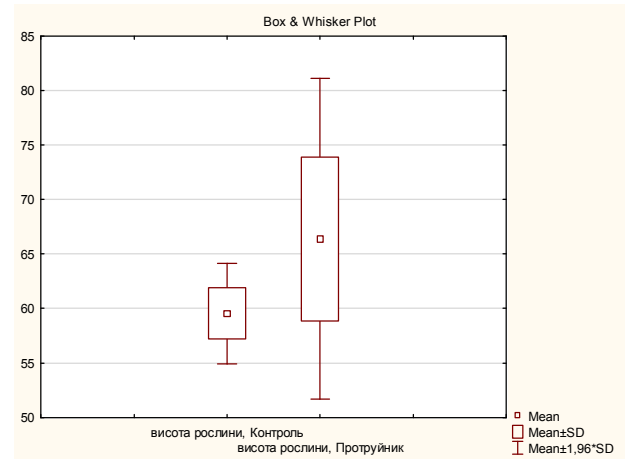
довжини мичкуватих коренів рослини у контрольному варіанті становило 29,96 см, а у варіанті з використанням протруйника – 30,90 см. Статистична обробка даних не виявила достовірної різниці за цим показником ($p = 0,061$).

Достовірно більшими виявилися показники висоти рослин і кількості листків за протруювання

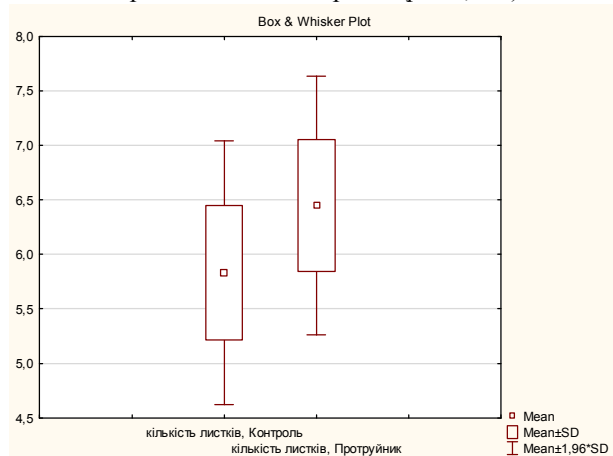
насіння порівняно з контрольним варіантом. При цьому за використання протруйника середня висота рослин виявилася значно більшою: 66,4 см порівняно з 59,53 см у контролі. Варто виокремити більший розмах значення ознаки за використання протруйника. Більш вирівняним був посів за кількістю листків за використання протруйника.



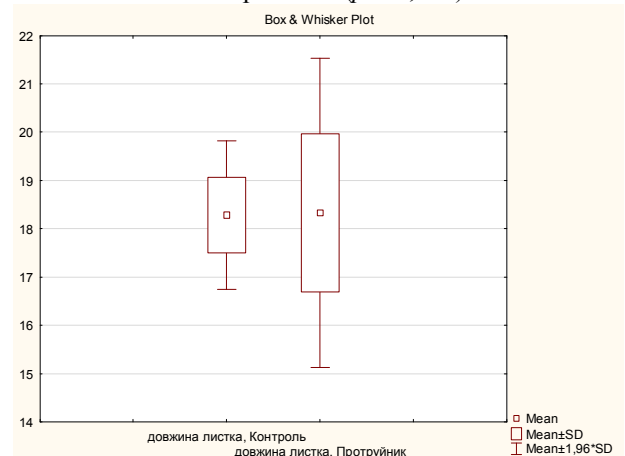
середня довжина коренів ($p = 0,061$)



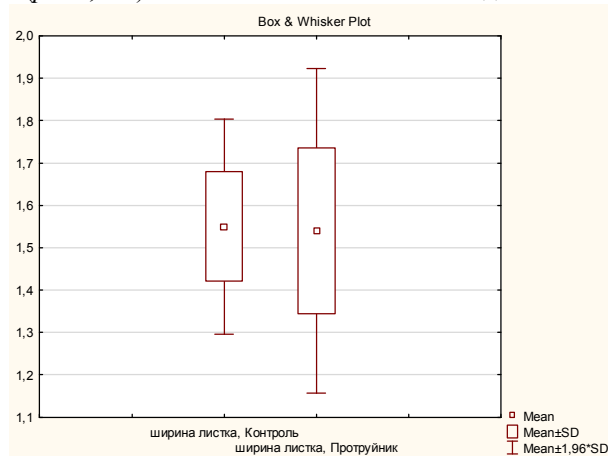
висота рослини ($p = 0,003$)*



кількість листків ($p = 0,004$)*



довжина листка ($p = 0,922$)



ширина листка ($p = 0,855$)

Рис. 1. Біометричні показники ячменю озимого наприкінці виходу в трубку – прапорцевий листок (* – різниця між варіантами достовірна)

Довжина й ширина листка мали однакові середні значення як за використання протруйника, так і без нього, і становили 18,29–18,33 см і 1,54–1,55 см, відповідно. Як і інші досліджувані показники, довжина й ширина листка у варіанті з використанням протруйника мали більший розмах ознаки.

Кореляційним аналізом досліджуваних параметрів виявлено достовірний прямолінійний зв'язок між висотою рослини і шириною листка в контрольному варіанті ($r = 0,74$), між шириною листка та висотою рослини ($r = 0,55$) і між шириною листка і довжиною листка ($r = 0,49$) у варіанті з використанням протруйника.

Вимірювання біометричних показників рослин ячменю озимого у фазу колосіння показало більшу вирівняність посіву за ознаками довжини колосу й кількості колосків у колосі за вико-

ристання протруйника порівняно з контрольним варіантом (рис. 2).

У фазу прапорцевого листка значно збільшився показник середньої довжини мичкуватих коренів рослини у варіанті з використанням протруйника. Так, він досяг середнього значення 30,02 см, що виявилось достовірно вищим ($p = 0,006$) порівняно з контрольним варіантом, де середнє арифметичне довжини коренів становило 32,15 см. Як і в попередню фазу, межі довірчого інтервалу для 95 %-вої імовірності за протруювання насіння виявилися ширшими, ніж у контрольному варіанті.

За ознакою висоти рослин ячменю достовірної різниці між варіантами досліду не виявлено ($p = 0,120$). При цьому середнє арифметичне значення у контролі становило 129,06 см, у варіанті із застосуванням протруйника – 132,49 см.

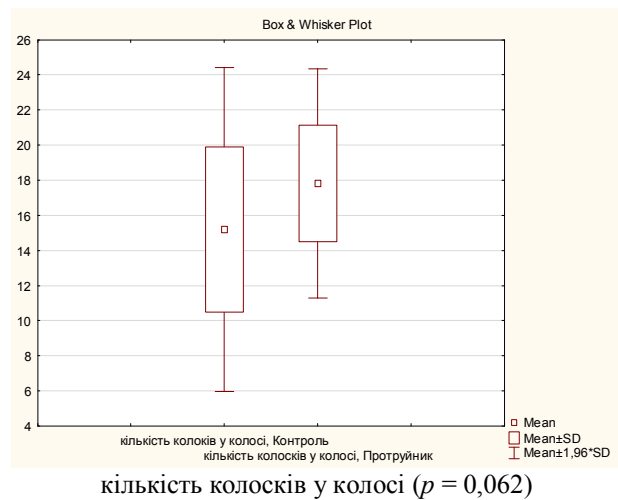
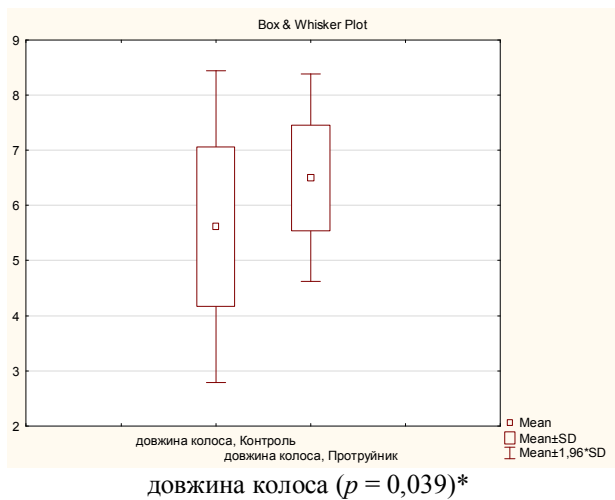
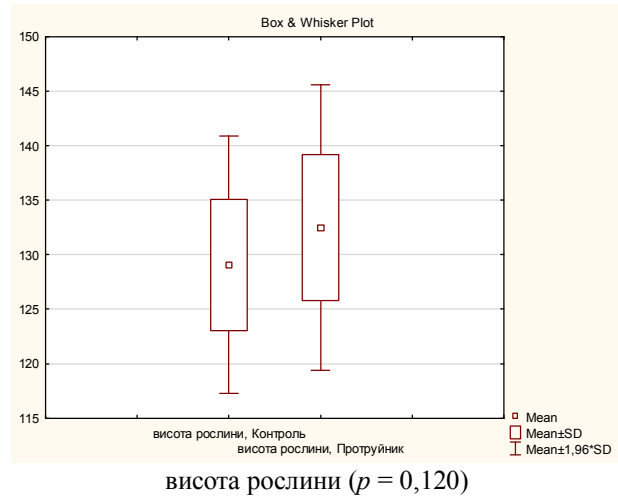
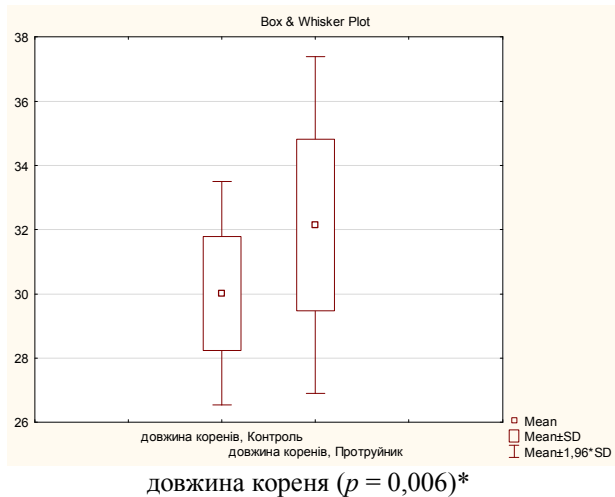


Рис. 2. Біометричні показники ячменю озимого у фазу колосіння (* – різниця між варіантами достовірна)

Довжина колосу за умови протруювання насіння ячменю озимого в досліді виявилася достовірно вищою порівняно з контрольним варіантом, і становила 6,50 см, тоді як у контролі – 5,61 см. Варто виокремити більшу вирівняність посіву, одержаного з протруєного насіння, за ознакою довжини колосу. При цьому мінімальне значення у цьому варіанті становило 5,00 см, а в контролі – 2,90 см.

За кількістю колосків у колосі достовірної різниці між варіантами досліді не виявлено, проте варто зауважити, що за цією ознакою рослини за умови протруювання насіння були більш вирівняні й мали менші межі розмаху ознаки й, відповідно, менші межі довірчого інтервалу для 95%-вої імовірності, ніж у контрольному варіанті.

Кореляційний аналіз вимірюваних ознак рослин контрольного варіанта виявив прямолінійний достовірний сильний зв'язок між показниками висоти рослини та довжиною колосу й кількістю колосків у колосі ($r = 0,74$ і $0,77$, відповідно), а також між довжиною колосу й кількістю колосків у колосі ($r = 0,98$). За результатами статистичної обробки даних варіанта із використанням протруйника, достовірний прямолінійний середній зв'язок виявлено між показниками висоти рослини й довжини колосу ($r = 0,61$) та сильний зв'язок між довжиною колосу й кількістю колосків у колосі ($r = 0,90$). Між показником висоти рослини й середньою довжиною мичкуватих коренів у цьому варіанті виявлено достовірний зворотній середній зв'язок ($r = -0,53$).

Висновки. Визначення біометричних показників рослин ячменю озимого за протруювання насіння препаратом Вайбранс Інтеграл, 23,5 % т. к. с. виявило більший розмах ознак середньої довжини мичкуватих коренів, висоти рослини, довжини й ширини листка порівняно з рослинами у контролі, де насіння обробляли водою, наприкінці фази виходу в трубку – у фазу викидання прапорцевого листка. При цьому висота рослини й кількість листків на рослині виявилися достовірно вищими порівняно з конт-

ролем. У фазу колосіння за протруювання насіння спостерігали більше вирівняність посіву за ознаками довжини колосу й кількості колосків у колосі. При цьому достовірно вищими виявилися показники середньої довжини коренів рослини та довжини колосу. Збільшення довжини колосу й вирівняність посіву за ознаками довжини колосу й кількості колосків у колосі – важливі показники формування врожайності ячменю озимого.

Бібліографічний список

1. Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Основні напрями та завдання селекції ячменю озимого у Центральному Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2016. № 4. С. 3–4.
2. Дударєва Г. Ф., Цап'юк Т. Ф. Обмеження розвитку хвороб озимого ячменю за допомогою різних протруйників та попередників. *Актуальні питання біології, екології та хімії*. 2017. № 1. Том 13. С. 5–15. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/apd_2017_13_1_3. (дата звернення: 10.05.2022).
3. Лінчевський А., Легкун І. Нове ставлення до культури ячменю і селекція в умовах зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 9. С. 34–42.
4. Маслак О., Ільченко О. Економіка ячменю в Україні. *Пропозиція*. URL: <http://www.propozitsiya.com/?page=146&itemid=4844>. (дата звернення: 10.05.2022).
5. Методики випробування і застосування пестицидів / за ред. С. О. Трибеля. Київ: Світ, 2011. 448 с.
6. Сторчоус І. Протруювання насіння – основний захід для контролю хвороб. *Пропозиція*. URL: <https://propozitsiya.com/ua/protruyuvannyanasinnya-osnovniy-zahid-dlya-kontrolyu-hvorob>. (дата звернення: 10.05.2022).
7. Трибель С. О., Ретьман С. В., Борзих О. І., Стригун О. О. Стратегічні культури / за ред. С. О. Трибеля. Київ: Фенікс, 2012. 368 с.
8. Bezpalko V. V. et al. Pre-sowing seed treatment in winter wheat and spring barley cultivation. *Ukrainian journal of ecology*. 2020. Vol. 10 (6). P. 255–268.
9. Csajbók J., Pépó P., Kutasy E. Photosynthetic and Agronomic Traits of Winter Barley (*Hordeum vulgare* L.) Varieties. *Agronomy*. 2020. 10 (12). P. 1999.
10. Ramanauskienė Jū., Semaškienė R., Jonavičienė A., Ronis A. The effect of crop rotation and fungicide seed treatment on take-all in winter cereals in Lithuania. *Crop Protection*. 2018. Vol. 110. P. 14–20.

Стаття надійшла 15.05.2022

УДК 632.934:633.11

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ОСІНЬОГО ВНЕСЕННЯ ГЕРБІЦИДІВ
НА ОЗИМІЙ ПШЕНИЦІ****В. Лихочвор, д. с.-г. н.**

ORCID ID: 0000-0003-0377-6157

В. Іванюк, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-6885-9212

Г. Косилович, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0001-5908-3312

Львівський національний університет природокористування<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.151>**Лихочвор В., Іванюк В., Косилович Г. Ефективність осіннього внесення гербіцидів на озимій пшениці**

З метою вивчення ефективності осіннього внесення гербіцидів на озимій пшениці у 2019–2021 рр. на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування проводили польові дослідження. Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий з умістом гумусу 2,6 %. Вивчали сім препаратів: Пойтнер, в.г. (трибенурон-метил, 750 г/кг); Квелекс, в.г. (галауцифен-метил, 100 г/кг + флорасулам, 100 г/кг + клоквінтосет-кислоти-антидот, 71 г/кг); ГроділМаксі, о.д., (амідосульфурон, 100 г/л + йодосульфурон, 25 г/л + мефенпір-діетил-антидот, 250 г/л); Чеккер Xtend, в.г. (дифлюфенікан, 240 г/кг + амідосульфурон, 40 г/кг + йодосульфурон, 10 г/кг + мефенпір-діетил-антидот, 100 г/кг); Стомп 330, к.е. (пендиметалін, 330 г/л); Легато Тріо (Трінті), к.с. (пендиметалін, 300 г/л + хлортолурун, 250 г/л + дифлюфенікан, 40 г/л); Марафон, к.с. (пендиметалін, 250 г/л + ізопротурон, 125 г/л).

Дослідженнями встановлено, що в умовах достатнього зволоження західного Лісостепу України вищу врожайність озимої пшениці забезпечували гербіциди, що контролювали одночасно дво- та однодольні бур'яни. Урожайність культури у варіантах з гербіцидами, які контролювали лише дводольні бур'яни, була нижчою, внаслідок значного поширення злакового бур'яну метлюгу звичайного (*Apera spica-venti*). Найвищу врожайність зерна озимої пшениці сорту РЖТ Реформ одержано за осіннього внесення гербіцидів Чеккер Xtend (9,10 т/га), Легато Тріо (8,56 т/га) та Марафон (8,68 т/га), що на 1,28 т/га і 0,74 т/га 0,86 т/га вище порівняно з варіантом внесення препарату Пойтнер. Гербіцид Марафон забезпечує 100 % технічну ефективність майже на всіх основних, найбільш шкідливих бур'янах, зокрема на метлюзі звичайному.

Ключові слова: озима пшениця, гербіциди, бур'яни, технічна ефективність гербіцидів, урожайність.

Lykhochvor V., Ivaniuk V. Kosylovych H. Effectiveness of autumn application of herbicides on winter wheat

To study effectiveness of autumn application of herbicides on winter wheat, the Department of Plant Technology of Lviv National Environmental University conducted field research in 2019–2021. The soil of the experimental site is dark gray podzolic light loamy with a humus content of 2.6 %. Seven herbicides were studied: Poiner, w.g. (tribenuron-methyl, 750 g/kg); Kvelex, w.g. (galaxifen-methyl, 100 g/kg + florasulam, 100 g/kg + cloquintose-acid-antidote, 71 g/kg); Grodil Maxi, OD, (amidosulfuron, 100 g/l + iodosulfuron, 25 g/l + mefenpyr-diethyl antidote, 250 g/l); Checker Xtend, w.g. (diflufenican, 240 g/kg + amidosulfuron, 40 g/kg + iodosulfuron, 10 g/kg + mefenpyr-diethyl antidote, 100 g/kg); Stomp 330, e.c. (pendimethalin, 330 g/l); Legato Trio (Trinity), s.c. (pendimethalin, 300 g/l + chlortoluron, 250 g/l + diflufenican, 40 g/l); Marathon, s.c. (pendimethalin, 250 g/l + isoproturon, 125 g/l).

The studies have shown that in conditions of sufficient moisture in the Western Forest-Steppe of Ukraine, higher yields were provided by herbicides that controlled both dicotyledonous and monocotyledonous weeds. Yields on herbicide variants that controlled only dicotyledonous weeds were lower due to the high prevalence of *Aperaspica-venti*. The highest grain yields of winter wheat of the RZT Reform variety were obtained with the autumn application of the herbicides Checker Xtend (9.10 t/ha), Legato Trio (8.56 t/ha) and Marathon (8.68 t/ha), which is by 1.28 t/ha, 0.74 t/ha and 0.86 t/ha higher compared to the variant with the application of the herbicide Poiner. Herbicide Marathon provides 100 % technical efficiency on almost all major, most harmful weeds, including the common broom.

Key words: winter wheat, herbicides, weeds, technical efficiency herbicides, yield.

Постановка проблеми. Традиційна система внесення гербіцидів на посівах озимої пшениці існує впродовж десятиліть, не змінюючись із 60–70-х років. Зазвичай бур'яни знищуються навесні – у кращому випадку у кінці квітня, а інколи навіть у травні. Отже, впродовж тривалого періоду восени і навесні бур'яни використовують елементи живлення з мінеральних добрив і ґрунту, складаючи значну конкуренцію культурним рослинам. Але в сучасних технологіях використовують значно вищі норми добрив. Сьогодні варто змінювати стару систему боротьби з бур'янами, переходячи на внесення гербіцидів восени.

Внесення гербіцидів восени досить поширене у наших найближчих сусідів – Польщі та Румунії. Країни Західної Європи теж масово застосовують осіннє внесення. Такий агрозахід застосовують і в Україні, але на обмежених площах, переважно у західному регіоні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тривале перебування озимої пшениці у фазі осіннього та весняного кушіння (два місяці й більше), коли ріст рослини у висоту мінімальний, створюються добрі умови для випереджувального розвитку бур'янів [11].

Якщо не вносити гербіциди восени, уже рано навесні є досить розвинуті злісні, переважно зимуючі бур'яни, а саме: підмаренник чіпкий, різні види ромашки, мак польовий, волошка синя, метлюг звичайний, види вероники, грицики звичайні, талабан польовий, фіалка польова та ін., цикл розвитку яких збігається з циклом розвитку рослин озимої пшениці. Ці бур'яни, маючи потужнішу кореневу систему, краще за рослини пшениці використовують елементи живлення, вологу, сонячну енергію (затінення рослин пшениці), обмежують площу живлення, пригнічують рослини озимої пшениці. Наприклад, одна рослина підмаренника чіпкого споживає з ґрунту утричі більше азоту, ніж одна рослина пшениці. Тому основним методом боротьби з підмаренником, падалицею ріпаку тощо має бути осіннє внесення гербіцидів [8].

Орієнтовні втрати врожайності за наявності лише одного бур'яну на 1 м² у посівах озимої пшениці становлять: осот рожевий – 0,68 ц/га, пирій повзучий – 0,55 ц/га, берізка польова – 0,25 ц/га. За ранніх чи оптимальних строків сівби значної шкоди рослинам озимої пшениці уже в осінній період можуть завдавати ярі бур'яни: редька дика, лобода біла, гірчиця польова та ін. Оскільки однорічні бур'яни взимку гинуть,

сформувалась помилкова думка, що з ними не потрібно боротись [5].

Високий рівень осіннього забур'янення озимої пшениці призводить до зменшення коефіцієнта продуктивного кушіння, у таких умовах формується слабша коренева система, рослина входить у період зимового спокою ослабленою, містить меншу кількість цукрів, що підвищує ризик вимерзання.

У рослини озимої пшениці за надмірного осіннього забур'янення закладається також коротший колос з меншою кількістю колосків у ньому. Тому дуже важливо знищити конкурентів (бур'яни) на початку вегетації, на ранній, найчутливішій фазі росту озимої пшениці. Осіннє внесення гербіцидів сприяє оптимальному розвитку кореневої системи пшениці, закладається морфотип рослини, що забезпечує максимальну (80–100 ц/га) реалізацію генетичного потенціалу врожайності сучасних інтенсивних сортів [3].

Осіннє внесення гербіциду, особливо, якщо препарат має ґрунтову дію, може повністю вирішити проблему бур'янів у посівах, без потреби їх повторного внесення навесні. За осіннього внесення гербіцидів, восени і навесні впродовж щонайменше двох місяців створюються оптимальні умови (без конкурентів) для росту рослин озимої пшениці [1; 7].

За внесення гербіцидів восени зменшується відчуження бур'янами елементів живлення (N, P, K, Ca, Mg, S). Вартість мінеральних добрив, використовуваних бур'янами в осінній і весняний періоди вегетації до внесення гербіциду навесні, значно вища за вартість гербіциду [6].

Потрібно враховувати, що поживні речовини і особливо азот першого весняного підживлення по мерзлоталому ґрунті більше застосовують конкуренти. Перше підживлення азотом навесні без внесення гербіцидів восени – це підживлення бур'янів [4].

У всіх експериментальних дослідженнях підтверджено доцільність осіннього внесення гербіцидів. Так, за даними Черняк М. О. [13], застосування препарату Логран 75 в.г. з нормою 15 г/га восени у фазу розвитку рослин пшениці ВВСН 10–13 ефективно контролювало (89–100 %) такі види як лобода біла, гірчак березкоподібний, гірчак почечуйний, талабан польовий, фіалка польова, гірчиця польова та паслін чорний. Осіннє застосування гербіциду Пік 75 в.г. у фазу пшениці озимої ВВСН 7–9 дозволило ефективно контролювати дводольні бур'яни за рахунок ґрунтової дії препарату. Так, за норми внесення 20 г/га загальна ефективність препарату була 88,2 %, а от

за внесення 30 г/га – відповідно 96,7 %. Весняне застосування цих гербіцидів менш оптимальне, оскільки багаторічні види встигають сформувати потужну кореневу систему, що важко піддається дії препаратів на основі сульфонілсечовини.

У дослідженнях Shcatula Yu. [15] застосування гербіциду Калібр 75 в.г. (50 г/га) восени забезпечує дещо вищий рівень контролю бур'янів порівняно з весняним внесенням. Тому врожайність зерна озимої пшениці за осіннього внесення становила 5,79 т/га, а за весняного – знизилась до 5,36 т/га.

Павлов О. С. та ін. [10] зауважують, що внесення 0,1 кг/га Пледж 50, з.п. у фазу розвитку культури ВВСН 11 забезпечило високу ефективність контролювання *Apera spica-venti* та загалом усіх бур'янів із показниками, відповідно 91,2 та 87,6 %. Найкращий контроль бур'янів отримано за використання суміші Пледж 50, з.п. + ГранстарГолд 75, в.г. + ад'ювант Скаба, к.е. (0,06 кг/га + 0,025 л/га + 0,05 л/га) у фазу ВВСН 14 – 97,5 і 99,2 %. Найвищу врожайність пшениці озимої отримано за внесення суміші Пледж 50, з.п. + Гранстар Голд 75, в.г. + ад'ювант Скаба, к.е. у фазу ВВСН 14 – 7,56 т/га, що на 59,8 % краще за контроль.

За даними Сторчоус І. М. [12] оптимальними строками для застосування гербіцидів ув осінній період у посівах пшениці озимої є фаза розвитку культури 1–2 листки. За осіннього застосування гербіцидів Марафон, Гроділ Максї, Гранстар Голд, Старане Преміум найвищу технічну ефективність (100 %) мав варіант із внесенням гербіциду Гранстар Голд 75, в.г., з нормою витрати 0,035 кг/га.

Осіннє застосування гербіцидів забезпечує високу ефективність проти однорічних злакових та дводольних бур'янів. Найвищу врожайність зерна (7,3 т/га) озимої пшениці одержано за внесення гербіциду Марафон 37,5 к.с. (пенди-металін, 250 г/л + ізопротурон, 125 г/л). За використання препарату Гроділ Максї врожайність знизилась до 6,7 т/га. Ще нижчою вона була за внесення гербіцидів Калібр та Стомп. Осіннє внесення гербіцидів забезпечує підвищення вмісту в рослинах аніонів фосфору і сірки [9].

Приріст урожайності від осіннього застосування гербіцидів на 2–3 ц/га вищий від весняного їх внесення. Бакова суміш гербіцидів Пік 8–10 г/га + Логран 6,5–10 г/га ідеальна для застосування на зернових восени [2].

За даними Paradowski A. [14], найбільш пристосованою до низьких температур діючою речовиною є хлоротолурон.

Постановка завдання. Наше завдання – вивчити завдяки польовим дослідженням ефективність осіннього внесення гербіцидів на озимій пшениці у 2019–2021 рр. на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування.

Виклад основного матеріалу. Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий з умістом гумусу 2,6 %. Вміст легкогідролізованого азоту – 70–74 мг, рухомих форм фосфору і калію (за методикою Чирикова) – відповідно 88–90 мг і 90–95 мг на 1 кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної, рН сольової витяжки – 6,0.

Облікова площа – 50 м², повторність досліду – триразова. Розміщення ділянок – систематичне.

Найпоширенішими гербіцидами для осіннього внесення є препарати, подані в табл. 1. Досліджували сім гербіцидів (табл. 2).

Вирощували озиму пшеницю сорту РЖТ Реформ за інтенсивною технологією. Норма внесення мінеральних добрив – N₁₈₀P₆₀K₉₀. Азотні добрива вносили у вигляді аміачної селітри: N₆₀ при відновленні весняної вегетації (ВВСН 25) + N₈₀ укінці фази кушіння (ВВСН 29) + N₄₀ у фазі колосіння (ВВСН 59). Усю норму фосфорних і калійних добрив вносили у вигляді суперфосфату потрійного (P₄₆), хлористого калію (K₆₀) під оранку.

Навесні посіви пшениці для захисту від вилягання обробляли препаратами Медакс Топ (мепікват-хлорид, 300 г/л + прогексадіон кальцію, 50 г/л) з нормою 1 л/га у фазі початку виходу рослин у трубку (ВВСН 30) та Терпал (мепікват-хлорид, 305 г/л + етефон, 155 г/л) у фазі появи язичка біля прапорцевого листка (ВВСН 39). Для захисту від хвороб посіви обприскували фунгіцидами Флексіті (метрафенон, 300 г/л) з нормою внесення 0,25 л/га у фазі початку виходу рослин у трубку (ВВСН 30), препаратом Амістар Екстра (азоксистробін, 200 г/л + ципроконазол, 80 г/л) з нормою внесення 0,75 л/га у фазі прапорцевого листка (ВВСН 39), фунгіцидом Осіріс Стар (епоксиконазол, 56,25 г/л + метконазол, 41,25 г/л) з нормою 1,5 л/га у фазі цвітіння (ВВСН 65). Для боротьби із шкідниками посіви двічі обприскували інсектицидами: Карате Зеон (лямбда-цигалотрин, 50 г/л) з нормою 0,30 л/га у фазі ВВСН 30 та Енжіо (лямбда-цигалотрин, 106 г/л + тіаметоксам, 141 г/л) з нормою 0,18 л/га у фазі ВВСН 39.

Гербициди для осіннього внесення на озимій пшениці

Гербицид	Строки внесення і температура повітря	Дія гербициду
Аксіал Крос , к.е. (піноксаден, 45 г/л + флорасулам, 5 г/л + антидот клоквінтосет-мексил, 11 г/л), Сингента	Вище +5 °С	Діє через листя та ґрунт
Гроділ Максі , о.д. (амідосульфурон, 100 г/л + йодосульфурон, 25 г/л + мефенпір-діетил-антидот, 250 г/л), Байер	Починаючи з фази 2–3-х листків у пшениці, 15–30 жовтня, за 1–2 тижні до припинення вегетації	Діє через листя та ґрунт
Гранстар Про , в.г. (трибенурон-метил, 750 г/кг)	Від появи 2-х листків Вище +5 °С	Контактна дія
Еллай Супер , в.г. (метсульфурон-метил, 200 г/кг + трибенурон-метил, 500 г/кг), FMC	Від появи 3-х листків до кінця кущіння Вище +5 °С	Має ґрунтову активність
Квелекс , в.г. (галауоксифен-метил, 100 г/кг + флорасулам, 100 г/кг + клоквінтосет-кислоти, 71 г/кг), Кортева	Від 2–3-х листків. Вище +5 °С	Діє через листя та ґрунт
Легато Тріо (Трініті) , к.с. (пендиметалін, 300 г/л + хлортолурун, 250 г/л + дифлуфенікан, 40 г/л), Адама	Обприскування посівів восени у фазу 1–3 листки – кущіння культури	Діє через листя та ґрунт
Логран , в.г. (триасульфурон, 750 г/л), Сингента	Внесення від фази 2–3-х листків. Вище +5 °С.	Ґрунтова дія
Марафон к.с. (пендиметалін, 250 г/л + ізопротурон, 125 г/л), Басф	1–3 листки у пшениці	Ґрунтова дія
Монітор Плюс , в.г. (сульфосульфурон, 150 г/кг), Nufarm	Від 3-х листків культури	Контактна дія
Паллас Екстра , в.г. (піроксулам, 250 г/кг + галауоксифен-метил, 67 г/кг + клоквінтосет-кислоти, 354 г/кг)	Від 3-х листків. Оптимальна температура застосування – вище 8 С	Діє через листя та ґрунт
Пік , в.г. (просульфурон, 750 г/кг), Сингента	Вище +5 С	Ґрунтова дія
Пледж 50 з.п. (флуміоксазин, 511 г/кг), Sumiagro	Внесення після сівби, але до сходів пшениці, а також у фазі 2–6 листків. Не застосовувати під час сходів через ризик пошкодження колеоптиле	Діє через листя та ґрунт. Не вносити навесні
Пойтнер , в.г. (трибенурон-метил, 750 г/кг), FMC	Від появи 2–3-х листків. Вище +5 С	Контактна дія
Стомп 330 к.е. (пендиметалін, 330 г/л), Басф	Обприскування після сівби до кінця кущіння культури	Ґрунтова дія
Чеккер Xtend , в.г. (дифлуфенікан, 240 г/кг + амідосульфурон, 40 г/кг + йодосульфурон, 10 г/кг + мефенпір-діетил, 100 г/кг), Байер	Від фази 3-х листків до початку кущіння. Лише для осіннього внесення	Діє через листя та ґрунт

Гербициди у дослідженнях у всіх варіантах вносили у фазі 3-х листків у пшениці (ВВСН 13). Додатково гербициди навесні не вносили.

У середньому за три роки найменша врожайність зерна (7,82 т/га) озимої пшениці сорту РЖТ Реформ була за використання гербициду Пойтнер (табл. 2). Можливо, це пов'язано з тим, що трибенурон-метил недостатньо ефективний за температур, нижчих, ніж +5 °С, його вносили у

фазі 3-х листків. Також необхідно враховувати, що він не має ґрунтової дії і не знищує злакові бур'яни.

За внесення гербициду Квелекс урожайність була вищою на 0,32 т/га і становила 8,14 т/га. Цей гербицид діє за низьких температур, має ґрунтову і листову дію, ефективно контролює стійкі види бур'янів, проте теж не забезпечує знищення однодольних рослин.

Урожайність озимої пшениці залежно від осіннього внесення гербіцидів, т/га

Гербіцид*	Норма внесення, л, кг/га	Роки дослідження			Середнє за 3 роки	Приріст	
		2019	2020	2021		т/га	%
Пойтнер (контроль)	0,03	7,14	8,20	8,12	7,82	-	-
Квелекс	0,6	7,37	8,59	8,47	8,14	0,32	4,1
Гроділ Максi	0,11	7,27	8,5	8,39	8,05	0,23	3,0
Чеккер Xtend	0,35	-	8,99	9,21	9,10	1,28	16,4
Стомп 330	3,0	7,50	8,65	8,51	8,19	0,37	4,7
Легато Тріо (Трініті)	2,0	7,95	8,81	8,92	8,56	0,74	9,5
Марафон	4,0	7,89	9,08	9,07	8,68	0,86	11,0
НІР ₀₅ , т/га		0,08	0,11	0,09			

*Діючі речовини гербіцидів подано у табл. 1.

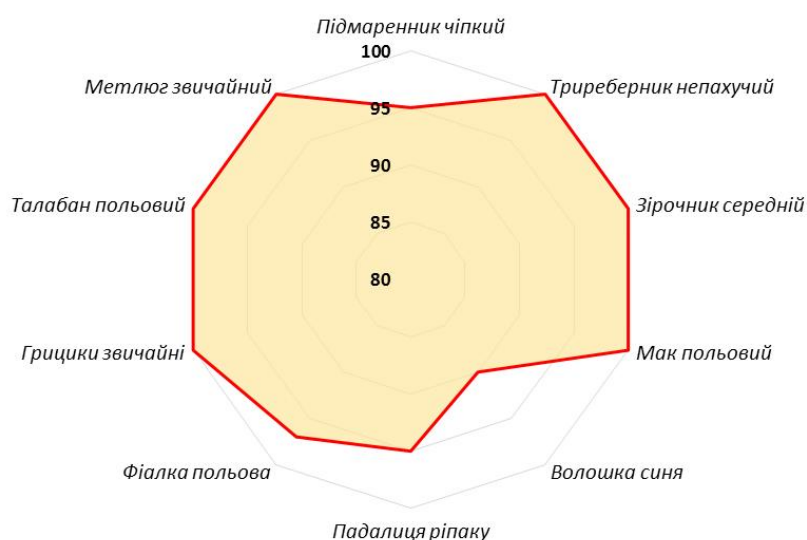


Рис. Ефективність осіннього внесення гербіциду Марафон на озимій пшениці, %

Одним із перших в Україні для внесення восени почали використовувати гербіцид Гроділ Максi. При цьому врожайність становила 8,05 т/га, що вище від першого варіанта на 0,23 т/га. Гербіцид має широкий спектр дії проти дводольних бур'янів, проте неефективний проти однодольних.

Злаки, особливо метлюг звичайний (*Apera spica-venti*), в умовах достатнього зволоження у Західній Україні є майже на всіх полях. Внесення гербіциду ґрунтової дії Стомп 330 забезпечило підвищення врожайності порівняно з Пойтнером на 0,37 т/га. Стомп контролює дводольні та однорічні злакові бур'яни і працює навіть за низьких температур (від 0 до +5 С).

Значно вищу врожайність одержали й у варіантах з використанням гербіцидів із страховою (листовою) та добре вираженою ґрунтовою дією (Чеккер Xtend, Легато Тріо, Марафон), які, крім дводольних, добре контролювали злакові бур'яни та мають пролонгований період дії. У варіанті з внесенням гербіциду Чеккер Xtend врожайність становила 9,10 т/га. Це новий препарат, тож його вивчали лише два роки.

Високою була врожайність зерна озимої пшениці за внесення гербіциду Легато Тріо – 8,56 т/га. Оптимальне поєднання діючих речовин (пендиметалін, 300 г/л + хлортолулон, 250 г/л + дифлуфенікан, 40 г/л) забезпечує повний контроль більшості видів бур'янів.

Високу ефективність забезпечував також гербіцид Марафон. Грунтова дія препарату сприяла ефективному контролю основних видів бур'янів упродовж вегетації (див. рис.). До складу Марафону входять дві діючі речовини (пенди-металін, 250 г/л + ізопротурон, 125 г/л). Вони мають найкращу дію за холодної погоди (працюють від 0 С) та здатні забезпечувати повну ефективність навіть за температури 5–6 С.

Гербіцид характерний системно-грунтовою дією, не викликає стресу в рослин озимої пшениці. Рослини озимої пшениці у варіантах з внесенням Марафону були краще розвинуті, стійкіші до несприятливих умов та ураження хворобами. Урожайність у варіанті з внесенням Марафону становила 8,68 т/га, що на 0,86 т/га вище порівняно з варіантом з внесенням гербіциду Пойтнер.

Висновки. Ефективнішими виявились гербіциди, що контролювали одночасно дво- та однодольні бур'яни порівняно з гербіцидами, що контролювали лише дводольні бур'яни.

Найвищу врожайність зерна озимої пшениці сорту РЖТ Реформ одержано за осіннього внесення гербіцидів Чеккер Xtend (9,10 т/га), Легато Тріо (8,56 т/га) та Марафон (8,68 т/га), що на 1,28 т/га, 0,74 т/га та 0,86 т/га вище порівняно з внесенням препарату Пойтнер.

Гербіцид Марафон забезпечує 100 % технічну ефективність майже в усіх дво- та однодольних, найбільш шкідливих бур'янах.

Бібліографічний список

1. Іванюк В. Я. Ефективність осіннього застосування гербіцидів на забур'яненість пшениці озимої. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2019. № 2. С. 22-24.
2. Каталог засобів захисту рослин Сингенти на 2021 рік. Київ. 224 с. URL: https://www.syngenta.ua/sites/g/files/zhg666/f/2021/01/21/12133_catalog_szr_2021_dba_compressed.pdf (дата звернення: 02.04.2022).
3. Лихочвор В. В. Гербіциди внесли восени – мінеральні добрива зберегли. *Пропозиція*. 2013. № 8. С. 80–84.
4. Лихочвор В. В. Марафон – гербіцид на чотири пори року. *Пропозиція*. 2011. № 9. С. 30–31.
5. Лихочвор В. В. Марафон восени внесеш – мінеральні добрива збережеш. *Зерно*. 2012. № 8. С. 88–90.
6. Лихочвор В. В. Марафонський забіг до високого врожаю. *Пропозиція*. 2011. № 7. С. 100–102.
7. Лихочвор В. В. Осима пшениця – гербіциди восени. *Пропозиція*. 2009. № 10. С. 89.
8. Лихочвор В. В. Осіннє внесення гербіцидів на озимій пшениці. *Здоров'я рослин: Осимі зернові – пшениця, ячмінь, жито. Серія «Агрономія сьогодні»*. 2016. № 4. Київ. «Прес-Медіа», 2016. С. 90–93.
9. Михальська Л. М. Ефективність осіннього застосування гербіцидів на посівах озимої пшениці. *Карантин і захист рослин*. 2015. № 7. С. 3–6.
10. Павлов О. С., Бабенко А. І., Андрущенко А. С. Біологічна ефективність гербіцидів у посівах пшениці озимої за осіннього внесення. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. Том 12, № 4. С. 50–59. URL: <https://doi.org/10.31548/agr2021.04.050> (дата звернення: 02.04.2022).
11. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ., доповн. Додатковий випуск. Львів. Українські технології, 2022. 806 с. URL: <https://doi.org/10.31073/roslynnytstvo5vydannya> (дата звернення: 02.04.2022).
12. Сторчоус І. М. Порівняльна оцінка гербіцидів за осіннього та весняного застосування у посівах пшениці озимої в умовах лісостепової зони України. *Захист і карантин рослин*. 2019. № 65. С. 175–190.
13. Черняк М. О. Ефективність систем хімічного захисту посівів пшениці озимої від бур'янів. *Новітні агротехнології: електронний науковий журнал*. 2020. № 8. С. 25–32.
14. Paradowski A. Ochrona zboz przed chwastami. *Zboze wysokiej jakosci*. Warszawa. Biznes-Press. 2005. 2-gie wyd. S. 50–60.
15. Shcatula Y. Assessment of the effectiveness of the application of technological elements in the growing of winter wheat. *Polish journal of science*. 2020. № 25. P. 12–21.

Стаття надійшла 05.04.2022

СТВОРЕННЯ Й АПРОБАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВІРОГІДНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ АГРОНОМІЧНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

П. Гнатів, д. біол. н.

ORCID ID: 0000-0003-2519-3235

О. Литвин, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-3966-9222

В. Іванюк, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-6885-9212

Н. Лагуш, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-1467-5805

В. Шестак, аспірант

ORCID ID: 0000-0003-4288-5794

Б. Коцюба, аспірант

ORCID ID: 0000-0001-7839-487X

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.157>

Гнатів П., Литвин О., Іванюк В., Лагуш Н., Шестак В., Коцюба Б. Створення й апробація програмного забезпечення статистичного моделювання вірогідності результатів агрономічних експериментів

Існує широкий вибір математичних моделей статистики для агрономічних досліджень, які добре описані в літературі. Вони універсальні, проте досліднику раціональніше мати готову до застосування, зручну і швидку щодо отримання результату методику. Найпоширенішим є дисперсійний аналіз, який включений до пакетів *Statistics Calculators* чи *Functions of Excel*. Проте його використання у цих пакетах потребує додаткових кропітких розрахунків для отримання остаточного результату. Тому для оперативного застосування в математичному моделюванні вірогідності результатів експерименту реалізовано алгоритм дисперсійного аналізу однофакторного експерименту інтерпретованою об'єктно-орієнтованою мовою програмування високого рівня з чіткою динамічною типізацією – Python 3, із використанням середовища програмування *PyCharm Community Edition*. Для розроблення функціонального й інтерактивного інтерфейсу обрано бібліотеку *PyQt6* в комбінації з програмою для проєктування і дизайну інтерфейсів *Qt Designer v 5.9.6*. Для обчислення за математичними формулами використано бібліотеку *numpy*. Для роботи з табличними формами, переведенням у текстову форму, а також у формат *Excel.xlsx*, обрано бібліотеки *pandas* та *tabulate*. Так була створена робоча програма – *Dispersion.exe*. У ході апробації після занесення у програму вхідних показників урожаю за 2020–2021 роки вона їх опрацювала і формалізувала у підсумкову статистичну модель вірогідності припущення в експерименті у формі таблиці в середовищі *Microsoft Excel*. Таблиця містить усі кінцеві показники вірогідності результату експерименту з вивчення впливу добрив на врожайність озимого ячменю, розраховані на підставі відхилення нульової гіпотези варіації спостережень.

Ключові слова: дисперсія, ANOVA, Python, PyQt6, pandas, numpy, нульова гіпотеза, вірогідність.

Hnativ P., Lytvyn O., Ivaniuk V., Lahush N., Shestak V., Kotsiuba B. Creation and approbation of software for statistical modeling of the probability of agronomic experiment results

There is a wide choice of mathematical models of statistics for agronomic research, which are well described in the literature. They are universal and are often used, but it is more rational for a researcher to have a ready-to-use, convenient and fast method for obtaining the result. The most common is analysis of variance, which is included in the Statistics Calculators or Functions of Excel packages. However, its use in these packages requires additional painstaking calculations to obtain the final result. Therefore, for operational application in mathematical modeling of the probability of experimental results, the authors of the research implemented an algorithm for analysis of the variance of a one-factor experiment in the interpreted high-level object-oriented programming language with strict dynamic typing – Python 3 using PyCharm Community Edition programming environment. The PyQt6 library was chosen in combination with the Qt Designer v 5.9.6 interface design and development program to develop a functional and interactive interface. The numpy library was used to calculate mathematical formulas. The pandas and tabulate libraries were chosen to work with spreadsheets, text translations, and Excel.xlsx. This is how a working program called Dispersion.exe was created. During the approbation after entering the input indicators of the harvest for 2020–2021 in the program, it processed them and formalized them into a final statistical

model of the probability of assumptions in the experiment in the form of a table in Microsoft Excel. The table contains all the final indicators of the probability of the result of the experiment to study the effect of fertilizers on the yield of winter barley, calculated on the basis of the deviation of the null hypothesis of variation of observations.

Key words: variance, ANOVA, Python, MainWindow, DispOutput, null hypothesis, probability.

Постановка проблеми. Досвід використання персональних комп'ютерів (ПК) та програмного забезпечення (ПЗ) підтверджує, що практично для кожної науково-дослідницької задачі є можливість обрати оптимальний варіант комбінації *hardware-software*. Можна використовувати різне ПЗ та різні версії того самого ПЗ з різними системними вимогами на різноманітних апаратних платформах. Крім того, як розвиток *software*, так і розвиток *hardware*, відбувається взаємопов'язано і невинно [7]. Отже, з обранням для своїх досліджень певної системи засобів проблеми не виникне.

Для досягнення результативності ПЗ мають забезпечувати: можливість внесення доповнень, високий рівень сегментації, набір пропонованих методик аналізу і сервісних функцій, розвинені засоби налаштувань, зручні функції імпорту даних, а також налаштування на галузеву специфіку [4].

Python – високорівнева мова програмування загального призначення, орієнтована на підвищення продуктивності розробника і читання коду. Синтаксис ядра *Python* мінімалістичний. Водночас стандартна бібліотека передбачає безліч корисних функцій. *Python*, як і більшість бібліотек, безкоштовна й перебуває у відкритому доступі. Фреймворк – інфраструктура програмних рішень, що полегшує розробку складних систем.

В агрономічних дослідженнях науковець має справу з великою кількістю оцифрованих даних, які повинні підтвердити робочу гіпотезу експерименту, обґрунтувати виявлені закономірності та зв'язки явищ, з'ясовані в його процесі, або ж довести зворотнє – безперспективність висунутих припущень. Для цього потрібні

математичні моделі варіаційної статистики, широкий набір яких добре описаний у методичній літературі [1; 2; 5; 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На практиці інколи складно швидко і якісно опрацювати цифрові дані, особливо коли вони погано систематизовані, або ж цілком нові й складні для вибору статистичної моделі достовірності експерименту чи занесення їх у ПК. Виникають складнощі з виводом кінцевих – цільових результатів у прийнятній формі, як, наприклад, у пакетах *Statistics Calculators* [10] чи Функції *Excel* [6].

Постановка завдання. Наше завдання – показати ефективність та зручність простої програми *Dispersion_win7.exe*, написаної нами для дисперсійного аналізу на ПК агрономічних даних, що містять не менше двох і не більше 20 варіантів змінних у трьох–шести повтореннях спостережень.

Виклад основного матеріалу. Для створення алгоритму дисперсійного аналізу використали розробки Р. Фішера (1925) [8] в інтерпретації Б. Доспехова (1985) [1], Е. Ермантраут та ін. [2], Р. Майбороди і О. Сугакова [3], «Функції Excel (за категоріями)» [6], *Statistics Calculators*. Повний програмний код програми запозичений за посиланням на сайті *GitHub* [9].

Цифрові матеріали взято з результатів обліку врожаю озимого ячменю, вирощеного у 18-ти різних варіантах удобрення на ділянках із триразовою повторністю упродовж 2020–2021 років (табл. 1).

Таблиця 1

Вхідні цифрові результати експерименту для опрацювання

Варіант	2020 р.			2021 р.		
	Повторення			Повторення		
	I	II	III	I	II	III
1	42,7	44,6	43,8	47,1	45,4	44,1
2	43,4	44,2	42,2	45,5	44,2	43,0
3	61,8	58,5	60,6	55,9	56,6	55,3
·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
17	75,2	71,4	72,2	73,1	71,7	73,6
18	72,2	73,8	72,1	73,2	75,2	77,3

Для впровадження у практичних дослідженнях аспірантів і магістрів методики здійснення дисперсійного аналізу за допомогою ПК спроектували програмне забезпечення інтерпретованою об'єктно-орієнтованою мовою програмування високого рівня з чіткою динамічною типізацією – *Python 3*, із використанням середовища програмування *PyCharm Community Edition*.

Для розробки функціонального й інтерактивного інтерфейсу обрали бібліотеку *PyQt6* у комбінації з програмою для проектування і дизайну інтерфейсів *Qt Designer v 5.9.6*. Для обчислення за математичними формулами використовували бібліотеку *numpy*. Для роботи з табличними формами, переведенням у текстову форму, а також у формат *Excel.xlsx*, скористалися бібліотеками *pandas* та *tabulate*. Основний скелет програми побудований із двох класів. Перший клас описує поведінку інтерфейсу і його взаємодію із вхідними даними користувача:

```
class MainWindow (QMainWindow,
Ui_MainWindow):
    def __init__(self, parent=None, *args,
**kwargs):
        def updateTable(self):
        def updateTableSize(self):
        def saveConfigs(self):
        def loadConfigs(self):
        def getMatrix(self):
        def writeCells(self, data: list):
        def exportToExcel(self):
        def showResults(self):
```

Другий клас описує математичні операції із введеними даними експерименту і виведення підсумків дисперсійного аналізу у прийнятній для користувача формі:

```
class DispOutput:
    def __init__(self, X):
    def roundVals(self, n):
    def toMarkdown(self) -> str:
    def toExcel(self):
```

Основні обчислення проводяться при ініціалізації класу *DispOutput*:

```
X: np.ndarray = X
l: int = np.shape(X)[0] # Число варіантів
n: int = np.shape(X)[1] # Число спостережень
N: int = np.size(X) # Загальна кількість спостережень
V: np.ndarray = np.sum(X, axis=1) # Суми
avg: float = np.average(X)
C: float = pow(np.sum(X), 2) / N
CY: float = np.sum(np.square(X)) - C
CV: float = np.sum(np.square(V)) / n - C
```

```
CZ: float = CY - CV
s2v: float = CV / (l - 1) # Середній квадрат варіантів
s2: float = CZ / (N - l) # Середній квадрат помилки
v: float = 100 * math.sqrt(s2) / avg # Коефіцієнт варіації, %
sx: float = math.sqrt(s2 / n) # Помилка досліджу
sd: float = math.sqrt(2 * s2 / n) # Помилка різниці середніх
sd_percent: float = 100 * sd / avg # Відносна помилка різниці середніх
Ff: float = s2v / s2
F05: float = ft.f05_distr(n, N - l)
t05: float = ft.t_crit(0.95, N - l)

HCP05: float = t05 * sd
HCP05_percent: float = (HCP05 * 100) / avg
```

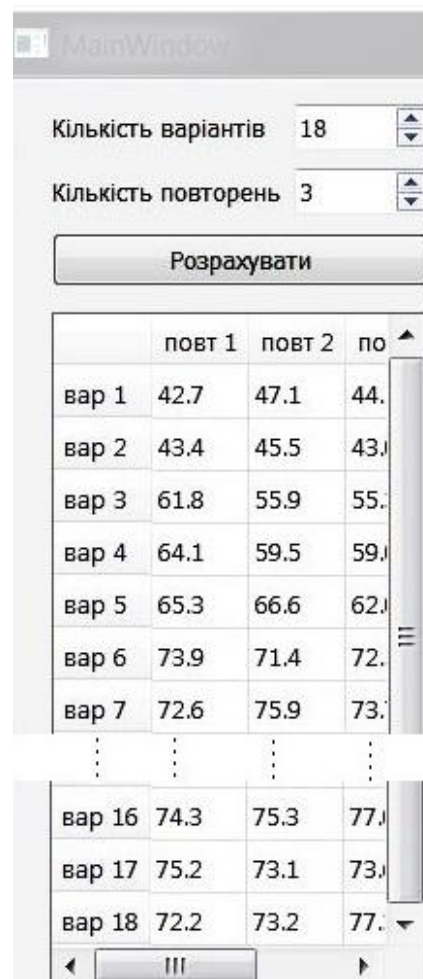


Рис. 1. Робоче вікно програми *Dispersion_win7.exe* для запису цифрових даних експерименту за кожен рік, якщо рік не є фактором

Із повним робочим кодом програми можна ознайомитися за посиланням на сайті *GitHub* – *software development platform* (<https://github.com/dimbaida/variance-analysis>) [9].

Робоче вікно програми *Dispersion_win7.exe* для запису цифрових даних експерименту за кожен рік, якщо рік не є фактором, показано на рис. 1.

Результативне вікно обчислень у програмі *Dispersion.exe* із записом цифрових результатів показано на рис. 2.

Перенесені у формат середовища *Microsoft Excel* результати обчислень у програмі *Dispersion.exe* показані на рис. 3.

Вхідні дані

Варіанти	1	2	3	К-ть спост.	Суми	Середні
1	42.70	47.10	44.10	3	133.90	44.63
2	43.40	45.50	43.00	3	131.90	43.97
3	61.80	55.90	55.30	3	173.00	57.67
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
17	75.20	73.10	73.60	3	221.90	73.97
18	72.20	73.20	77.30	3	222.70	74.23

Загальна кількість спостережень: 54
 Загальна сума: 3611.6
 Середнє по досліді: 66.88

Результати дисперсійного аналізу

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05
Загальна	5476.32	53	--	--	--
Варіантів	5331.37	17	313.61	77.89	2.84
Залишок (помилки)	144.95	36	4.03	--	--

Критерій суттєвості: 77.89
 Критерій F на 5%-му рівні значимості: 2.84
 Помилка досліді: 1.16
 Помилка різниці середніх: 1.64
 Відносна помилка різниці середніх: 2.45%
 Коефіцієнт варіації: 3.0%
 НІР абсолютне: 3.32
 НІР відносне: 4.97%

Експортувати в Excel

Рис. 2. Результативне вікно програми *Dispersion.exe* для запису цифрових результатів

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Варіанти	1	2	3	К-ть спост.	Суми	Середні	
2	1	42,7	47,1	44,1	3	133,9	44,6	
3	2	43,4	45,5	43,0	3	131,9	44,0	
4	3	61,8	55,9	55,3	3	173,0	57,7	
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
18	17	75,2	73,1	73,6	3	221,9	74,0	
19	18	72,2	73,2	77,3	3	222,7	74,2	
20	Загальна сума				54	3611,6	66,9	
21								
22								
23	Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	Fф	F05		
24	Загальна	5476,32	53	--	--	--		
25	Варіантів	5331,37	17	313,61	77,89	2,84		
26	Залишок (помилки)	144,95	36	4,03	--	--		
27								
28								
29	Критерій суттєвості				77,89			
30	Критерій F на 5%-му рівні значущості				2,84			
31	Помилка дослід, т/га				1,16			
32	Помилка різниці середніх, т/га				1,64			
33	Відносна помилка різниці середніх, %				2,45			
34	Коефіцієнт варіації, %				3,00			
35	НІР абсолютне, т/га				3,32			
36	НІР відносне, %				4,97			
37								

Рис. 3. Підсумкова статистична модель вірогідності припущення в експерименті з вивчення впливу добрив на врожайність озимого ячменю у 2021 році, розрахована на підставі відхилення нульової гіпотези варіації спостережень у форматі Microsoft Excel

Формалізований результат дисперсійного аналізу ANOVA представлених, як приклад, цифрових даних на предмет достовірності впливу факторів (варіантів) на врожайність озимого ячменю поданий у табл. 2.

Статистична модель достовірності експерименту свідчить, що нульова гіпотеза має бути відхилена, оскільки критерій значущості Фішера розрахунковий більший за критерій Фішера табличний на 5 % рівня значущості ($F_{\text{факт}} > F_{05}$). Помилка дослід 2020 року становить 0,92 ц/га, 2021 – 1,16 ц/га. Помилка різниці середніх відповідно становить 1,30 та 1,64 ц/га. Розрахунок відносної помилки показав, що у 2021 році дослід

був менш точним, ніж 2020 року. Відповідно найменша істотна різниця (НІР₀₅) між середніми за варіантами за абсолютним показником (ц/га) була більшою у 2021 році, що свідчить про меншу силу впливу експериментальних варіантів порівняно з дисперсією даних за повторностями.

На підставі наявності критерію НІР₀₅ розраховують різницю між варіантами удобрення та контрольним варіантом, який буде обрано за стартовий. Різниця між варіантами та контролем, яка буде меншою за НІР₀₅, вказує на відсутність достовірного впливу порівнюваного варіанта, а та, яка буде більшою, – на агрономічну ефективність пропонованого варіанта удобрення.

**Базові формули та цифрові показники статистичної моделі
вірогідності експерименту**

Показник	Формула розрахунку	2020 р.	2021 р.
Середній квадрат варіантів	$s_p^2 = \frac{C_V}{(l_v - 1)}$	294,66	313,61
Середній квадрат помилки	$s^2 = \frac{C_E}{(n - 1)}$	2,53	4,03
Критерій значущості розрахунковий	F _{факт}	116,56	77,89
Критерій на 5%-му рівні значущості	F _{05табл}	2,84	2,84
Помилка досліду, ц/га	$s_x = \frac{s^2}{n}$	0,92	1,16
Помилка різниці середніх, ц/га	$s_d = \frac{s}{\sqrt{2n}}$	1,30	1,64
Відносна помилка різниці середніх, %	$s_{d, \%} = \frac{s_x}{\bar{x}} \times 100$	1,96	2,45
НІР ₀₅ абс, ц/га	НІР ₀₅ = $t_{05} \times s_d$	2,63	3,32
НІР ₀₅ відн, %	НІР _{05, \%} = \frac{t_{05} \times s_d}{\bar{x}} \times 100}	3,97	4,97
Коефіцієнт варіації, %	$V = 100 \times \frac{\sqrt{s^2}}{\bar{x}}$	2,4	3,0

Висновки. Програма *Dispersion.exe* значно простіша у користуванні порівняно з пакетами *STATISTICA* та Функції *Excel*, оскільки є вузько-спеціалізованою прикладною програмою для прямого застосування. Результативні підсумкові форми програми *Dispersion.exe* завершені, читабельні і зрозумілі пересічному експериментатору.

Перспективне розширення можливостей програми *Dispersion.exe* для дво- і трифакторних експериментів в агрономії, над чим слід працювати в подальшому.

Бібліографічний список

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. Москва: Агрпромиздат, 1985. 351 с.
2. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica-6. Київ: Поліграф Консалтинг, 2007. 55 с.
3. Майборода Р. Є., Сугакова О. В. Статистичний аналіз даних за допомогою пакету STATISTICA, 2022. URL: <http://matphys.rpd.univ.kiev.ua/downloads/courses/mmatstat/StatAn.doc> (дата звернення: 24.05.2022).

4. Роїк М. В., Присяжнюк О. І., Денисюк В. О. Огляд програмних засобів статистичного аналізу даних. *Ефективна економіка*. 2017. № 7. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5676> (дата звернення: 24.05.2022).

5. Самарець Н. М., Харченко Є. М., Чорна Н. О. Використання інформаційних технологій у статистичному аналізі даних для аграрних підприємств. *АГРОСВІТ*, 2013. № 20. С. 14–20.

6. Функції *Excel* (за категоріями). URL: <https://support.office.com/uk-ua/article> (дата звернення: 24.05.2022).

7. 50 Years of Moore's Law. 2022. URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/silicon-innovations/moores-law-technology.html> (Accessed: 24 May 2022).

8. Fisher R. A. 1925. *Statistical methods for research workers* (Modified Sept. 2005.) URL: <http://psychclassics.yorku.ca/Fisher/Methods/> (Accessed: 24 May 2022).

9. Baidachnyi Dmytro. 2022. *GitHub – software development platform*. 2022. URL: <https://github.com/dimbaida/variance-analysis> (Accessed: 24 May 2022).

10. *Statistics Calculators: Anova Calculator*. URL: <https://calculator-online.net/anova-calculator/> (Copyrights 2022 Calculator-online.net) (Accessed: 24 May 2022).

Стаття надійшла 28.05.2022

УДК 631.4

**БУФЕРНІ КРИВІ ТА ПОКАЗНИКИ КИСЛОТНО-ОСНОВНОЇ БУФЕРНОСТІ
БУРОЗЕМНО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТІВ ПЕРЕДКАРПАТТЯ
ПІД РІЗНИМИ УГІДДЯМИ****І. Смага, д. б. н.**

ORCID ID: 0000-0002-9000-3832

І. Казімір, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-8362-4676

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.163>**Смага І., Казімір І. Буферні криві та показники кислотно-основної буферності буроземно-підзолистих ґрунтів Передкарпаття під різними угіддями**

Подано показники кислотно-основної буферної здатності буроземно-підзолистого ґрунту Передкарпаття під різними видами угідь, визначеними за буферними кривими потенціометричного титрування.

Встановлено характер буферних кривих та параметри показників кислотно-основної буферності буроземно-підзолистих ґрунтів Передкарпаття під лісом, пасовищем та ріллею. Простежено відмінності у параметрах та профільному розподілі нейтралізувальної й поглинальної здатності ґрунту щодо кислоти (інтервал від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до pH 3,0) та щодо луґу (інтервал від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до pH 8,0), показника нейтралізації, а також градієнта pH суспензії за максимального кислотного та лужного навантаження. Обґрунтовано недоцільність розрахунку показника буферності ґрунту в зазначених кислотному та лужному інтервалах діленням величини нейтралізувальної та поглинальної здатності ґрунту в мг-екв./100 г на градієнт pH відносно початкової точки титрування ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) при максимальному введенні кислоти чи луґу. Встановлено, що градієнт pH за максимального кислотного та лужного навантаження від початкової точки титрування не забезпечує об'єктивність відображення кислотно-основної буферної здатності буроземно-підзолистого ґрунту та не узгоджується з його нейтралізувальною та поглинальною здатністю як у кислотному, так і в лужному інтервалах. Виявлено аналогічний характер профільного розподілу величин $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ та показника нейтралізації незалежно від виду угіддя.

Для характеристики кислотно-основної буферної здатності ґрунту в кислотному та лужному інтервалах, близьких до початкової точки буферної кривої, запропоновано визначати градієнт pH при введенні кислоти та луґу мінімальної концентрації, який свідчить про здатність ґрунту протистояти зрушенню реакції середовища в бік підкислення чи підлугування внаслідок вступу в реакцію найбільш розчинних сполук ґрунту.

Ключові слова: буроземно-підзолистий ґрунт, кислотно-основна буферність ґрунту, буферна крива, показник нейтралізації, кислотно-основний стан ґрунту, нейтралізувальна здатність ґрунту, градієнт pH , кислотне навантаження, лужне навантаження.

Smaha I., Kazimir I. Buffer curves and indicators of acid-base buffering of brown podzolic soils of Eastern Carpathian Foothills under different terrains

Indicators of the acid-base buffer capacity of brown earth-podzolic soil of Eastern Carpathian Foothills under different types of soils, determined by buffer curves of potentiometric titration, are presented.

The character of the buffer curves and the parameters of the indicators of acid-base buffering of brown podzolic soils of Eastern Carpathian Foothills under forest, pasture and arable land were established. The differences in the parameters and profile distribution of the neutralizing and absorbing capacity of the soil with respect to acid (interval from $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ to pH 3.0) and alkali (interval from $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ to pH 8.0), the neutralization indicator, as well as the pH gradient of the suspension at the maximum acid and alkaline load were monitored. It is established that calculating the buffering index of the soil in the specified acid and alkaline intervals by dividing the value of the neutralizing and absorbing capacity of the soil in mg-eq/100 g by the pH gradient relative to the starting point of the titration ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) at the maximum introduction of acid or alkali is impractical. It is confirmed that the pH gradient at the maximum acid and alkaline load from the starting point of the titration does not ensure the objectivity of displaying the acid-base buffering capacity of brown podzolic soil and is not consistent with its neutralizing and absorbing capacity in both acidic and alkaline intervals. The similar nature of the profile distribution of values and the neutralization index was revealed, regardless of the type of land.

In order to characterize the acid-base buffering capacity of the soil in the acidic and alkaline intervals close to the starting point of the buffer curve, it is proposed to determine the pH gradient upon the introduction of acid and alkali of minimum concentration, which indicates the soil ability to resist a shift in the reaction of the environment in the direction of acidification or alkalinization due to the entry into the reaction of the most soluble soil compounds.

Key words: brown podzolic soil, acid-base buffering of the soil, buffer curve, neutralization index, acid-base state of the soil, neutralizing capacity of the soil, gradient, acid load, alkaline load.

Постановка проблеми. Вивчення здатності ґрунтів протистояти зміні реакції середовища за дії природних та антропогенних чинників, тобто їх кислотно-основної буферної здатності, – важливе для попередження процесів підкислення та фізико-хімічної деградації ґрунтового покриву. Одним із чинників, що лімітують родючість буроземно-підзолистих ґрунтів Передкарпаття, є несприятливі параметри показників кислотно-основного стану, зокрема висока кислотність та підвищений вміст рухомого алюмінію. Вони пов'язані з формуванням таких ґрунтів на елювії щільних кислих осадових, метаморфічних порід, делювіальних і давньоалувіальних відкладах за умов промивного водного режиму переважно під лісовою рослинністю. Останніми десятиліттями прогресуюче підкислення ґрунтового покриву стало однією з найбільш актуальних проблем аграрного землекористування. Тому важливо встановити здатність ґрунтів протистояти підкисленню чи підлуженню ґрунтового розчину, що може стати наслідком антропогенного впливу, зокрема внесення кислих мінеральних добрив. Для цього необхідно запропонувати об'єктивні показники, які характеризують кислотно-основну буферність цих ґрунтів та їхні параметри за різних способів землекористування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Показники рН-буферної здатності ґрунту дають інтегральну оцінку кислотно-основним ґрунтовим реакціям, а також є важливими для оцінки й прогнозування змін агроєкологічного стану ґрунту та вирішення загальноєкологічних завдань [8; 11; 12]. Упродовж тривалого часу кислотно-основну буферність визначали за різними варіантами методики Арреніуса й отримували показник буферної площі у кислотному та лужному інтервалах. Це не давало змоги ввести ці показники як критерії оцінки фізико-хімічної деградації ґрунту [6].

Сучасний метод визначення кислотно-основної буферності ґрунту в Україні затверджений на рівні стандарту та ґрунтується на вимірюванні зміни рН ґрунтової суспензії внаслідок додавання серії визначених доз кислоти чи лугу [10]. За цим методом буферність ґрунту розглядають відносно порівняльного безбуферного субстрату, зазвичай відмитого кварцевого піску, або 0,05 М розчину CaCl_2 [4]. При цьому будують криві безперервного потенціометричного титрування водної суспензії ґрунту та безбуферного субстрату. Показником кислотно-основної буферності є розмір площі фігури, що утво-

рюється між цими кривими в лужному та кислотному інтервалах [3]. На основі таких даних запропоновано розраховувати низку показників кислотно-основної буферності [4; 5; 8; 9], які є об'єктивними критеріями оцінки агроєкологічного стану ґрунту, установлення спрямованості його змін та розробки заходів з оптимізації.

Показники буферних властивостей ґрунту щодо кислоти та лугу можна отримати також на основі буферних кривих, тобто без побудови кривої потенціометричного титрування безбуферного субстрату [2]. Вони й стали предметом розгляду нашого дослідження.

Постановка завдання. Наше завдання – встановити параметри показників кислотно-основної буферної здатності, розрахованих на основі кривих буферності буроземно-підзолистого ґрунту Передкарпаття, закономірності їх формування під різними видами угідь та об'єктивність. Об'єкт досліджень – кислотно-основна буферна здатність ґрунту. Предмет досліджень – показники кислотно-основної буферності ґрунту, які розраховують на основі буферних кривих.

Методика досліджень. Дослідження проводили на буроземно-підзолистих ґрунтах під різними типами угідь на території Вижницького передгірського агроґрунтового району Чернівецької області. У типових умовах кожного угіддя закладали ґрунтові розрізи під мішаним лісом, неокультурним пасовищем та ріллею. Зразки ґрунту відбирали у триразовій повторності. З підготовленими до аналізу зразками ґрунту проводили потенціометричне титрування із зростаючими концентраціями кислоти та лугу – нормальність від 0,005 до 0,05. Розчини кислоти та лугу готували на 0,05 М розчині CaCl_2 . На основі побудованих кривих буферності визначали протикислотну (в інтервалі від рН CaCl_2 до рН 3,0) і протиосновну (в інтервалі від рН CaCl_2 до рН 8,0) нейтралізувальну і поглинальну здатності ґрунту, градієнти рН відносно рН CaCl_2 (початкового рН буферних кривих) за введення кислоти і лугу максимальної концентрації [2] та показник нейтралізації [5].

Виклад основного матеріалу. Кожному ґрунту, залежно від його генетичних особливостей, притаманний певний характер кривої рН-буферності. Вона графічно відображає зміну рН ґрунтової суспензії за додавання до ґрунту розчинів кислоти чи лугу відповідних концентрацій.

Розглянемо показники буферних властивостей ґрунту щодо кислоти та лугу, отримувані на основі буферних кривих, тобто без побудови кривої потенціометричного титрування безбуферного субстрату [2]. Встановлено, що для буроземно-підзолистих ґрунтів під різними угіддями буферні криві мають однаковий характер. У деяких випадках виявлено їх переплітання, що свідчить про неоднакову буферність досліджуваних ґрунтів у різних інтервалах значень рН. Буферні криві гумусово-елювіального, елювіального та ілювіального горизонтів ґрунтів різних угідь досить істотно відхиляються одна від одної, на відміну від буферних кривих нижньої товщі ґрунту. Неоднаковий вміст гумусу, обмінних основ, різний ступінь насиченості основами у ґрунтах досліджуваних угідь визначають їхню здатність протистояти підкисленню та підлугуванню і визначають характер буферних кривих.

Визначення показників буферних властивостей в інтервалі від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 5,0 у досліджуваних ґрунтах Передкарпаття неможливе, оскільки значення рН у витяжці 0,05 М розчину CaCl_2 здебільшого нижче від 5,0. Тож пропонуємо визначати протикислотну нейтралізувальну і поглинальну здатності для середньо- та сильно-кислих ґрунтів у діапазоні від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 3,0 (рис.). Визначення відповідних значень зрушення рН відносно початкового $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ за введення максимальних концентрацій кислоти, або лугу [2], дає змогу отримати додаткові відомості про загальну протикислотну, або протигосновну буферність ґрунту в усьому можливому інтервалі значень рН.

Вважаємо за доцільне розраховувати також зрушення рН суспензії при введенні мінімальних концентрацій кислоти, або лугу, оскільки в такому разі в реакцію вступають найбільш розчинні сполуки ґрунту. Саме вони формують буферність ґрунту в інтервалах, близьких до початкової точки буферних кривих, та починають нейтралізовувати вплив кислотних чи лужних речовин на ґрунт.

Виокремленням на буферній кривій відрізка у межах від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 3,0 розраховують нейтралізувальну і поглинальну здатність ґрунту у мг-екв. / 100 г ґрунту щодо кислоти, а від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 8,0 – нейтралізувальну і поглинальну здатність ґрунту щодо лугу в зазначених інтервалах значень рН.

У буроземно-підзолистому ґрунті під різними угіддями зафіксовано близькі величини, аналогічний характер змін за профілем величини

показника $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ (табл.). Близькі закономірності притаманні й для значень нейтралізувальної та поглинальної здатності ґрунту. При вищих значеннях $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ зростає нейтралізувальна здатність ґрунту відносно кислоти і, навпаки, – при нижчих його значеннях зростає нейтралізувальна здатність ґрунту відносно лугу. Найнижчі значення цього показника приурочені до гумусово-елювіального та елювіального горизонтів, що пов'язано зі специфікою генетичної природи буроземно-підзолистого ґрунту. Показник рН суспензії в 0,05 М розчині CaCl_2 (початковий рН буферних кривих) можна використовувати як самостійний параметр, який містить інформацію про процеси ґрунтоутворення, оскільки за своєю природою може характеризувати певну частку обмінної кислотності ґрунту. Саме в зазначених горизонтах ґрунту вона вища порівняно з ілювієм, що характерно й для величини обмінної кислотності профільно-диференційованих ґрунтів Передкарпаття [7].

Найвищу нейтралізувальну здатність щодо кислот має ґрунт під покривом лісу – 7,02–9,70 мг-екв./100 г ґрунту, а найнижчу – пасовища неосушеного зі значеннями 4,55–5,50 мг-екв./100 г ґрунту залежно від генетичного горизонту. Ґрунт під ріллею займає проміжне положення за значеннями цього показника. Зауважимо, що саме у ґрунті під лісом та ріллею величини рН суспензій в 0,05 М розчині CaCl_2 вищі, ніж у ґрунті під пасовищем. Для ґрунтів досліджуваних угідь характерна зворотна картина щодо нейтралізувальної та поглинальної здатності в інтервалі від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 8,0. Найвищими її значеннями характерний ґрунт під пасовищем (4,2–10,6 мг-екв./100 г ґрунту в межах профілю). У ґрунті під лісом та ріллею (за винятком верхнього генетичного горизонту) значення цього показника близькі та в 1,5 раза нижчі порівняно з ґрунтом під лісом. Вищі значення нейтралізувальної та поглинальної здатності ґрунту щодо лугу у верхньому горизонті можуть бути зумовлені вищим вмістом у ньому кислих гуматів з їх підвищеною здатністю до обмінної абсорбції катіонів.

Параметри буферності ґрунту за прописом методики [2] необхідно визначати діленням нейтралізувальної та поглинальної здатності ґрунту на величину зрушення рН для інтервалів від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 3,0 (протикислотна буферність) та від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 8,0 (протигосновна буферність). Виходячи з алгоритму розрахунку, буферність виражатиметься мг-екв./100 г ґрунту на одиницю зміни рН.

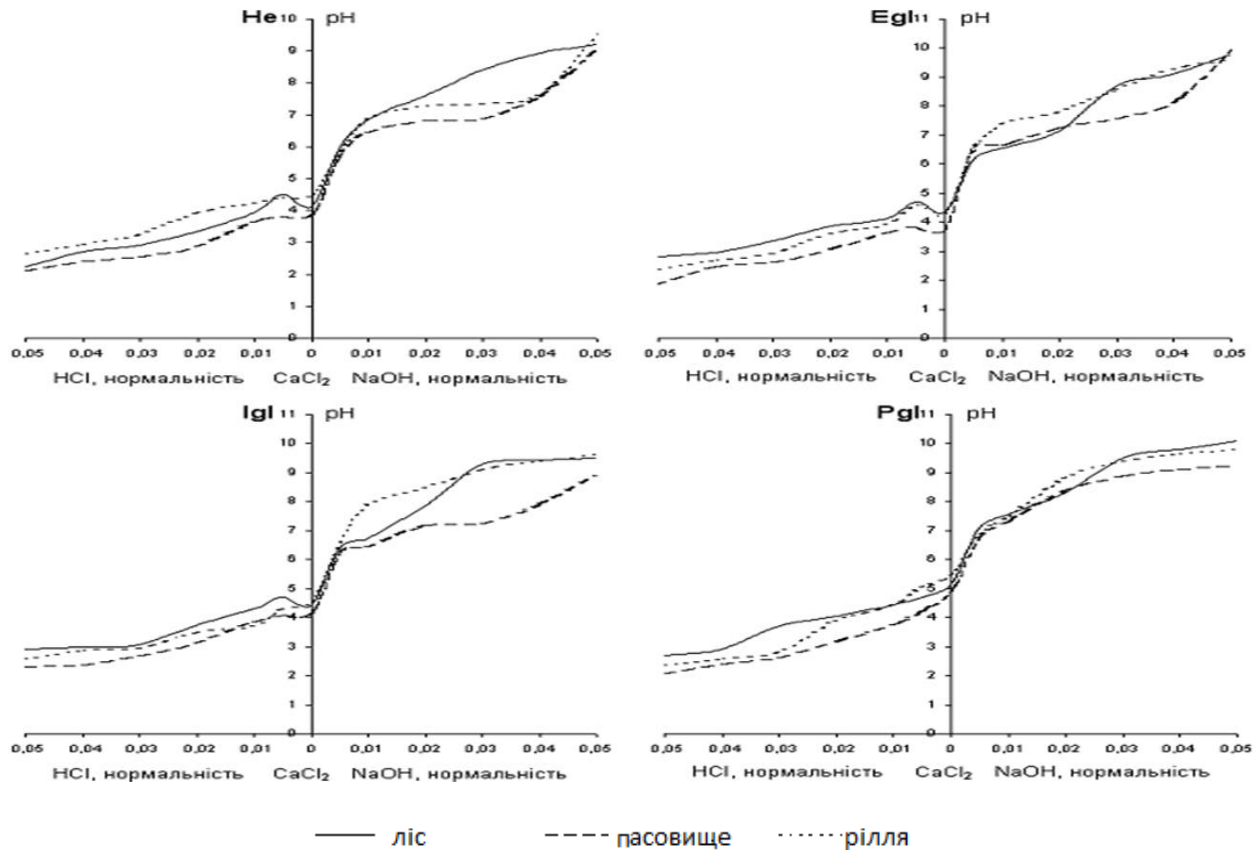


Рис. Буферні криві буроземно-підзолистих ґрунтів

Для зрушення рН ґрунтової суспензії в інтервалі від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 3,0 на одиницю витрачається в межах профілю 4,49–6,49; 2,89–7,09 і 2,79–5,23 мг-екв./100 г ґрунту кислоти для ґрунту під лісом, пасовищем та сінокосом відповідно. Встановлено випадки зниження величини отриманого розрахункового показника буферності в інтервалі від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 3,0 при зростанні нейтралізувальної і поглинальної здатності ґрунту та навпаки. Це притаманне ґрунту під кожним з угідь і стосується переважно нижніх генетичних горизонтів. Саме в нижній частині профілю зростає величина $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ (початкової точки титрування), особливо у ґрунті під ріллею. У верхніх генетичних горизонтах (гумусово-елювіальному та елювіальному) проявляється певна узгодженість щодо зміни даних показників. Це зумовлено близькими значеннями в цих горизонтах величини рН суспензій у 0,05 М розчині CaCl_2 (табл.).

Для показника буферності ґрунту в інтервалі від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 8,0 характерні досить близькі значення в межах профілю для ґрунту під лісом (1,49–1,79) та пасовищем (1,35–2,66 мг-екв./100 г

ґрунту на одиницю зміни рН). Більші коливання спостерігаємо у профілі ґрунту під ріллею. Значення протиосновної буферності порівняно з протикислотою у кілька разів нижчі. Це пов'язано з тим, що ґрунт постійно функціонує в умовах високої кислотності ґрунтового розчину, і знизити величину рН до рівня 3,0 досить важко. Ймовірно, що ґрунт володіє високою буферною ємністю й вищою буферністю проти підлугування саме в інтервалі від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 3,0. Випадки неузгодженості зміни цього показника за зміни величини нейтралізувальної та поглинальної здатності встановлені для ґрунту під пасовищем та ріллею.

Отже, розрахунок рекомендованого у відомій методиці [2] показника буферності ґрунту діленням його нейтралізувальної і поглинальної здатності в інтервалі від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 3,0 та в інтервалі від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 8,0 на градієнт зміни показника актуальної кислотності, тобто мг-екв./100 г ґрунту на dpH , є недоцільним. Отримані незбіги з динамікою нейтралізувальної та поглинальної здатності ґрунту у відповідних інтервалах, на нашу думку, пов'язані саме з методикою розрахунку:

ділити абсолютні значення кислотних чи лужних навантажень на показник зрушення рН від них, оскільки показник рН – це від’ємний десятковий логарифм активності чи концентрації водневих іонів у розчинах. Зрушення цього показника, наприклад, від рН 4 до рН 5, дорівнює одиниці, й таке саме значення «дельти» рН отримуємо за зрушення рН від 6 до 7 одиниць. Проте у другому випадку в абсолютному значенні отримуємо на кілька порядків менше число. Отож, при різних значеннях актуальної кислотності в досліджуваних

ґрунтах, показник буферності, розраховуваний діленням навантаження у мг-екв./100 г ґрунту на величину зрушення рН, не буде об’єктивним. Отже, отримані при такому розрахунку абсолютні показники протикислотної та протиосновної буферності не відображають істинної картини, тож краще використовувати показник нейтралізувальної та поглинальної здатності ґрунту щодо кислот та основ. Зокрема вищі його значення свідчать про вищу буферну здатність ґрунту в цьому інтервалі значень рН та навпаки.

Таблиця

Показники буферних властивостей буроземно-підзолистих ґрунтів під різними угіддями

Гене-тичний гори-зонт	рН _{CaCl₂}	Показ-ник нейт-ралі-зації	Нейтралізувальна здатність, мг-екв./100 г ґрунту		Буферність, мг-екв./100 г ґрунту на одиницю зміни рН		Гradient рН суспензії від уведення			
			в інтервалі від рН _{CaCl₂} до				12,5 мг-екв НСІ	12,5 мг-екв NaOH	1,25 мг-екв НСІ	1,25 мг-екв NaOH
			рН 3,0	рН 8,0	рН 3,0	рН 8,0				
Ліс										
HE	4,16	3,35	7,02	6,20	6,05	1,61	1,90	5,08	0,81	0,73
Egl	4,34	4,80	8,70	6,55	6,49	1,79	1,56	5,41	0,73	0,34
Igl	4,46	3,50	7,55	5,54	5,17	1,56	1,55	5,02	0,94	0,70
Pgl	5,16	1,30	9,70	4,23	4,49	1,49	1,47	4,92	1,11	0,31
Пасовище										
HE	3,88	7,75	4,55	10,6	5,17	2,57	1,78	5,13	0,76	1,16
Egl	3,74	9,75	5,25	9,8	7,09	2,30	1,89	6,11	1,07	1,47
Igl	4,17	4,25	5,45	10,2	4,66	2,66	1,83	5,78	1,05	1,18
Pgl	4,90	1,75	5,50	4,2	2,89	1,35	1,85	4,37	1,12	0,82
Рілля										
HEорн.	4,51	3,25	4,70	10,5	3,11	3,01	1,84	8,02	1,03	0,36
Egl	4,32	2,0	6,90	6,05	5,23	1,64	1,92	5,31	1,01	0,44
Igl	4,50	1,50	7,00	3,02	4,67	0,86	1,95	5,07	1,02	0,51
Pgl	5,52	1,75	7,05	3,50	2,79	1,41	2,16	4,32	1,14	0,33

На основі буферних кривих визначається показник нейтралізації, який у нашому випадку характеризує нейтралізувальну здатність ґрунту щодо луґу. Він показує кількість мг-екв./100 г ґрунту луґу, що забезпечує отримання нейтральної реакції ґрунтової суспензії [6]. Для розрахунку його величини за буферною кривою необхідно з місця її перетину лінії, перпендикулярної

значенню рН 7 на осі ординат, опустити перпендикуляр на вісь абсцис графіка та зняти значення показника в мг-екв./100 г ґрунту. У ґрунті під пасовищем показник нейтралізації високий у гумусово-елювіальному та елювіальному горизонтах. У ґрунті під лісом його значення в цих горизонтах найвищі у профілі, але удвічі нижчі порівняно з ґрунтом під пасовищем. Така

сама закономірність при дещо нижчих абсолютних значеннях притаманна ґрунту під ріллею. Отже, в межах ґрунтового профілю найвищі значення показника нейтралізації припадають на генетичні горизонти з найнижчими значеннями рН суспензій в 0,05 М розчині CaCl_2 .

За буферними кривими можливо визначити також градієнт рН суспензії від уведення максимальних і мінімальних концентрацій кислоти чи луґу [2]. Нижчі значення таких показників свідчать про вищу буферну здатність ґрунту і навпаки. Отримані параметри градієнта рН при уведенні до ґрунтової суспензії 12,5 мг-екв./100 г ґрунту хлорної кислоти добре узгоджуються із значеннями відповідного показника нейтралізувальної і поглинальної здатності ґрунту відносно кислот. З отриманих результатів випливає, що нижчою протикислотою буферністю володіє ґрунт під пасовищем та ріллею. Величини градієнтів рН суспензії від введення розчину луґу максимальної концентрації дають підстави для висновку про близьку буферну здатність ґрунту щодо луґів незалежно від типу угідь. Виявлено деяке зниження буферності у верхньому горизонті ґрунту під ріллею. Значно нижчий градієнт рН ґрунтової суспензії при уведенні кислоти ніж при уведенні луґу можна пояснити високою кислотністю ґрунту. За введення до ґрунтової суспензії луґу нейтралізується велика кількість кислотних компонентів.

Високі відносно початкового рН буферних кривих значення рН ґрунтових суспензій за максимального лужного навантаження свідчать про низьку буферність мінеральної основи досліджуваних ґрунтів. Що нижча буферність, то швидшим змінам за трансформації екологічних умов і кислотно-лужного впливу піддаються фізико-хімічні властивості ґрунту.

Значення градієнта рН суспензії від введення максимальної концентрації NaOH у 2–3 рази вище за градієнт рН суспензії від введення максимальної концентрації HCl . Отже, згідно з параметрами цього показника, ґрунти мають вищу протикислотну буферність. Такий висновок не підтверджено описаними параметрами нейтралізувальної та поглинальної здатності ґрунту, які в інтервалі від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 3,0 та в інтервалі від $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ до рН 8,0 мають близькі значення. Тому, на нашу думку, доцільно розраховувати градієнти рН суспензії від введення мінімальної концентрації кислоти та луґу. Вони характеризують буферність ґрунту в так званих принульових відрізках. Нижчі їхні значення свідчать про вищу буферність, і навпаки.

Зазвичай спостерігаємо менший зсув значень рН від уведення до ґрунтової суспензії мінімальної концентрації луґу ніж кислоти, тобто ґрунти мають вищу протиосновну буферність у «принульових» відрізках. Уведення найменшої концентрації кислоти вже зумовлює досить різке підкислення ґрунту (у деяких випадках більше ніж на одиницю рН) під пасовищем та ріллею. Для ґрунту під пасовищем притаманна досить низька буферність у «принульовому» відрізку лужного інтервалу. Ґрунт під ріллею спроможний ліпше нейтралізувати лужні навантаження, тобто він володіє нижчою буферною здатністю на початку кислотного інтервалу, і зрушити величину кислотно-основної рівноваги у лужний бік важче, ніж у кислотний.

Висновки. Буроземно-підзолистим ґрунтам Передкарпаття під різними угіддями притаманний однаковий характер буферних кривих у кожному з генетичних горизонтів, а також аналогічний характер профільного розподілу показника нейтралізації та $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$. Величини нейтралізувальної здатності ґрунту щодо кислоти залежать від виду угіддя та зменшуються в ряду: ліс – рілля – пасовище, а величини нейтралізувальної здатності ґрунту щодо луґу – в ряду: пасовище – рілля – ліс. Визначення показника буферності ґрунту діленням його нейтралізувальної здатності в мг-екв./100 г на «дельту» рН недоцільне. Значення градієнта рН суспензії від введення мінімальної концентрації кислоти чи луґу відносно початкової точки титрування об'єктивно відображають буферність ґрунту в початкових відрізках кислотного й лужного інтервалів.

Бібліографічний список

1. Гамкало З. Г. Функціональна роль зв'язування йонів кислотоутворювачів твердою фазою ґрунту. *Вісник ХНАУ*. 2003. № 1. С. 96–101.
2. Зайцева Т. Ф. Буферность почв и вопросы диагностики. *Известия СО АН СССР. Серия биология*. 1987. № 14/2. С. 69–80.
3. Кирильчук А. А., Бонішко О. С. Хімія ґрунтів. Основи теорії і практикum: навч. посіб. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 354 с.
4. Моделі системного управління потенціалом родючості ґрунтів (на прикладі Харківської і Волинської областей) / за наук. ред. С. А. Балюка, Р. С. Трускавецького. Харків: Стильна типографія, 2018. 116 с.
5. Надточій П. П., Мислив Т. М., Вольвач Ф. В. Екологія ґрунту: монографія. Житомир: Видавництво «П.П. Рута», 2010. 473 с.
6. Надточій П. П., Трембіцький В. А. Кислотно-основна буферність і проблема вапнування кислих

ґрунтів Полісся: актуальні питання агроєкології. *Вісник ДАУ*. 2003. № 2. С. 3–17.

7. Назаренко И. И. Окультуривание подзолистых оглеенных почв. Москва: Наука, 1981. 183 с.

8. Трускавецький Р. С. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції. Харків: ППВ «Нове слово», 2003. 224 с.

9. Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л., Соколова Н. Ю. Роль буферних механізмів ґрунту в саморегуляції його родючості. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: зб. наук. праць*. Рівне, 2007. Вип. 3 (39). Ч. 1. С. 398–406.

10. Якість ґрунту. Метод визначання кислотно-основної буферності ґрунту: ДСТУ 4456:2005. [Чинний від 2006-10-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 16 с.

11. Zhang S., Wang R., Cai J., Zhang Y., Li H., Huang Sh., Jiang Y. Impact of fertilization practices on pH and the pH buffering capacity of calcareous soil. *Soil Science and Plant Nutrition*. 2016. No 62 (5–6). P. 432–439.

12. Nelson P. N., Su N. Soil pH buffering capacity: a descriptive function and its application to some acidic tropical soils. *Australian Journal of Soil Research*. 2010. No 48. P. 201–207.

Стаття надійшла 29.07.2022

УДК 633.15:631.814

ВПЛИВ АЗОТНИХ ДОБРИВ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ Й ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АЗОТУ

В. Іванюк, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-6885-9212

П. Гнатів, д. б. н.

ORCID ID: 0000-0003-2519-3235

Львівський національний університет природокористування

Ю. Оліфір, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-7920-1854

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.170>

Іванюк В., Гнатів П., Оліфір Ю. Вплив азотних добрив на формування врожаю зерна кукурудзи й ефективність використання азоту

Потенціал врожайності сучасних гібридів кукурудзи значно зріс. Важливо проаналізувати ймовірні оптимальні норми удобрення кукурудзи у зоні Малою Полісся на дерново-карбонатних ґрунтах для реалізації біотичного потенціалу культури. Метою нашого дослідження було з'ясування агрономічної та економічної доцільності збільшення норми азотного удобрення зернової кукурудзи гібрида компанії *Pioneer P9071 (Maxim XL)* для отримання максимального врожаю. Методи дослідження польові і лабораторні.

Географічні координати розміщення дослідної ділянки: 49°95'31" пн.ш. 24°84'83" сх.д. Повторність варіантів п'ятиразова. Розміщення варіантів рендомізоване. Площа облікової ділянки становила 15 м², посівна – 35 м². Агротехніка вирощування кукурудзи була традиційною із застосуванням полицевого обробітку. Норма висіву гібрида – 78 тис/га. Попередник – пшениця озима.

Математично-статистичну обробку отриманих результатів досліджень та врожайних даних здійснювали з використанням програм *Microsoft Excel* і *Statistica 12.0*. Дані в таблицях та графіку представлені як середнє арифметичне із стандартним відхиленням ($\bar{x} \pm SD$).

Збільшення норм внесення азотних добрив під зернову кукурудзу від N₉₀ до N₁₂₅₋₁₅₀ поліпшує біометричні властивості врожаю за такими показниками: маса зерна у початку та маса 1000 зерен. Урожайність зерна кукурудзи сформувалася максимальною при внесенні норми N₁₅₀, проте вона не істотно відрізнялася від дії норми N₁₂₅ і становила 12,99–13,28 т/га, що на 20,8–23,5 % більше, ніж на контролі без внесення азоту. Віддача кожного додаткового кілограма азоту зерном кукурудзи поступово зменшується. Максимальні норми азоту не поліпшували показники вмісту жирів та протеїнів у зерні та зумовлювали вагоме збільшення виходу поживних кормових речовин до найбільшого рівня – 0,44 т/га жирів та 1,26–1,29 т/га протеїнів. За результатами вивчення впливу норм азотних добрив на продуктивність зернової кукурудзи рекомендуємо вносити N₁₂₅ з поділом норми на дві дози: N₉₀ під передпосівну культивування та N₃₅ вносити в фазі ВВСН 16–17. Це забезпечить отримання 12,99 т/га зерна високої якості за менших витрат азотних туків.

Ключові слова: кукурудза, добрива, азот, урожайність, якість зерна.

Ivaniuk V., Hnativ P., Olifir Y. Influence of nitrogen fertilizers on formation of corn grain yield and efficiency of nitrogen use

The yield potential of modern maize hybrids has increased significantly. It is important to analyze the probable optimal rates of corn fertilization in the Small Polissya zone on sod-carbonate soils to realize the biotic potential of the crop. The aim of our study was to determine the agronomic and economic feasibility of increasing the nitrogen fertilizer rate of Pioneer P9071 (Maxim XL) hybrid corn for maximum yield. The research methods – field and laboratory.

Geographical coordinates of the research site location: 49 ° 95'31 N 24 ° 84'83 " E. Five repetitions of the variants were used. Placement of the variants is randomized. The total area of the plot is 35 m², accounting area – 15 m². Corn cultivation techniques – traditional with the use of shelf cultivation. The planting rates of the hybrid was 78 000 seeds per hectare. Predecessor – winter wheat.

Mathematical and statistical processing of the obtained research results and yield data was carried out using Microsoft Excel and Statistica 12.0. Data in the tables and graphs are presented as arithmetic mean with the standard deviation ($\bar{x} \pm SD$).

Increasing the application of nitrogen fertilizers for corn from N₉₀ to N₁₂₅₋₁₅₀ improved biometric properties of the crop in such indicators as the weight of grain in the cob and the weight of 1000 grains. Maize grain yield was formed maximum when the N₁₅₀ norm was applied, but it did not differ significantly from the N₁₂₅ norm and amounted to 12.99–13.28 t/ha, which was 20.8–23.5 % more than in the control without nitrogen application. The yield of each additional

kilogram of nitrogen in corn grain gradually reduced. Maximum nitrogen levels did not improve the content of fats and proteins in grain, but due to the increase in its collection led to a significant increase in nutrient yield to the highest level – 0.44 t/ha of fats and 1.26–1.29 t/ha of protein. According to the results of studying the effect of nitrogen fertilizer rates on the productivity of corn, the authors of the research recommend applying N_{125} with the division of the rate into two doses: N_{90} for pre-sowing cultivation and N_{35} – in the phase BBCH 16–17. This ensured the production of 12.99 t/ha of high quality grain at lower nitrogen fertilizer costs.

Key words: corn, fertilizers, nitrogen, yield, grain quality.

Постановка проблеми. Потенціал урожайності багатьох сучасних гібридів кукурудзи перевищує 18 т/га. Світового рекорду продуктивності досягнув Девід Гулау 2019 року – 39 т/га [20]. Тоді він перевершив свій же рекорд 2017 року – 33 т/га (у перерахунку на вологість 14 %). Проте реалізація цього потенціалу потребує гармонії біотичних властивостей гібрида з умовами вирощування.

Важливо проаналізувати середню врожайність гібрида в конкретному регіоні, інтенсивність початкового росту, реакцію на ресурси поживних речовин, його посухостійкість, придатність для різних строків сівби, до способів передпосівного обробітку ґрунту, стійкість до шкодочинних організмів, тривалості дозрівання і швидкості віддачі вологі.

На продуктивності кукурудзи неабияк позначаються погодні умови [7] – 27 % впливу, а також азот – 26 %. Згідно з цим дослідженням, у сприятливі за погодними умовами роки фактори погоди і азотного живлення об'єднуються, забезпечуючи понад 50 % загального врожаю. Але в посушливі роки погода істотно обмежує позитивну реакцію кукурудзи на використання азоту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

На засвоєння азоту впливають генетичні особливості сортів та гібридів кукурудзи. Інтенсивні гібриди володіють позитивною реакцією на підвищений азотний фонд живлення. Пластичні генотипи кукурудзи формують задовільну продуктивність на низьких фонах азоту та на ґрунтах із низькою родючістю [3].

Для побудови правильної системи азотного живлення кукурудзи важливо розуміти динаміку споживання азоту рослинами. На початкових фазах росту засвоєння азоту незначне – 3–5 % (2 кг/га за добу з 1 га). Після цього інтенсивність надходження зростає і досягає максимуму у фазі викидання волоті. Приблизно 85 % від загальної кількості азоту кукурудзою поглинається від фази 8 листків до фази всихання квіткових стовпчиків на початках [2; 8; 15].

За умови вдосконалення системи удобрення кукурудзи азотом можна досягнути максимальної ефективності використання азоту з добрив, а також мінімізувати навантаження на довкілля [17; 21]. Реутилізація азоту – ключовий фактор підвищення ефективності використання азоту [8]. Ефективність використання азоту залежить від здатності рослин поглинати азот з ґрунту, засвоюючи нітрати амоній та перетворений мікробіотою органічний азот.

Для кукурудзи критичний період потреби в азоті настає у фазі цвітіння [9]. Норму внесення мінерального азоту розраховують на запланований урожай і орієнтовно для родючих ґрунтів він становить N_{15} , а для бідних – N_{20} на 1 т зерна.

Дослідження попередніх років свідчать [4], що для застарілих тепер гібридів кукурудзи на формування 1 тонни зерна потрібно вносити азотні добрива з розрахунку 15–18 кг/га д.р. на родючих ґрунтах та 12–15 кг/га – на бідних. Для кращого засвоєння кожних 10 кг азоту має бути збалансованим 1 кг сірки. Найбільш ефективною формою азоту є амонійна (NH_4) або амонійно-нітратна (NH_4NO_3). Для пролонгованої дії краще використовувати амідну форму (NH_2). Нітратна форма (NO_3) наймобільніша для забезпечення рослин азотом, проте її використання обмежене через швидке вилугування нітратів під впливом опадів за напівпромивного й особливо промивного режиму ґрунту в зоні достатнього зволоження [18].

Загальна кількість поживних речовин, яку засвоюють сучасні гібриди кукурудзи для формування 23,0 т/га загальної біомаси, зокрема 12 т/га зерна, становить 286 кг N, 114 кг P_2O_5 , 202 кг K_2O , 59 кг Mg, 26 кг S, 1,4 кг Fe, 0,5 кг Mn, 0,5 кг Zn, 0,1 кг Cu і 0,08 кг B [8]. Пік використання елементів живлення припадає на фазу V10–V14 (10–14 повністю розвинених листків). Зокрема для утворення 439 кг/га сухої речовини за добу з одного гектара рослини поглинають N 8,9 кг, P_2O_5 2,4 кг, K_2O 5,8 кг, Mg 2,2 кг, S 0,7 кг, Zn 14,2 г, Mn 18,0 г, B 3,3 г, Fe 95,3 г і Cu 3,0 г [1]. Максимальне поглинання P, S, Zn і Cu переважно проходить після цвітіння.

За недостатнього азотного живлення затримуються ріст і розвиток рослин, унаслідок чого знижується їхня продуктивність. Брак азоту насамперед впливає на зміну забарвлення листків. Спочатку знебарвлюються нижні листки: колір змінюється від інтенсивно-зеленого до світло-зеленого, починаючи від верхівки до країв. Поступово листя жовкне, набуває оранжевого і червонуватого відтінків. На молодих рослинах ознаки азотного голодування легко розпізнати, на відміну від пізніх фаз розвитку рослин, оскільки на забезпеченість їх азотом впливають хвороби, агрометеорологічні умови та інші фактори, які ускладнюють візуальну діагностику [5].

Як зазначали А. В. Опкен та інші [18], на ефективність використання азоту з добрив істотно впливають норма внесення, вміст $N+NO_3$ у ґрунті й урожайність зерна кукурудзи. Даних вмісту азоту з глибини ґрунту 0–15 см достатньо для отримання високої кореляційної залежності між залишковою кількістю $N+NO_3$ та урожайністю кукурудзи. Для підвищення коефіцієнта використання азоту з добрив рівень внесення азоту має забезпечувати заплановану урожайність з найменшою залишковою кількістю у ґрунті, для запобігання його непродуктивних втрат.

Форма добрив також має істотний вплив на ефективність засвоєння азоту. Вихід зерна кукурудзи на одиницю внесеного азоту був найвищий для карбамідо-аміачної суміші, аміачної селітри порівняно з карбамідом [14]. А згідно з рекомендаціями [2] найвищу ефективність спостерігали за внесення карбаміду під передпосівну культивування. Адже аміачна форма не вимивається з ґрунту, а після трансформації стає доступною для рослин кукурудзи. Амідна форма азоту має пролонговану дію і використовується у пізніші фази росту.

Результати вивчення впливу термінів застосування азотних добрив під кукурудзу показують, що немає однозначної відповіді стосовно переваги певного терміну внесення. Зокрема в Айові та Вісконсині (США) передпосівне застосування на більшості ділянок було рівним або кращим, ніж роздільне внесення [10]. А у штаті Міннесота (США) урожайність кукурудзи за роздільного застосування була вищою порівняно з передпосівним внесенням.

За достатньої кількості опадів роздільне застосування (передпосівне+післяпосівне) було ефективнішим, на відміну від менш зволоженого року [19]. Дослідженнями встановлено, що внесення N_{60} під передпосівну культивування сприяє

зростанню урожайності на 70 %, N_{90} – 88 %, а за внесення N_{120} урожайність зерна зростає удвічі.

У стратегії споживання азоту кукурудзою згідно з науковими дослідженнями є два шляхи забезпечення зернівки азотом: постійне поглинання його ґрунтом та переміщення з вегетаційних органів. На момент цвітіння кукурудза споживає $\frac{2}{3}$ загальної потреби, а решта засвоюється під час наливу зерна [1]. Реутилізація (ремобілізація) азоту має важливе значення для формування врожайності та якості кукурудзи. До 50–90 % азоту в зерні становить азот, який надходить з вегетативних органів рослин [11]. Найінтенсивніше реутилізація азоту в кукурудзі проходить при дозріванні зерна.

Реутилізація залежить від умов довкілля і доступності нітратів у ґрунті. Дослідження показують [6; 12], що вміст азоту в насінні корелює зі старінням прапорцевого листка у зернових культурах, а старіння листя істотно впливає на врожайність зерна. Подовження фотосинтезу рослиною сприяє збільшенню надходження вуглеводів. Проте відтермінування старіння може призвести до зниження ефективності реутилізації азоту і зниження вмісту білка в зерні [16].

Сучасні гібриди поглинають після цвітіння більше азоту порівняно з раніше поширеними гібридами. Згідно з даними J. W. Haegele та ін. [13] нові гібриди після цвітіння споживають на 38 % більше азоту порівняно з гібридами 70-х років ХХ століття. Кількість поглиненого азоту кукурудзою після цвітіння частково залежала від норми його внесення. У разі застосування N_{67} споживалось 20 % від загальної кількості використаного азоту, N_{252} – 29 %, а якщо азотних добрив не вносили – 33 %. На формування насіння кукурудзи 62 % використовують азоту з ґрунту, а 38 % – це реутилізований азот.

Постановка завдання. Наше завдання – з'ясування доцільності збільшення норми азотного удобрення зернової кукурудзи на дерново-карбонатному ґрунті для реалізації генетичного потенціалу гібрида компанії *Pioneer P9071 (Maxim XL)* з ФАО 280. Вплив азоту на продуктивність кукурудзи досліджували у Радивилівському агроґрунтовому районі ґрунтово-біокліматичної області Малого Полісся. Ґрунт – дерново-карбонатний піщанисто-легкосуглинковий на елювії мергелів. Географічні координати розміщення дослідної ділянки: 49°95'31" пн.ш. 24°84'83" сх.д. Повторність варіантів п'ятиразова. Розміщення варіантів рендомізоване. Площа облікової ділянки становила 15 м², посівна – 35 м².

У шарі ґрунту 0–20 см вміст гумусу за Тюріним становить 4,46 %, гідролітична кислотність 0,53 ммоль-екв. на 100 г ґрунту, рН_{KCl} – 6,62, вміст рухомого фосфору й обмінного калію підвищений – 116 і 163 мг/кг відповідно, легкогідролізованого азоту низький (103 мг/кг ґрунту), кальцію і магнію: відповідно 13,8 і 1,72 ммоль-екв. на 100 г ґрунту. Якісні показники зерна визначали на приладі Спектран-119М.

Агротехніка вирощування кукурудзи традиційна, із застосуванням полицевого обробітку. Норма висіву гібрида – 78 тис/га. Попередник – пшениця озима. Азотні добрива вносили під передпосівну культивуацію (карбамід) та у підживлення (аміачна селітра) у фазі 6–7 листків кукурудзи відповідно до схеми дослідження. При посіві вносили P₄₀K₄₀.

Математично-статистичну обробку отриманих результатів досліджень та врожайних даних здійснювали з використанням програм *Microsoft*

Excel і *Statistica* 12.0. Дані в таблицях та графіку представлені як середнє арифметичне із стандартним відхиленням ($\bar{x} \pm SD$).

Виклад основного матеріалу. Традиційні біометричні показники врожаю кукурудзи свідчать, що збільшення норми азотного удобрення до N₁₂₅ і вище сприяє росту й розвитку кукурудзяного початку до довжини 18,5 см (рис. 1). Маса зерна в одному початку продовжувала збільшуватися за підвищення дози азоту в передпосівну культивуацію від N₉₀ до N₁₂₅ від 188,8 до 193,0 г, що на 30,3 г більше, ніж без внесення добрив (табл. 1).

Максимальна норма внесення азоту також сприяла формуванню найвищої маси 1000 зерен – 399,4 г, що на 84 г більше від неудобреного контролю. Проте на збільшення частки зерна у масі початка азотні добрива істотно не впливали – вона змінювалась в інтервалі 85,6–87,3 %.



Рис. 1. Вплив азотних добрив на морфологічні параметри початку кукурудзи (1, 2, 3, 4 – варіанти досліду).

Таблиця 1

Варіювання біометричних показників кукурудзи залежно від норми азоту ($\bar{x} \pm SD$, $n = 100$)

№	Норма внесення азоту	Період внесення	Довжина початка, см	Маса зерна з 1 початка, г	Маса тисячі зерен (M ₁₀₀₀), г	Вихід зерна, %
1	N ₀	без внесення азоту	16,9±0,51	163,3±7,79	315,4±26,78	87,3±0,32
2	N ₃₅	ВВСН 16-17	17,9±0,19	172,3±4,92	350,2±9,30	85,6±0,66
3	N ₉₀	передпосівна культивуація	18,3±0,21	183,1±6,33	387,0±6,78	86,3±0,31
4	N ₁₂₅ (N ₉₀ +N ₃₅)	передпосівна культивуація +ВВСН 16-17	18,5±0,25	188,8±4,01	395,1±6,56	86,3±0,34
5	N ₁₅₀ (N ₁₂₅ +N ₃₅)	передпосівна культивуація +ВВСН 16-17	18,5±0,27	193,0±3,00	399,4±5,45	86,3±0,29

Таблиця 2

Вплив норми азотних добрив на врожайність зерна кукурудзи

№	Норма внесення азоту	Період внесення	Урожайність, т/га ($\bar{x} \pm SD$; $n = 9$)	Приріст урожаю, %
1	N_0	без внесення азоту	10,75±0,297 ^d	–
2	N_{35}	ВВСН 16-17	11,48±0,146 ^c	6,8
3	N_{90}	передпосівна культивация	12,46±0,269 ^b	15,9
4	N_{125} ($N_{90} + N_{35}$)	передпосівна культивация +ВВСН 16-17	12,99±0,257 ^a	20,8
5	N_{150} ($N_{125} + N_{35}$)	передпосівна культивация +ВВСН 16-17	13,28±0,097 ^a	23,5

Примітка: значення, позначені однією літерою в одному рядку таблиці, суттєво не відрізняються один від одного за результатами порівняння за допомогою *Tukey test* ($P < 0,05$).

Таблиця 3

Якісні показники зерна кукурудзи залежно від рівня азотного живлення ($\bar{x} \pm SD$)

№	Норма внесення азоту	Період внесення	Протеїни, на абс. суху масу, %	Жири, на абс. суху масу, %
1	N_0	без внесення азоту	12,03±0,28	4,00±0,34
2	N_{35}	ВВСН 16-17	11,00±0,67	3,90±0,19
3	N_{90}	передпосівна культивация	11,15±0,57	3,92±0,43
4	N_{125} ($N_{90} + N_{35}$)	передпосівна культивация +ВВСН 16-17	11,18±0,62	3,92±0,47
5	N_{150} ($N_{125} + N_{35}$)	передпосівна культивация +ВВСН 16-17	11,18±0,55	3,95±0,36

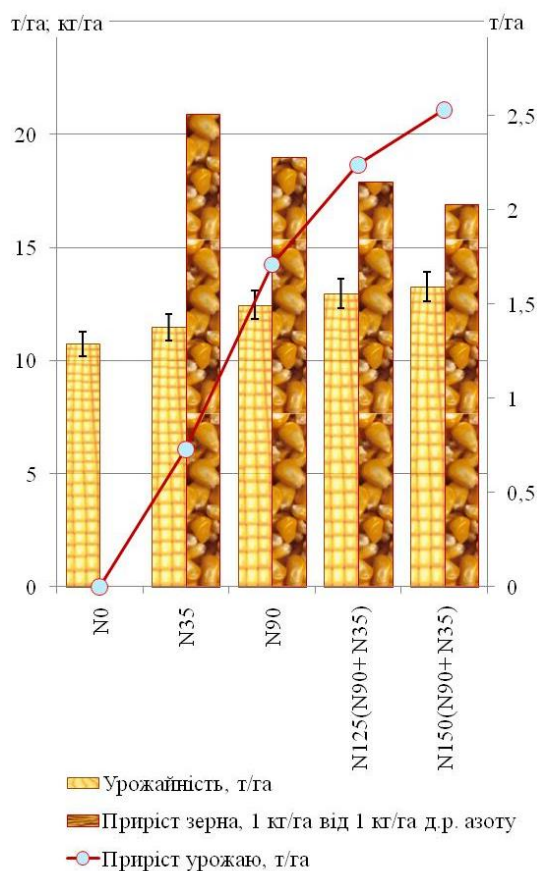


Рис. 2. Приріст урожаю зерна на одиницю внесеного азоту, кг

Дисперсійний аналіз показників урожаю кукурудзи показав, що збільшення норми азотного удобрення до рівня N_{125} та N_{150} достовірно підвищувало збір зерна, оскільки найменша істотна різниця виявлена між усіма варіантами внесення азоту, за винятком найбільших норм. Між нормами N_{125} та N_{150} різниця виявилася не істотною, але тенденція до росту зберігалася.

Внесення високих норм азоту забезпечувало збільшення збору зерна на 20,8–23,5 % порівняно з неудобреним фоном.

Ефективність азотних добрив добре ілюструють питомі витрати туків на одиницю урожаю зерна. Так, за систематичного збільшення загального збору зерна і стрімкого приросту урожаю, вихід зерна від кожного наступного шабля збільшення норми азоту поступово зменшується (рис. 2). Це означає, що віддача додаткових добрив знижується.

Критерієм ефективного застосування добрив є отримання якісного урожаю. Висока природна родючість ґрунту та сприятливі агрометеорологічні умови у варіанті без удобрення сприяли формуванню зерна найвищих кормових якостей за показниками вмісту протеїнів та жирів (табл. 3). Високі норми азоту забезпечували найбільше наближення цих показників до контрольних.

Розрахунок збору найцінніших поживних компонентів у зерні показав, що найвищі норми

азоту – N₁₂₅ та N₁₅₀ – сприяли отриманню найбільших зборів протеїнів та жирів, але мало відрізнялися у своїй позитивній дії (рис. 3). З

одного гектара було зібрано 0,44 т жирів та 1,26–1,29 т протеїнів, за вмістом яких саме таке зерно вважається найякіснішим.

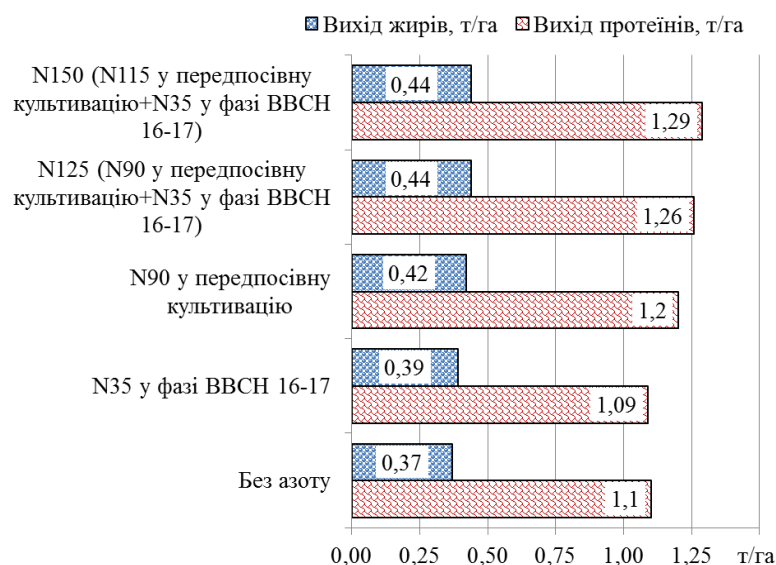


Рис. 3. Вплив норм внесення азоту на збір поживних кормових компонентів у зерні кукурудзи, т/га

Висновки. Збільшення норм внесення азотних добрив під зернову кукурудзу від N₉₀ до N₁₂₅₋₁₅₀ поліпшує біометричні властивості основного врожаю за такими показниками, як маса зерна у початку та маса 1000 зерен.

Урожайність зерна кукурудзи формується максимальною за внесення норми N₁₅₀, проте вона не істотно відрізняється від дії норми N₁₂₅ і становить 12,99–13,28 т/га, що на 20,8–23,5 % більше, ніж на контролі без азоту. Віддача кожного додаткового кілограма азоту зерном кукурудзи поступово зменшується.

Максимальні норми азоту не поліпшують показники вмісту жирів та протеїнів у зерні, проте завдяки підвищенню його збору зумовлюють вагоме збільшення виходу поживних кормових речовин до найбільшого рівня – 0,44 т/га жирів та 1,26–1,29 т/га протеїнів.

За результатами вивчення впливу норм азотних добрив на продуктивність зернової кукурудзи рекомендуємо вносити N₁₂₅ з поділом норми на дві дози: N₉₀ під передпосівну культивувацію та N₃₅ у фазі ВВСН 16-17.

Бібліографічний список

1. Андрущенко В., Дебруїн Д., Бутзен С. Споживання азоту кукурудзою. *Агроном*. 2019. № 1. С. 132–138. URL: <https://www.agronom.com.ua/spozhy-vannya-azotu-kukurudzoju> (дата звернення: 22.04.2022).

2. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Фізіологічна роль елементів живлення та системи удобрення польових культур: 3-тє вид., переробл. Львів: Українські технології, 2021. 284 с.

3. Логінова І. Секрети кукурудзяного успіху. *Агроіндустрія*. 2019. № 7. С. 22–32. URL: <https://infoindustria.com.ua/sekreti-kukurudzyanogo-usipihu/> (дата звернення: 22.04.2022).

4. Циков В. С., Матюха Л. А. Интенсивная технология возделывания кукурузы. Москва: Агропромиздат, 1989. 247 с.

5. Adotey N., McClure A., Raper T. Visual Symptoms: A Handy Tool in Identifying Nutrient Deficiency in Row Crops. 27 JUL 2020. URL: <https://news.utcrops.com/2020/07/visual-symptoms-a-handy-tool-in-identifying-nutrient-deficiency-in-row-crops> (Accessed 22 April 2022).

6. Banziger M., Betran F. J., Lafitte H. R. Efficiency of high nitrogen environment for improving maize for low nitrogen environment. *Crop Sci*. 1997. Vol. 37. P. 1103–1109.

7. Below F. The Seven Wonders of the Corn Yield World. 2018. URL: http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/research/seven_wonders.html (Accessed 22 April 2022).

8. Bender R. R., Haegerle J. W., Ruffo M. L., Below F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. *Agron J*. 2013. 105. P. 161–170.

9. Biswas D. K., Ma B. L. Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology, yield, grain quality, and nitrogen use efficiency in corn. *Can J Plant Sci*. 2016. Vol. 403. P. 392–403.

10. Bundy L. G. Side dressing nitrogen: useful on all soils? Proc. of the 2006 Wisconsin Fertilizer, Agrilime&Pest Management Conference. 2006. Vol. 45. P. 39–43. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.612.501&rep=rep1&type=pdf> (Accessed 22 April 2022).
11. Coque M., Gallais A. Genetic Variation for Nitrogen Remobilization and Postsilking Nitrogen Uptake in Maize Recombinant Inbred Lines: Heritabilities and Correlations among Traits. *CropScience*. 2007. Vol. 47. P. 1787–1796.
12. Gallais A., Coque M., Quillere I., Prioul J. L., Hirel B. Modelling postsilking nitrogen fluxes in maize (*Zea mays*) using N-15-labelling field experiments. *New Phytol.* 2006. Vol. 172. P. 696–707.
13. Haegele J. W., Cook K. A., Nichols D. M., Below F. E. Changes in nitrogen use traits associated with genetic improvement for grain yield of maize hybrids released in different decades. *Crop Sci.* 2013. Vol. 53. P. 1256–1268.
14. Halvorson A. D., Grosso S.J.D., Alluvione F. Nitrogen Source Effects on Nitrous Oxide Emissions from Irrigated No-Till Corn. *Journal of Environmental Quality*. 2010. Vol. 39. P. 1554–1562.
15. Marchezan C., Paulo A., Ferreira A., Leandro S., et. al. Nitrogen Availability and Physiological Response of Corn After 12 Years with Organic and Mineral Fertilization. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2020. Vol. 20 (3). P. 979–989.
16. Masclaux-Daubresse C., Daniel-Vedele F., Dec-horgnat J., Chardon F., Gaufichon L., Suzuki A. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. *Ann Bot.* 2010 Jun/ Vol. 105 (7). P. 1141–1157.
17. Omonode R. A., Halvorson A. D., Gagnon B., Vyn T. J. Achieving Lower Nitrogen Balance and Higher Nitrogen Recovery Efficiency Reduces Nitrous Oxide Emissions in North America's Maize Cropping Systems. *Front Plant Sci.* 2017. Vol. 8. P. 1080.
18. Onken A. B., Matheson R. L., Nesmith D. M. Fertilizer nitrogen and residual nitrate-nitrogen effects on irrigated corn yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1985. Vol. 49. P. 134–139.
19. Randall G., Schmitt M. Strategies for split N applications in 2004. *Proceedings Wisconsin Fertilizer, Agrilime and Pest Management Conference*. 2004. Vol. 43. P. 60–67. URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.561.4211&rep=rep1&type=pdf> (Accessed 22 April 2022).
20. Records Broken in 2019 NCGA Corn Yield Contest. 2019. URL: <https://www.ncga.com/stay-informed/media/in-the-news/article/2019/12/records-broken-in-2019-ncga-corn-yield-contest> (Accessed 22 April 2022).
21. Stasiv O., Olifir Y. Formation of Corn Productivity in Crop Rotation Depending on Long-Term Fertilization and Liming. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech.* 2021. Vol. 358 (57) 1. P. 29–40.

Стаття надійшла 25.04.2022

ВПЛИВ ПРИРОДИ ЕКСТРАГЕНТА НА ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ У ҐРУНТІ**О. Гавриленко, к. вет. н.**

ORCID ID: 0000-0003-2837-6950

Н. Сонько

ORCID ID: 0000-0003-4521-5024

О. Заславський, д. хім. н.

ORCID ID: 0000-0001-8545-5554

С. Станіславів

ORCID ID: 0000-0003-2726-3671

Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.177>**Гавриленко О., Сонько Н., Заславський О., Станіславів С. Вплив природи екстрагента на визначення вмісту елементів живлення у ґрунті**

Для забезпечення якісного оцінювання ґрунтових ресурсів з метою їх ефективного використання необхідне удосконалення вітчизняних, а також апробація та імплементація світових методик аналізу вмісту елементів живлення. Проведено комплексний аналіз ґрунту, що дозволяє змоделювати процеси, які в ньому відбуваються при вирощуванні сільськогосподарської продукції, та оптимізовано кількість добрив, необхідних для отримання стабільного врожаю.

Досліджено вплив типу екстрагента, в рамках прийнятих методик оцінки якості ґрунту, на числові розбіжності визначених кількостей елементів живлення у ґрунті. У ході аналізу доступних для живлення рослин форм елементів живлення ґрунту використано загальноприйняті фізико-хімічні лабораторні методи, зокрема: рН-метрію, спектрофотометричний, атомно-абсорбційний, полуменеву фотометрію та статистичну обробку експериментальних даних.

Встановлено вміст макро- та мікроелементів семи зразків 123 агрогруп лужно-черноземних слабосолонцюватих ґрунтів, відібраних у Бориспільському районі Київської області. Застосовано різні екстрагенти для оцінки ефективності вилучення макро- та мікроелементів з ґрунту. Аналіз отриманих даних свідчить про потребу в подальших наукових дослідженнях для впровадження у практику репрезентативної універсальної шкали градації фактичного вмісту доступних форм поживних елементів.

Доведено, що стандартизовані методики, які використовують в агрохімічній паспортизації угідь в Україні, дають змогу отримати числові значення кількості елементів у ґрунтах, достатні для оцінки їхньої якості. Утім аналіз деяких мікроелементів у край ускладнений через катастрофічне збіднення ґрунтів на них. Встановлення їхніх концентрацій потребує застосування ефективніших екстрагентів і створення досконалих шкал градації показників.

Ключові слова: агрохімічна паспортизація, рухомий фосфор, обмінний калій, мікроелементи, рН-метрія, екстракція, кореляція.

Havrylenko O., Sonko N., Zaslavskiy O., Stanislaviv S. The influence of the extractant nature on determination of the nutrient content in soil

To provide qualitative assessment of soil resources for their effective utilization it is necessary to harmonize domestic and world methods for analysis of the content of living elements. Carrying out a comprehensive analysis of the soil allows to simulate the processes occurring in it during cultivation of agricultural products and to optimize the amount of fertilizers needed to obtain stable yields.

The method used in the research suggested studying the influence of the type of extractant, within the framework of the accepted methods of assessing the quality of validity, on the basis of which the quantities of nutrients in the validity were found. The analysis of the exchange forms of living organisms in the nutrient compounds was carried out using common physical and chemical laboratory methods, namely: pH-metry, spectrophotometry, atomic absorption, semi-wave photometry, and statistical processing of experimental data.

We determined the content of macro- and microelements in 7 samples of 123 agrogroups of alkaline black low saline soil, selected in Boryspil district of Kyiv region. The investigation was carried out with the use of different extractants to estimate the efficiency of macro- and microelements extraction from the soil. Analysis of the obtained data confirms the need to conduct the further scientific research in order to create a universal gradation scale.

On the basis of the analysis of the obtained data the authors can assert that the methods which are used for agrochemical certification of Ukraine make it possible to receive numerical values of the quantity of elements in the soil which are enough for the assessment of its quality.

At the same time, the analysis of some microelements is extremely complicated, due to the catastrophic accumulation of soil on them. Determination of their concentrations requires the use of more efficient extractants and creation of unrefined gradation scales.

Key words: agrochemical certification, mobile phosphorus, exchangeable potassium, micro elements, pH-metry, extraction, correlation.

Постановка проблеми. Пошук оптимальних методів визначення стану ґрунтів, передусім рівнів доступних для рослин елементів, належить до складних питань з фундаментальним та прикладним значенням.

Відкриття ринку землі в Україні потребує певної гармонізації підходів до оцінки якості (родючості) земельних ділянок і вимагає розробки загальносприятливої системи аналізу ґрунтів.

Встановлювати вміст елементів живлення у ґрунті можна за різними методиками, що цілком очікувано призводить до отримання різних числових значень концентрації таких елементів. Таке розмаїття методів ускладнює узагальнення та порівняння отриманих результатів. Для зіставлення одержаних за різними методиками результатів створюють шкали градації або розробляють бальну систему порівняльної оцінки [4, с. 1–7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Практично всі сучасні методики визначення вмісту елементів ґрунтуються на однаковій кількісній оцінці інтенсивності аналітичного сигналу. Різниця полягає в застосуванні того чи іншого екстрагента, мета якого, з одного боку, вилучення в розчин максимальної кількості елемента, а з іншого – відтворення умови кореневого живлення рослин.

Із фізико-хімічної позиції зрозуміло: що сильніша кислота або розчин, який містять іони з більшими зарядом і розмірами, використати як екстрагенти, то більша кількість елементів перейде в них із ґрунтового вбирного комплексу (ГВК) або малорозчинних сполук ґрунту. Що більша концентрація елемента в розчині, то легше й точніше можна зафіксувати аналітичний сигнал. Але застосування сильних екстрагентів ніяк не моделює дифузійно-іонообмінний механізм кореневого живлення рослин, які максимально можуть виділяти у ґрунт доволі слабкі вугільну та інші органічні кислоти [2, с. 22–29].

Останнім часом широко застосовують метод використання комплексонів етилендіамінтетраоцтової кислоти (ЕДТА) та діетилентріамінпентаоцтової кислоти (ДТПА) для визначення вмісту елементів живлення у ґрунті. Беззаперечно, що екстрагувальна здатність таких розчинів дуже висока, що дає змогу наблизитися до встановлення валового вмісту елементів у ґрунті.

Історично, а також з хімічної точки зору, у ґрунті визначають три типи вмісту елементів: загальний (валовий), обмінний і водорозчинний. Загальний вміст елементів – це найбільш стала і чітко визначена характеристика ґрунту. Але його встановлення потребує використання доволі специфічного обладнання (рентгеноспектральні аналізатори), а числові характеристики важко прив'язати до потреб рослин в елементах живлення. Аналіз водорозчинних форм елементів дає характеристику їхнього вмісту у ґрунті в поточний момент часу і не враховує динаміку дифузійних та іонообмінних процесів [5, с. 27–31; 10, с. 148–167].

Найбільш об'єктивна характеристика – обмінні форми елементів, методика оцінки якості ґрунту за вмістом яких спирається на дифузійно-іонообмінну природу кореневого живлення рослин.

Один із визначальних показників агрохімічної характеристики будь-якого ґрунту – значення його рН. Є декілька видів кислотності: актуальна (водна), обмінна (сольова) і гідролітична. Кислотність вимірюють за різними методиками, які в більшості моментів подібні одна до одної, але все ж мають деякі відмінності. Зазвичай різниця полягає у співвідношенні ґрунту до об'єму екстрагента. Тож показники для одного й того самого зразка можуть відрізнятися.

За показником рН обирають метод визначення рухомих сполук фосфору і калію, встановленню вмісту яких у ґрунті присвячена, напевно, найбільша кількість досліджень.

Точне визначення показників рухомих сполук фосфору у ґрунті дає змогу ефективніше використовувати природні ресурси та прогнозувати ефективність внесення фосфорних добрив. На сьогодні методи аналізів, які ґрунтуються на застосуванні чистих розчинів мінеральних або органічних кислот, ніде у світі, крім України та кількох країн СНД, не використовують [12, с. 88–95; 7, с. 7–22; 1, с. 58].

В Україні на ґрунтах із кислою реакцією ґрунтового розчину (рН<5,5) використовують метод Кірсанова, із нейтральною (5,5–7) – метод Чирикова, карбонатних – Мачигіна (ДСТУ 4114:2002, 2002; ДСТУ 4115:2002, 2002). У національних стандартах для кожної методики вказано

конкретні типи ґрунтів у різних зонах, проте не завжди реально визначити тип за зовнішніми ознаками лише верхнього горизонту.

Сучасними методами визначення фосфору у світовій практиці є методи Брея, Мехліка I, Мехліка III, Моргана, Олсена, Егнера та ін. Їх можна застосовувати на ґрунтах із різними фізичними та хімічними властивостями [15, с. 115–142]. Їхня відмінність від наших стандартизованих методик полягає у використанні більш універсального екстрагента (або суміші екстрагентів), який вилучає рухомі сполуки у ширшому діапазоні рН ґрунту. Метод Брея і Курца можна застосовувати від кислого і до лужного ступеня кислотності (за іноземними джерелами до $\text{pH} < 7,2$). Екстрагентом у цій методиці слугує суміш хлорводневої кислоти та фториду амонію [3, с. 39–45]. Метод Олсена рекомендовано застосовувати для карбонатних ґрунтів з вилученням сполук фосфору і калію розчином бікарбонату натрію [8, с. 102].

У методиці Мехліка III застосовують складний екстрагент із суміші оцтової та азотної кислот, нітрату амонію, фториду амонію та ЕДТА.

Методи Брея, Моргана і Олсена використовують тільки для вилучення фосфору. А такі методи, як Мехліка I, Мехліка III, Егнера, є мультиелементними, їх використовують для екстракції не лише макро- (P, K, Ca, Mg), а й мікроелементів (Cu, Fe, Zn, Mn).

Числові значення вмісту фосфору або калію в одному ґрунті за різними методиками будуть відрізнятися між собою.

Для вилучення міді, манганцю, заліза американські лабораторії послуговуються ще складнішим екстрагентом, який складається з розчину ДТПА, молекулу якої можна розглядати як розширену версію ЕДТА, хлориду кальцію та триетаноламіну (ТЕА). Розчин має бути з рН до 7,3 [13, с. 73–78].

Доступність у ґрунті елементів калію, кальцію та магнію, як правило, оцінюють вимірюванням їх водорозчинної та обмінної форм. Кількості калію, кальцію, магнію у ґрунтовому розчині досить малі порівняно з обмінними формами. Але треба розуміти, що обмінні форми кальцію і магнію не цілком доступні для рослини, оскільки вони переходять у розчин тільки за досить низьких значень рН [9].

Бор і сірку зазвичай визначають фотометричними методом, що досить неоднозначно. Це пов'язано зі складністю вибору оптимального екстрагенту, найчастіше – це просто дистильована вода з коагулянтами. Але малий вміст цих

елементів у ґрунті визначає низьку інтенсивність аналітичного сигналу для їх визначення.

Як уже зауважували, в різних країнах світу для визначення вмісту елементів у ґрунті застосовують різні методики, які відрізняються передусім типом екстрагента. Узагальнюючи світовий досвід, можна умовно виокремити три основні підходи до аналізу ґрунтів [11, с. 2330–2380].

Найбільш обґрунтовані з фізико-хімічної позиції – методики, рекомендовані американськими дослідниками, які ґрунтуються на застосуванні сильного комплексоутворювача або солей з іонами із більшими зарядом і радіусом. Вони забезпечують максимальне вилучення елементів живлення і, отже, найбільшу інтенсивність аналітичного сигналу [14, с. 33; 6].

Постановка завдання. Мета глобальної мережі ґрунтових лабораторій *GLOSOLAN*, до складу якої входить Лабораторія досліджень хіміко-біологічних чинників Укр НДІ «Ресурс» (Атестат акредитації НААН № 20923), – уніфікувати, гармонізувати й оптимізувати методи, вимірювання показників при дослідженні ґрунтів задля однозначного порівняльного аналізу їхньої якості. Роботи проводяться в різних напрямках, одним з яких є саме вибір оптимальних екстрагентів.

Виклад основного матеріалу. Об'єктами дослідження слугували сім зразків ґрунту, відібраних із площі 2 га однієї ґрунтової відміни із земельної ділянки у Київській області (п'ять по поверхні і два – у глибину з шарів по 20 см).

Дослідження проводили за методиками агрохімічної паспортизації України та методиками, запропонованими потенційними європейськими інвесторами, які передбачали екстракцію водою, водою, збагаченою вуглекислим газом, розчином ацетату амонію з ЕДТА та розчином хлориду кальцію різної концентрації (*Agroscop*).

Проби ґрунту зважували на аналітичних вагах *AXIS AD-500*, заливали екстрагентом за допомогою диспенсера та струшували на перемішувальному пристрої ЛАБ-ПУ-01. Суспензії фільтрували крізь фільтр «синя стрічка» для отримання прозорого розчину, а рН визначали за допомогою рН-метра 150МИ.

Вміст фосфору та масову концентрацію калію визначали відповідно до ДСТУ 4114-2002. Оптичну густину забарвлених розчинів досліджували на двопробному спектрофотометрі *ULAB S 261 UV*.

Концентрацію мікроелементів: міді, мангану, заліза визначали атомно-абсорбційним спектрофотометром (ААС) *Perkin Elmer Analyst 400*, а калію, кальцію та магнію – з використанням полуменевого мікропроцесорного фотометра CL 387.

Експериментальні дані обробляли за методами статистичного аналізу. Статистичну обробку експериментальних даних проводили з використанням програми *MS Excel та STATISTICA* за допомогою комп'ютерної техніки.

Попередньо відібрали сім зразків ґрунту з одної площі. Проведено пробопідготовку для визначення показника рН водних розчинів зразків ґрунту за двома методиками відповідно до ДСТУ ISO 10390:2001, 2003. Різниця між ними полягала у співвідношенні наважки ґрунту до об'єму екстрагента (дистильованої води): за першою – 1:5; за другою – 1:2,5.

Отримані результати зразків ґрунту, які досліджували, показано на рис. 1.

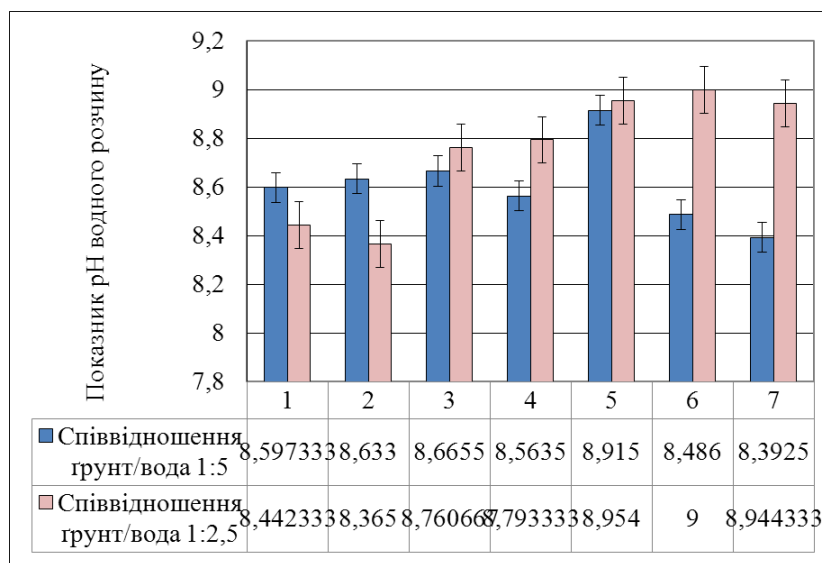


Рис. 1. Показник рН водних розчинів зразків ґрунту, визначений у результаті використання різних співвідношень

Аналізуючи дані, наведені на рис. 1, можна дійти висновку, що незалежно від номера зразка і методики дослідження, всі зразки виявилися лужними. Необхідно зауважити, що кореляції в результатах досліджень за двома методиками не простежується.

Наступні дослідження були спрямовані на визначення фосфору (у формі оксиду P_2O_5) у зразках різними екстрагентами з подальшим спектрофотометричним вимірюванням у вигляді

фосфорно-молібденового комплексу (табл. 1). За результатами проведених досліджень і обробкою даних бачимо, що вміст фосфору, визначений різними методами, незначний.

Результати дослідження з визначення вмісту міді у складі ґрунту наведено в табл. 2.

Результати дослідження мікроелементного складу ґрунту зображені графічно-аналітично на рис. 2, 3.

Таблиця 1

Показник вмісту P_2O_5 , мг/кг ґрунту, визначений у результаті використання різних екстрагентів

Екстрагент	Вміст P_2O_5 , мг/кг ґрунту							SE
	1	2	3	4	5	6	7	
Розчин вуглекислого амонію, рН 9,0	14,8	13,5	16,3	11,0	14,1	22,0	14,8	1,3
Вода	16,8	10,2	9,8	7,8	5,5	9,8	9,3	1,3
Вода, насичена вуглекислим газом	6,4	5,3	4,7	2,3	1,2	4,0	0,7	0,8
Розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65	53,5	47,9	45,6	22,8	30,9	58,2	34,8	4,8

Результати визначення вмісту міді із застосуванням різних екстрагентів

Екстрагент	Вміст міді, мг/кг ґрунту							SE
	1	2	3	4	5	6	7	
Розчин ацетату амонію, рН 4,8	0	0	0	0	0	0	0	0
Розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65	2,3	3,0	3,0	2,7	2,2	2,4	2,2	0,1

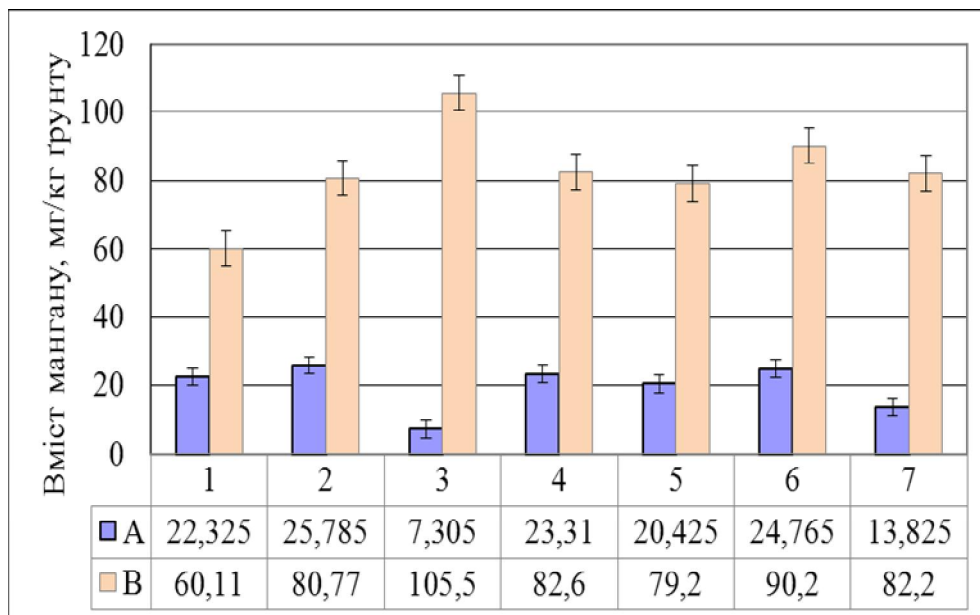


Рис. 2. Показник вмісту мангану, мг/кг ґрунту, визначений у результаті використання різних екстрагентів, де: А – розчин ацетату амонію, рН 4,8; В – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65

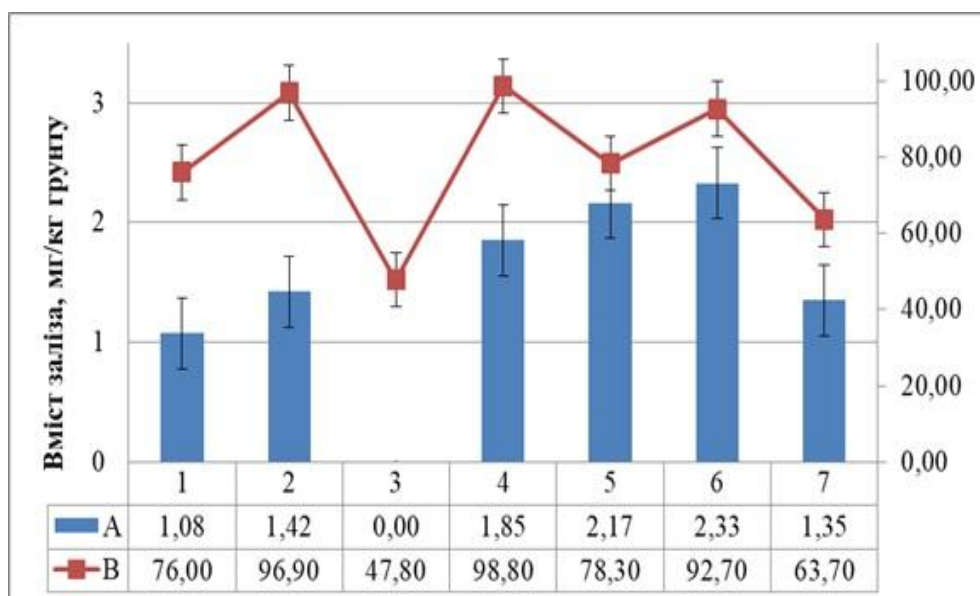


Рис. 3. Показник вмісту заліза, мг/кг ґрунту, визначений у результаті використання різних екстрагентів, де: А – розчин ацетату амонію, рН 4,8; В – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65

Одним із важливих показників якості є макроелементний склад ґрунту.

Для цього ми визначили макроелементи: калій (у формі оксиду K_2O), кальцій та магній, екстраговані різними розчинами (табл. 3–5).

У результаті отриманих даних розраховали коефіцієнти екстракції як співвідношення концентрацій елементів, вилучених одним видом екстрагента до іншого. Результати розрахунків представлені на рис. 4–9.

Значення рН ґрунту, постійно лужне, залежно від методу визначення для кожного зразка, нерівномірно змінюється в певних межах та коливається як у більший, так і в менший бік показника.

Витіснення іонів PO_4^{3-} надлишком менших за розмірами і зарядністю іонами CO_3^{2-} не відбулося, вочевидь, через сильнолужну реакцію розчину. Тож коефіцієнт вилучення фосфору з урахуванням усіх експериментальних даних становить 0,34. Створення буферного кислого середовища також не дуже сприяє вилученню фосфору. Він переважно зв'язаний у малорозчинні сполуки із сильним міжіонним зв'язком, і лише застосування ЕДТА підвищує цифрові значення виміряного вмісту фосфору, залишаючи їх стабільно низькими. Збільшення коефіцієнта вилучення фосфору можна розрахувати досить умовно, і воно становить, з урахуванням усіх експериментальних даних, – 2,74.

Таблиця 3

Показник вмісту K_2O , мг/кг ґрунту, визначений у результаті використання різних екстрагентів

Екстрагент	Вміст K_2O , мг/кг ґрунту							SE
	1	2	3	4	5	6	7	
Розчин вуглекислого амонію, рН 9,0	79,5	74,7	103,6	91,6	98,8	163,9	159,1	13,8
Вода	22,9	19,3	22,9	19,3	21,7	34,9	31,3	2,3
Вода, насичена вуглекислим газом	19,3	16,9	15,7	19,3	19,6	37,1	31,6	3,1
Розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65	167,5	153,0	173,5	162,7	155,4	224,1	224,1	11,7

Таблиця 4

Показник вмісту кальцію, мг/кг ґрунту, визначений у результаті використання різних екстрагентів

Екстрагент	Вміст кальцію, мг/кг ґрунту							SE
	1	2	3	4	5	6	7	
Розчин ацетату амонію, рН 7,0	1950	3310	3040	2725	1945	2380	2200	201,9
Вода	300	510	470	430	310	360	330	31,4
Вода, насичена вуглекислим газом	437,5	457,5	422,5	455,0	412,5	437,5	432,5	6,1
Розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65	13160	17840	12600	17310	19870	18280	17820	893,0

Таблиця 5

Показник вмісту магнію, мг/кг ґрунту, визначений у результаті використання різних екстрагентів

Екстрагент	Вміст магнію, мг/кг ґрунту							SE
	1	2	3	4	5	6	7	
Розчин ацетату амонію, рН 7,0	350	489	477	471	405	515	398	22,6
Вода	46	52	32	54	44	62	43	3,7
Розчин хлориду кальцію з концентрацією 0,0125 М	217	318	284	279	226	303	197	17,7
Розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65	1830	2385	1033	2625	2350	3600	2225	294,3

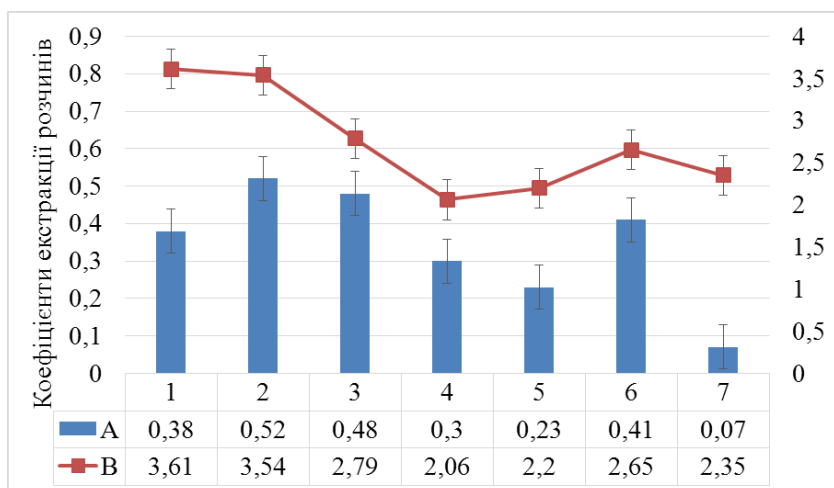


Рис. 4. Коефіцієнти екстракції розчинів при аналізі на фосфор, де: А – вода, насичена вуглекислим газом до води; В – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65 до розчину вуглекислого амонію, рН 9,0.

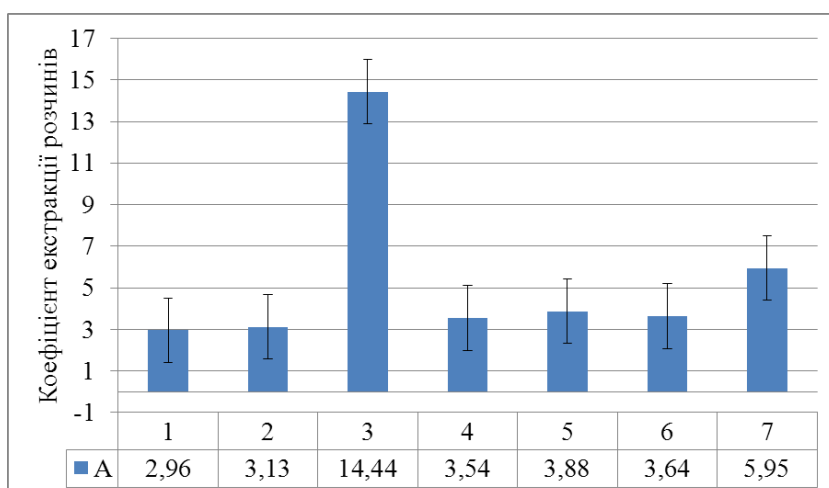


Рис. 5. Коефіцієнти екстракції розчинів при аналізі на манган, де співвідношення екстрагентів: А – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65 до розчину ацетату амонію, рН 4,8

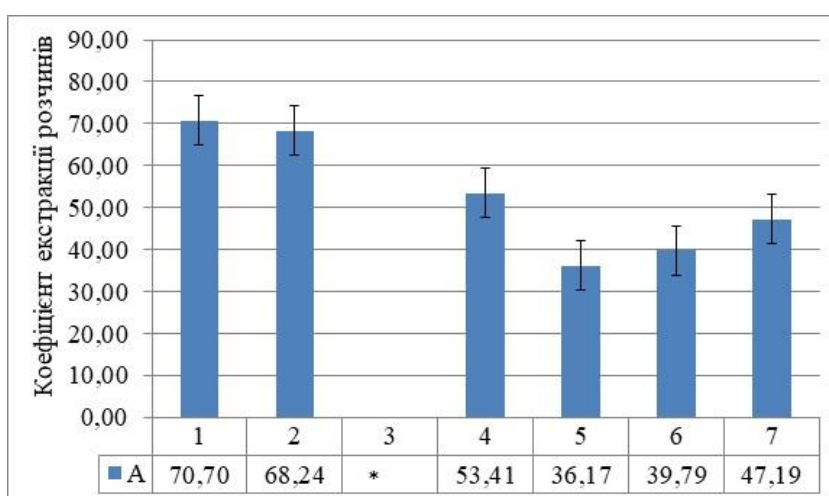


Рис. 6. Коефіцієнти екстракції розчинів при аналізі на залізо, де співвідношення екстрагентів: А – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65 до розчину ацетату амонію, рН 4,8

*У цьому зразку при екстрагуванні розчином ацетату амонію, рН 4,8 не було виявлено заліза (вміст його дуже малий).

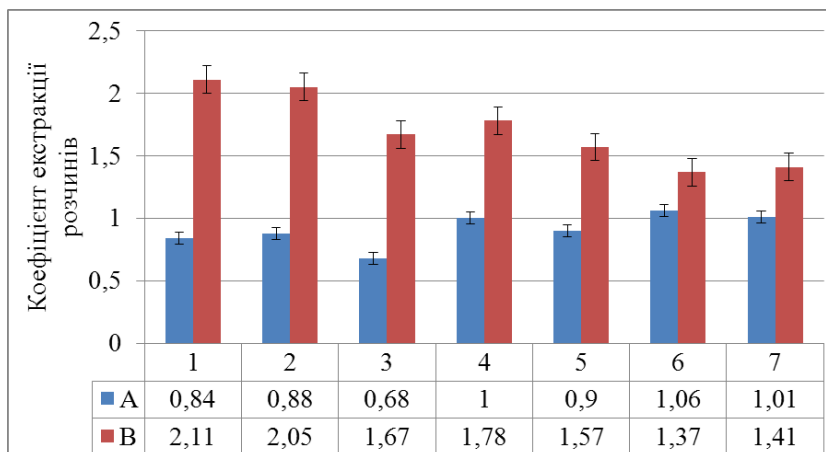


Рис. 7. Коефіцієнти екстракції розчинів при аналізі на калій у формі (K_2O), де співвідношення екстрагентів: А – вода, насичена вуглекислим газом до води; В – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65 до розчину вуглекислого амонію, рН 9,0

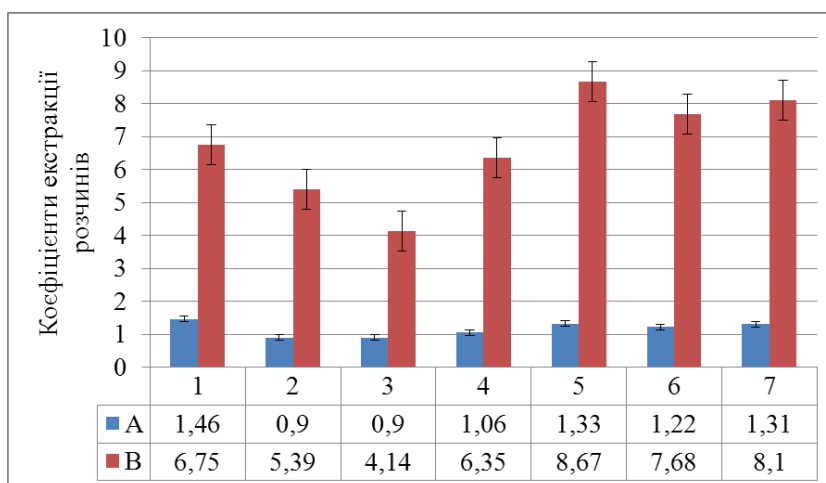


Рис. 8. Коефіцієнти екстракції розчинів при аналізі на калій у формі (K_2O), де співвідношення екстрагентів: А – вода, насичена вуглекислим газом до води; В – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65 до розчину ацетату амонію, рН 7,0

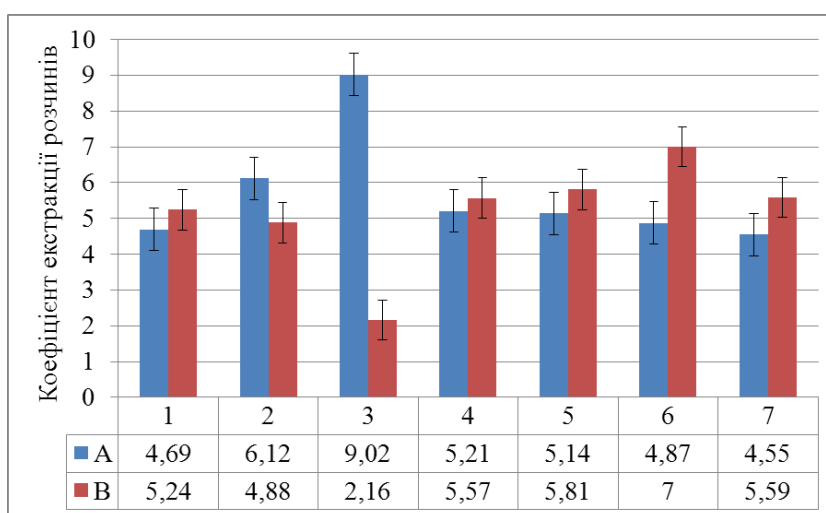


Рис. 9. Коефіцієнти екстракції розчинів при аналізі на магній, де співвідношення екстрагентів: А – розчин хлориду кальцію концентрацією 0,0125 М до води; В – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65 до розчину ацетату амонію, рН 7,0

Найцікавішу ситуацію спостерігаємо при вимірюванні вмісту катіонів металів. Отримані результати свідчать, що введення до складу екстрагувальних розчинів комплексонів суттєво підвищує числові значення вмісту іонів металів у ґрунті.

Для великих за зарядністю і радіусом катіонів Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} ЕДТА істотно збільшує вилучення. На наших збіднілих на мікроелементи ґрунтах це особливо важливо, оскільки, як свідчать експериментальні дані, міді в них настільки мало, що її кількість – поза межею чутливості методу ААС.

Приблизне середнє збільшення коефіцієнта вилучення для мангану з урахуванням усіх експериментальних даних становить 5,3. Для Fe^{3+} коефіцієнт вилучення з урахуванням усіх експериментальних даних становить 52,6. Відмінність цих значень радше можна пояснити порівнявши стійкість комплексів цих металів з ЕДТА. Для мангану Іг К становить 6,9, для Fe^{3+} Іг К – 14,59, для міді Іг К – 11,54.

У випадку магнію і кальцію (якого зазвичай значно більше у ґрунті) при екстрагуванні за різними методиками важливі два процеси: хімічне руйнування водонерозчинних сполук у кислому середовищі і утворення трилонатних комплексів. Хоча стійкість комплексів з ЕДТА оцінена за значенням Іг К (для кальцію 3,51, для магнію 2,28), значно менша ніж для мікроелементів, тож приблизне усереднене збільшення коефіцієнта вилучення становить для кальцію з урахуванням усіх експериментальних даних – відповідно 1,2 та 6,7.

Для магнію коефіцієнти вилучення з урахуванням усіх експериментальних даних становлять 5,7 та 5,2 відповідно.

Відсутність кореляції може бути зумовлена значно більшою кількістю цих елементів у ґрунті (передусім кальцію) і більш легким розкладом водонерозчинних сполук у кислому середовищі.

Вуглекислий газ не сприяє витісненню калію. Так, коефіцієнт вилучення калію з урахуванням усіх експериментальних даних становить 0,91.

Надлишок іонів амонію у кислому середовищі витісняє K^+ , а ЕДТА покращує його вилучення. А коефіцієнти вилучення з урахуванням усіх експериментальних даних становлять 1,7.

Слід зауважити, що наші спостереження досить модельні, оскільки не взято до уваги міжйонну взаємодію в дуже складних ґрунтових колоїдних системах, які містять не тільки всі проаналізовані катіони одночасно, а й багато інших, а також органічні міцели.

Проведені дослідження тільки окреслили завдання. Хоча вони показали зручність використання наявних в Україні методик, непростим завданням виявилось їх зіставлення із закордонними методиками. Водночас суттєве збіднення ґрунтів на мікроелементи не дає змоги для їх достовірного визначення прийнятими в Україні методиками. Звідси впливає потреба в подальших дослідженнях, спрямованих або на створення нових шкал градації елементів живлення у ґрунтах, або на розрахунок кореляційних коефіцієнтів на основі значних масивів даних для ґрунтів різних типів.

Висновки. Унаслідок проведених лабораторних досліджень встановлено, що не існує тісного зв'язку кількості визначеного елемента живлення, яка б залежала від застосованих екстрагентів.

Підтверджено, що найменша кількість елементів переходить у водну витяжку. Моделювання процесів кореневого живлення у воді, збагаченій вуглекислим газом, показує ту реальну кількість елементів живлення, які може засвоїти рослина. Ця методика, вочевидь, дає досить добрі результати на лужно-чорноземних слабосолонцюватих ґрунтах. Застосування ж як екстрагента ЕДТА дає змогу отримати найвищий вміст елементів, наблизений до граничного потенціалу родючості ґрунту. Теоретично, за певних умов, їх можна перевести у форми, доступні для живлення рослин.

Методики, які застосовують при агрохімічній паспортизації в Україні, забезпечують проміжні результати значень кількості елементів – між тими, які потенційно є у ґрунті, і тими, які безпосередньо можна засвоїти рослинами. Загалом можна вважати, що стандартні методики, які використовують для складання агрохімічного паспорта угіддя, прийнятого для оцінки якості ґрунтів в Україні, досить об'єктивно відображають наявність елементів живлення у формах, придатних для засвоєння рослинами.

Проте реалії сьогодення потребують коригування і внесення змін у деякі методики. Суттєва деградація ґрунтів упродовж останніх двох десятиліть призвела до істотного зменшення вмісту мікроелементів. Використання водних екстрагентів для визначення бору і сірки, а також аміачно-амонійного буфера для визначення металів, не забезпечує точних результатів через вкрай малоінтенсивний аналітичний сигнал, спричинений низьким залишковим вмістом цих елементів у ґрунтах. Застосування сильніших

екстрагентів і створення нової шкали градації дозволить чіткіше діагностувати якість ґрунтів та визначати необхідну для відтворення їхньої родючості кількість мікродобрив.

Саме це завдання – одне з першочергових на 4-й сесії *GLOSOLAN*, яка відбулася в листопаді 2020 року.

Бібліографічний список

1. Балюк С. А., Заришняк А. С., Лісовий М. В. Агрохімічне забезпечення землеробства України на період до 2020 року (концептуальні положення). Харків: Міськдрук, 2013. С. 58.
2. Бикова О., Тонха О., Піковська О., Пак О. Розчинні сполуки кремнію в ґрунтах різного гранулометричного складу західного регіону України. *Рослинництво і ґрунтознавство: науковий журнал*. 2020. № 1 (2). С. 22–29.
3. Брей Р. Х., Курц Л. Т. Визначення загального, органічного та доступних форм фосфору в ґрунтах. *Ґрунтознавство*. 1945. № 59. С. 39–45.
4. Волков В. П., Переверзева А. В., Полякова І. О. Управління якістю ґрунтів в ЄС та Україні. *Ефективна економіка*. 2020. № 9. URL: www.economy.nauka.com.ua/pdf/9_2020/6.pdf (дата звернення: 02.02.2022).
5. Голубченко В. Ф., Куліджанов Е. В. Порівняльна оцінка вмісту мікроелементів в ґрунтах одеської області. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2015. № 76. С. 27–31.
6. Кіньянті С. Здоров'я та якість ґрунту: огляд. URL: [http:// worldaginfo.org/Soil%20Health%20Review.pdf](http://worldaginfo.org/Soil%20Health%20Review.pdf) (дата звернення: 27.02.2022).
7. Крамарьов С. М., Крамарьов О. С., Писаренко П. В. Зміна вмісту рухомого фосфору в генетичних горизонтах чорнозему звичайного на ріллі відносно цілини в умовах Північного Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 2. С. 7–22.
8. Пержинський Г. М. Методи аналізу фосфору для ґрунтів, опадів, залишків і вод. *Південний Кооп. Університет штату Північна Кароліна, Ролі, Північна Кароліна*. 2000. № 396. С. 102.
9. Пічура В., Безницька Н. Просторово-часова трансформація агрохімічного стану обґрунтувань у зоні сухого степу. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 0 (3 (67)).
10. Сплодитель А. О. Закономірності розподілу важких металів у ґрунті міських ландшафтів (на прикладі м. Бровари). *Журнал геології, географії та геоecології*. 2019. № 4. С. 148–167.
11. Стайлз К. А., Хаммер Р. Д. Портативний набір для перевірки валідації, що вимірює активну фракцію вуглецю в ґрунті. *Soil Sci*. 2018. № 78. С. 2330–2380.
12. Стахів М. П. Фосфорне живлення рослин та методичні аспекти визначення рухомих сполук фосфору в ґрунті. *Ґрунтознавство*. 2010. Т. 11. № 3–4. С. 88–95.
13. Фатєєв А., Семенов Д., Смирнова К., Шемет А. Вплив гумусових кислот на рухливість і біологічну доступність заліза, цинку та міді. *Сільськогосподарська наука і практика*. 2015. № 2(1). С. 73–78.
14. Чорний С. Г. Оцінка якості ґрунтів. *МНАУ*, 2018. С. 233.
15. Шарплі А. Н., Сімс Дж. Т., Пержинські Г. М. Інноваційні індекси вмісту фосфору в ґрунті: визначення неорганічного фосфору. Тестування ґрунту: перспективи покращення рекомендацій щодо поживних речовин. *Soil Sci Soc. Am Spec*. 1994. Вип. 40 ASA, Медісон. Вип. 1. С. 115–142.

Стаття надійшла 27.07.2022

АДАПТИВНА СИСТЕМА ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД ПШЕНИЦЮ ОЗИМУ

В. Кирилюк, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0001-5771-8142

Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція ІКСГП НААН

Н. Самець, науковий співробітник

ORCID ID: 0000-0002-2449-6552

Тернопільська державна сільськогосподарська дослідна станція ІКСГП НААН

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.187>

Кирилюк В., Самець Н. Адаптивна система основного обробітку ґрунту під пшеницю озиму

Представлено результати досліджень впливу систем основного обробітку ґрунту, мінерального і органо-мінерального удобрення на врожайність та якісні показники зерна пшениці озимої.

Дослідження проведені протягом 2009–2021 рр. у стаціонарному двофакторному польовому досліді, який передбачав чотири альтернативні системи основного обробітку ґрунту (полицева, плоскорізна, чизельна, дискова) та дві системи удобрення: традиційна (мінеральна, фон 1) – $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$ (підживлення) і нова (орґано-мінеральна, фон 2) – солома гірчиці білої + $N_{10/t}$ соломи + $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$ (підживлення) у короткоротаційній 4-пільній сівозміні з таким чергуванням культур: соя, ячмінь ярий, гірчиця біла, пшениця озима.

Ґрунт – чорнозем опідзолений, середньосуглинковий. Вміст гумусу – 2,62–3,12 %, загального азоту – 0,150–0,163 %, рухомих фосфору – 12,5–19,6, і калію – 6,5–7,2 мг на 100 г ґрунту, рН (сольове) – 6,0–6,5. Розміщення ділянок – систематичне. Облікова площа ділянки – 40 м², повторність досліді – чотириразова.

На фоні мінерального удобрення найвищу врожайність пшениці (5,67 т/га) отримали за плоскорізної системи основного обробітку ґрунту.

Виявлено, що застосування мінерального удобрення нітроамофоскою в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ під пшеницю озиму порівняно з орґано-мінеральним, де на фоні залишків пожнивних решток соломи попередника вносили мінеральне в дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$, економічно не вигідне.

Зауважено, що на фоні орґано-мінерального удобрення (сумісного використання соломи попередника і мінерального удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$) найвищу врожайність пшениці (5,86 т/га) забезпечила полицева система основного обробітку ґрунту на глибину 20–22 см, яку можна вважати найбільш оптимальною, адаптивною під культуру. За таких умов цілком допустима і плоскорізна система на глибину 25–27 см.

Найвищі основні якісні показники зерна пшениці озимої отримано на фоні мінерального удобрення. На обох фонах удобрення за якісними показниками перевага була за полицевої системи основного обробітку ґрунту, і загалом, за систем з вищою урожайністю виявлено покращання якості зерна.

Ключові слова: мінеральне і орґано-мінеральне удобрення, урожайність, якість, рентабельність.

Kyryliuk V., Samets N. Adaptive system of the basic tillage for winter wheat

The results of the research on the impact of the main production system based on mineral and organo-mineral fertilizers on the yield and quality of wheat grain are presented.

The research was conducted during 2009–2021 at a stationary two-factor study field, and included 4 alternative systems of the main substantiation work (shelf, flat, chisel, disk) and two coordination systems: traditional (mineral, background 1) – $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$ (feeding) and new (organo-mineral, 2) – white mustard straw + $N_{10/t}$ of straw + $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$ (fertilization) in short-rotation 4-joint crop rotation with the following crop growth: soybean, spring barley, white mustard, winter wheat.

Soil – chernozem podzolic, medium loam. The content of humus – 2.62–3.12 %, total nitrogen – 0.150–0.163 %, mobile phosphorus – 12.5–19.6 and potassium – 6.5–7.2 mg per 100 g of soil, pH (salt) – 6.0–6.5. Location of plots – systematic. The examined area of the site is 40 m², the repetition of the study is four times.

On the background of mineral fertilizers, the highest yield of wheat (5.67 t/ha) is obtained for a different system of basic tillage.

It was found that the use of mineral fertilizer Nitroamophoska in a dose of $N_{60}P_{60}K_{60}$ for winter wheat with the organo-mineral fertilizers, where on the background of crop residues of straw straw previously made mineral at a dose of $N_{30}P_{30}K_{30}$, was not economically viable.

It is noted that on the background of organo-mineral fertilizer (joint use of straw pre-fertilizer and mineral fertilizer $N_{30}P_{30}K_{30}$) the highest yield of wheat (5.86 t/ha) was provided by the optimal system of basic tillage based on the depth of 20–22 cm, which can be best adapted for the crop. Under such conditions, a flat system to a depth of 25–27 cm may be acceptable.

Particularly high basic quality indicators of winter wheat grain were obtained on the background of mineral fertilizers. On both backgrounds of fertilizers in terms of quality, the advantage was in the shelf system of basic tillage, and in general, in the systems with higher yields there was an improvement in grain quality.

Key words: mineral and organo-mineral fertilizers, yield, quality, profitability.

Постановка проблеми. Пшениця озима – головна сільськогосподарська культура України. Одержання стабільного та високого врожаю цієї культури із високими показниками якості – запорука фінансового достатку виробника і країни загалом. Однією з найсуттєвіших перешкод на цьому шляху є зміна клімату і нестабільна погода. Хоча фактори природного середовища переважають у вирощуванні сільськогосподарських культур, їх використання незначне: у сучасному сільському господарстві агрометеорологічні ресурси використовуються лише на 40–60 % [13]. Значення цього рівня залежить від розвитку землеробства – в разі екстенсивного його ведення частка впливу ґрунтових і кліматичних умов зростає до 60 %, а за інтенсивного землеробства – утричі менше [7].

Коливання погодних факторів упродовж останніх десятиліть [1; 9; 14; 16] потребують зміни підходів до формування структури сільськогосподарського виробництва, основу якого становлять сортовий асортимент нового типу, волого- та ресурсоощадні технології вирощування культур, ефективніші засоби захисту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні сорти озимих культур характерні високим біологічним потенціалом продуктивності, проте реалізація його у виробничих умовах досить низька і становить лише 25–30 % [17]. Жученко А. А. зауважує, що сорти з високою потенційною продуктивністю більшою мірою «скакують» нерівномірне розподілення абіотичних і біотичних факторів середовища, тож завдання отримання стабільних урожаїв нині набуває все більшої актуальності. Це вимагає перегляду всієї концепції рослинництва та розроблення стратегії

адаптивної інтенсифікації рослинництва, яка базується на використанні адаптивного потенціалу всіх біологічних компонентів агроєкосистеми [3; 6; 10].

У системі обробітку основний обробіток посідає особливе місце через істотний вплив на забур'яненість посівів і врожайність сільськогосподарських культур. Щодо способів реалізації, то серед учених і виробників є кілька думок. Більшість дотримується традиційного способу обробітку, основою якого є оранка. Також зростає кількість прихильників безполіцевого обробітку, який порівняно з оранкою менш енерговитратний [5; 11; 15].

Чимало фахівців намагаються поєднати поліцейний спосіб обробітку ґрунту з безполіцевим з урахуванням зональних погоднокліматичних умов та біологічних вимог культур [2; 8; 12].

Постановка завдання. Мета дослідження – виявити закономірності впливу систем основного обробітку ґрунту та ефективність удобрення на врожайність пшениці озимої.

Виклад основного матеріалу. На Хмельницькій державній сільськогосподарській дослідній станції впродовж 2009–2021 рр. у стаціонарному досліді вивчали вплив принципово різних систем основного обробітку ґрунту та традиційної (мінеральної) і нової (органомінеральної) систем удобрення на кількісні та якісні показники продуктивності сільськогосподарських культур. Дослідження проводили в 4-пільній сівозміні з таким чергуванням культур: соя, ячмінь ярий, гірчиця біла, пшениця озима. Агротехніка вирощування культур – загальноприйнята для зони, за винятком основного обробітку ґрунту та удобрення. Схема обробітку передбачала (табл. 1).

Таблиця 1

Схема обробітку ґрунту

Система основного обробітку ґрунту в сівозміні	Спосіб та глибина обробітку під пшеницю, см	Знаряддя
Поліцева (контроль)	Оранка – 20–22	ПЛН-3-35
Плоскорізна	Плоскорізний – 25–27	КПП-2-150
Чизельна	Чизельний – 25–27	ПЧ-2,5+ПСТ-2,5
Дискова	Дисковий – 10–12	БДТ-7

Таблиця 2

Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на урожайність пшениці озимої, т/га (2009–2021 рр.)

Системи обробітку	Рік												середнє	± до контролю		± до фону I		
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		2021	т/га	%	т/га	%
	Мінеральне удобрення (фон 1)													т/га	%	т/га	%	
Полицева	4,99	5,26	6,22	4,26	4,41	5,27	5,83	7,31	7,37	6,48	5,04	4,39	4,94	5,52	-	-	-	-
Плоскорізна	5,69	5,30	5,83	5,53	4,92	5,15	5,45	6,63	7,90	5,58	5,98	4,27	5,47	5,67	0,15	3,0	-	-
Чизельна	4,06	4,32	6,25	5,59	4,97	4,81	5,86	5,55	7,79	6,14	5,18	4,40	5,78	5,44	-0,08	-1,0	-	-
Дискова	3,98	4,98	6,06	5,29	3,86	4,44	6,68	5,09	7,30	6,01	5,88	4,07	4,43	5,24	-0,28	-5,0	-	-
Органо-мінеральне удобрення (фон 2)																		
Полицева	4,78	5,56	5,95	4,56	5,04	6,22	6,81	7,82	6,96	5,64	6,46	4,72	5,68	5,86	-	-	0,34	6,0
Плоскорізна	4,96	5,64	5,41	3,25	5,65	6,89	6,52	6,57	6,29	5,54	7,04	4,51	5,91	5,70	-0,16	-3,0	0,03	0,5
Чизельна	3,82	5,32	5,64	4,85	4,72	5,56	6,57	4,98	6,30	5,93	5,75	4,63	6,02	5,39	-0,47	-9,0	-0,05	-0,9
Дискова	3,45	5,00	5,28	4,41	4,70	5,10	6,67	5,33	6,10	5,61	6,39	4,88	5,11	5,23	-0,63	-12,0	-0,01	-0,1
НР ⁰⁵ обробітку	0,14	0,21	0,12	0,07	0,06	0,03	0,04	0,23	1,51	1,39	0,27	0,87	0,34	-	-	-	-	-
удобрення	0,14	0,13	0,12	0,05	0,05	0,03	0,02	0,15	0,95	0,98	0,80	0,55	0,22	-	-	-	-	-
взаємодії	0,20	0,13	0,19	0,11	0,04	0,04	0,04	0,15	0,95	0,62	0,80	0,55	0,22	-	-	-	-	-

Дози добрив під пшеницю були такими: за мінеральної системи удобрення (фон 1) – $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$ (підживлення); за органо-мінеральної системи удобрення (фон 2) – солома гірчиці білої + $N_{10/T}$ соломи + $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$ (підживлення).

Ґрунт – чорнозем опідзолений, середньо-суглинковий. Вміст гумусу – 2,62–3,12 %, загального азоту – 0,150–0,163 %, рухомих фосфатів – 12,5–19,61, і калію – 6,5–7,2 мг на 100 г ґрунту, рН (сольове) – 6,0–6,5. Розміщення ділянок – систематичне. Облікова площа ділянок – 40 м², повторність досліду – чотириразова.

Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками [4]. Агрометеорологічні умови характерні істотним відхиленням від середньобаторічних показників, як за кількістю опадів, температурним режимом, так і за їхнім розподілом у період вегетації з тенденцією у бік зростання як кількості опадів, так і температур. Але загалом вплив досліджуваних факторів спостерігали стабільно.

У середньому за роки досліджень виявлено, що найвищу врожайність пшениці озимої (5,86 т/га) забезпечила полицева система основного обробітку ґрунту (контроль) на фоні органо-мінерального удобрення (див. табл. 2).

Варто зауважити, що за плоскорізної системи на цьому фоні отримали врожайність, лише на 3 % нижчу від контролю. За інших (безполицевих) систем урожайність виявилася ще нижчою.

На фоні мінерального удобрення найвищу врожайність (5,67 т/га) отримали за плоскорізної системи, що вище від контролю на 3 %. За інших (безполицевих) систем – зниження від контролю на 1–5 %. Водночас на згаданому фоні за плоскорізної системи урожайність пшениці виявилася дещо нижчою (на 0,5 %), до аналогічної на органо-мінеральному. За полицевої системи і мінерального удобрення урожайність спала до аналогічної на фоні органо-мінерального удобрення на 6 %.

Загалом, якщо тенденцію зростання урожайності за 13 років можна пояснити появою нових, більш продуктивних сортів, то стрибки (якщо порівняти урожайність 2016 і 2018 рр.) – лише фактором погоди.

Оскільки показники урожайності залежно від систем удобрення були досить близькими, ми провели невеликий економічний аналіз (табл. 3). У результаті виявлено, що найвищою рентабельність виробництва пшениці озимої (112 %) була на фоні органо-мінерального удобрення за плоскорізної та дискової систем основного обробітку ґрунту. За полицевої системи на згаданому фоні рентабельність становила 111 %, за чизельної – 103 %. На фоні мінерального удобрення рентабельність виявилася нижчою до органо-мінерального на 3, 2, та 1 % відповідно. Загалом показники рентабельності на фоні органо-мінерального удобрення за всіх систем обробітку виявилися близькими з найвищим значенням 112 % за полицевої системи та найнижчим (102 %) – за дискової. Основна причина низької рентабельності на фоні мінерального удобрення – високі ціни на мінеральні добрива. Отже, застосування традиційного мінерального удобрення нітроамфоскою в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ під пшеницю озиму порівняно із новим, де на фоні використання рештків соломи застосовували $N_{30}P_{30}K_{30}$, економічно не вигідне.

Хоча урожайність сільськогосподарських культур характеризує ефективність технології вирощування і зумовлює економічну доцільність виробництва, украй важливі й показники якості продукції.

Одним із найбільш поширених показників технологічних властивостей зерна є натурна маса. На розмір натурн впливають домішки, стан поверхні зерна, його форма, розміри, щільність, вологість, плівчастість, стиглість, виповненість, маса 1000 зерен, вирівняність.

Таблиця 3

Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на основні економічні показники виробництва пшениці озимої, середнє за 2009–2021 рр.

Система обробітку	Показник					
	Виробничі витрати, грн/ га		Умовно чистий прибуток, грн/ га		Рентабельність, %	
	Фон 1	Фон 2	Фон 1	Фон 2	Фон 1	Фон 2
Полицева	12269	11844	12091	13132	99	111
Плоскорізна	12104	11662	13224	13027	109	112
Чизельна	12167	11724	12648	12026	104	103
Дискова	12034	11591	10911	13019	91	112

Примітка: Фон-1 – мінеральне удобрення, Фон-2 – органо-мінеральне удобрення

Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на якість зерна пшениці озимої, середнє за 2009–2021 рр.

Система обробітку	Натурна маса, г/л	Маса 1000 зерен, г	Склоподібність, %	Вміст клейковини, %
Мінеральне удобрення				
Полицева	748	48,8	35,7	23,6
Плоскорізна	744	47,7	38,2	23,2
Чизельна	733	48,3	31,4	22,4
Дискова	736	45,4	33,8	22,5
Органо-мінеральне удобрення				
Полицева	746	46,8	34,8	22,7
Плоскорізна	747	45,9	37,4	22,4
Чизельна	740	47,8	28,2	20,2
Дискова	735	45,2	29,3	21,5

Примітка: Фон-1 – мінеральне удобрення; фон-2 – органо-мінеральне удобрення

У наших дослідженнях на фоні мінерального удобрення натурна маса зерна пшениці виявилася вищою порівняно з фоном удобрення соломомою на 12–19 грамів (табл. 4). Між варіантами систем обробітку на фоні мінерального удобрення максимальна різниця у натурній масі становила 21 г з найвищим показником (748 г) за полицевої системи та найнижчим (733 г) за дискової.

Маса 1000 зерен на фоні мінерального удобрення виявилася найвищою (48,8 г) за полицевої системи, найнижчою (45,4 г) – за дискової. На фоні органо-мінеральної системи удобрення маса 1000 була найвищою (47,8 г) за чизельної системи, найнижчою (45,2 г) – за дискової. Загалом за органо-мінеральної системи удобрення маса 1000 зерен пшениці озимої виявилася нижчою до фону із мінеральним удобренням на 0,2–2,0 г. За обох систем удобрення залежно від систем основного обробітку виявлено зниження маси тисячі зерен зі зниженням урожайності культури.

На фоні мінерального удобрення найвищий відсоток склоподібних зерен (38,2) виявлено за плоскорізної системи, найнижчий (31,4) – за чизельної. На фоні органо-мінеральної системи удобрення також найвищим процент склоподібних зерен (37,4) був за плоскорізної системи, найнижчим (28,2) – за чизельної. Відсоток склоподібних зерен за мінерального удобрення виявився вищим до органо-мінерального на 0,8 (за плоскорізної системи), 4,5 (за дискової). Тенденція розподілу кількості склоподібних зерен залежно від систем

основного обробітку зберігалася на обох фонах удобрення.

У наших дослідженнях на фоні мінерального удобрення найменший вміст клейковини (22,4 %) виявлено за чизельної системи обробітку, найвищий (23,6 %) – за полицевої. На фоні органо-мінеральної системи удобрення також найменший (20,2 %) вміст клейковини виявлено за чизельної системи, найвищий (22,7 %) – за полицевої. Тенденція розподілу вмісту клейковини залежно від систем основного обробітку на обох фонах зберігалася з дещо вищим відсотком (на 0,8–2,2) за мінерального удобрення.

Отже, найкращими якісними показниками зерна пшениці озимої були за мінерального удобрення, а стосовно основного обробітку ґрунту – за систем із найвищою урожайністю та збереженням тенденції розподілу якісних показників по обох фонах удобрення.

Висновки. У зоні Правобережного Лісостепу з достатнім, але нерівномірним зволоженням, на чорноземі опідзоленому середньосуглинковому при органо-мінеральному удобренні (із залишенням у полі соломи попередника та додаванням N30P30K30) найвищу врожайність пшениці озимої 5,86 т/га забезпечила полицева система основного обробітку на глибину 20–22 см, яку можна вважати найбільш оптимальною, адаптивною під культуру. За згаданих умов цілком допустимою може бути і плоскорізна система на глибину 25–27 см.

На фоні мінерального удобрення у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ найвищу врожайність пшениці озимої, 5,67 т/га, отримали за плоскорізної системи основного обробітку ґрунту на 25–27 см.

Застосування мінерального удобрення нітроамофоскою в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ під пшеницю озиму порівняно із органо-мінеральним, де на фоні залишення соломи внесено мінеральне з дозою $N_{30}P_{30}K_{30}$, економічно не вигідне.

Найвищі якісні показники зерна пшениці озимої отримано на фоні мінерального удобрення та на обох фонах за полицевої системи основного обробітку ґрунту. За показниками натурної маси зерна, склоподібності та вмісту клейковини на обох фонах найближчою до полицевої виявилася плоскорізна система основного обробітку ґрунту.

Застосування соломи як удобрення потребує подальшого детального вивчення, особливо стосовно його впливу на ґрунт за наявних погоднокліматичних та економічних умов.

Бібліографічний список

1. Балабух В. А. Межгодовая изменчивость интенсивности конвекции в Украине. *Глобальные и региональные изменения климата* / под ред. В. И. Осадчего. Киев, 2011. С. 161–173.
2. Бондар Г. Володіння землею – велике благо і велика відповідальність. *Київська правда*. 16 квітня 2002 р. С. 2.
3. Волкодав В. В. Усовершенствование методов комплексной оценки сортов зерновых культур по уровню их адаптивности к условиям почвенно-климатических зон Украины: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.05. Киев, 1997. 24 с.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва, 1979. 416 с.
5. Дерти Р. Ситуация по общему земледелию в мире: тез. докл. Междунар. конф. по технологии No - Till. п. Юбилейный. 2004 г.
6. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). Кишинев, 1988. 767 с.
7. Лукин С. В. Влияние удобрений и погодных условий на урожайность пшеницы озимой. *Зерновое хозяйство*. 2005. № 3. С. 2–4.
8. Медведев В. В., Риндіна Т. С. Наукові передумови мінімалізації основного обробітку ґрунту і перспективи його впровадження в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 7. С. 5–8.
9. Маренич М. М., Міщенко О. В., Ляшенко В. В. Оцінка впливу гідротермічних умов вирощування на якість зерна пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 3. С. 24–25.
10. Михайлов В. Г. Нові сорти рослин в інтенсифікації землеробства. *Землеробство XXI століття – проблеми та шляхи вирішення: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.* Київ: Чабани, 1999. С. 206–208.
11. Самець Н. П., Грицевич Ю. С. Вплив кліматичних змін на вегетацію озимої пшениці в Західному Лісостепу. *Зміна клімату та сільське господарство. Виклики аграрній науці та освіті: II Міжнар. наук.-практ. конф.* Київ – Миколаїв – Херсон: ДУ НМЦ «Агроосвіта», 2019. С. 143–145.
12. Самець Н. П., Кулька В. П., Шубала Г. В., Бурак І. М. Вибір сорту – запорука отримання високих урожаїв озимої пшениці. *Сучасні напрями та досягнення селекції та насінництва сільськогосподарських культур: наук.-практ. внутр. конф.* Полтава: Полтавська державна аграрна академія, 2021. 12–15.
13. Системы рационального землепользования / Э. Дики, П. Джаса, Д. Шелтон, Д. Сименс. *Системы и методы рационального землепользования. Jawa Export – Import*. США, 1999. С. 125–130.
14. Сучасна система обробітку ґрунту в польових сівозмінах господарств Харківської області: рекомендації ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Харків: Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН, 2004.
15. Тараріко Ю. О. Агрометеорологічні ресурси України та технології їх раціонального використання. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 3–4. С. 29–31.
16. Хромяк В. М., Наливайко В. В. Ризики ведення рослинництва в умовах Північно-східного Степу в зв'язку зі зміною Клімату. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 9. С. 17–24.
17. Шикила М., Демиденко О. Саморегуляція родючості чорноземів в умовах ґрунтозахисного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 4. С. 125–130.

Стаття надійшла 17.05.2022

УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД РОЗРАХУНКОВИХ НОРМ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПІД ЗАПРОГРАМОВАНУ ВРОЖАЙНІСТЬ НА ТЕМНО-СІРИХ ОПІДЗОЛЕНИХ ҐРУНТАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Б. Пархуць, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0001-9874-1744

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.193>

Пархуць Б. Урожайність і якість зерна ячменю озимого залежно від розрахункових норм мінеральних добрив під запрограмовану врожайність на темно-сірих опідзолених ґрунтах Західного Лісостепу України

Представлено результати вивчення впливу рівня мінерального удобрення на запрограмовану врожайність 5,0, 5,5 і 6,0 т/га ячменю озимого сорту Монро на темно-сірих опідзолених ґрунтах Західного Лісостепу України. До закладки досліду вміст рухомих форм азоту, фосфору і калію в темно-сірому опідзоленому ґрунті такий: легкогідролізованого азоту за Тюріним-Кононовою – 9,2 мг, рухомого фосфору – 10,7 мг, і обмінного калію за Чириковим – 11,6 мг на 100 г ґрунту. Схема досліду передбачає такі варіанти: контроль – без добрив; рекомендована норма для заданої зони – $N_{60}P_{60}K_{60}$ (1,00 : 1,00 : 1,00); розрахункова норма добрив – $N_{77,7}P_{82,2}K_{79,1}$ (1,00 : 1,06 : 1,02) під запрограмовану врожайність 5,0 т/га; розрахункова норма добрив – $N_{95,9}P_{98,5}K_{97,0}$ (1,00 : 1,03 : 1,01) під запрограмовану врожайність 5,5 т/га; розрахункова норма добрив $N_{114,0}P_{114,7}K_{114,8}$ (1,00 : 1,01 : 1,01) під запрограмовану врожайність – 6,0 т/га.

Для розрахунків використовували такі коефіцієнти: коефіцієнт використання поживних речовин з ґрунту – N – 30, P_2O_5 – 10, K_2O – 20; коефіцієнт використання поживних речовин з мінеральних добрив – N – 80, P_2O_5 – 40, K_2O – 70.

Найбільшу врожайність 5,81 т/га при запрограмованій урожайності 6,0 т/га, у середньому за роки досліджень, одержали за внесення розрахункових мінеральних добрив у нормі $N_{114,0}P_{114,7}K_{114,8}$. Приріст урожайності в цьому варіанті становив 2,85 т/га, або 96,3 %, а до рекомендованої норми $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 1,30 т/га. Рекомендована норма $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечила урожайність 4,51 т/га, що дало приріст урожайності до контролю 1,55 т/га, або 52,4 %. Найнижча урожайність ячменю озимого – 2,96 т/га – була у контрольному варіанті досліду – без внесення добрив.

Найвищий вміст білка 10,9 % і його загальний вихід 0,63 т/га одержали за внесення розрахункової норми у варіанті за $N_{114,0}P_{114,7}K_{114,8}$ на запрограмовану врожайність 6,0 т/га. В інших варіантах вміст білка був дещо нижчий, а на контролі – найнижчим і становив 9,3 % при загальному виході 0,27 т/га.

За внесення розрахункової норми $N_{114,0}P_{114,7}K_{114,8}$ одержали найвищий чистий прибуток 16498 грн/га та рівень рентабельності 82,6 %.

Ключові слова: ячмінь озимий, добрива, урожайність, якість.

Parkhuts B. Yield and quality of winter barley grain depending on the calculated rates of mineral fertilizers applied to the programmed yield on dark grey podzolic soils of the Western Forest-Steppe of Ukraine

The results of studying the influence of the level of mineral fertilizers on the programmed yield of 5.0, 5.5 and 6.0 c/ha of winter barley of Monro variety on dark gray podzolic soils of the Western Forest-Steppe of Ukraine are presented. The content of mobile forms of nitrogen, phosphorus and potassium in dark gray podzolic soil is as follows: according to Tiurin-Kononova, lightly hydrolyzed nitrogen accounts for 9.2 mg, mobile phosphorus 10.7 mg and exchangeable potassium according to Chirikov 11.6 mg per 100 g of soil. The following options were included in the scheme of the experiment: control – without fertilizers; recommended norm for this zone $N_{60}P_{60}K_{60}$ (1.00 : 1.00 : 1.00); the calculated norm of fertilizers $N_{77,7}P_{82,2}K_{79,1}$ (1.00 : 1.06 : 1.02) for the programmed yield of 5.0 t/ha; calculated norm of fertilizers $N_{95,9}P_{98,5}K_{97,0}$ (1.00 : 1.03 : 1.01) for the programmed yield of 5.5 t/ha; the calculated norm of fertilizers $N_{114,0}P_{114,7}K_{114,8}$ (1.00 : 1.01 : 1.01) for the programmed yield of 6.0 t/ha.

The following coefficients were used for calculations: coefficient of nutrients utilization from soil – N – 30, P_2O_5 – 10, K_2O – 20; nutrients utilization coefficient from mineral fertilizers – N – 80, P_2O_5 – 40, K_2O – 70.

The highest yield of 58.1 c/ha with a programmed yield of 6.0 t/ha, on average over the years of research, was obtained by applying the calculated mineral fertilizers in the norm of $N_{114,0}P_{114,7}K_{114,8}$. The increase in yield in this variant was 2.85 t/ha, or 96.3 %, and to the recommended norm $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 1.30 t/ha. Provided a yield of 4.51 t/ha, which gave an increase in yield to control 1.55 t/ha, or 52.4 %. The lowest yield of winter barley, i.e. 2.96 t/ha, was in the control variant of the experiment – without fertilizers.

The highest protein content of 10.9 % and its total yield of 0.63 t/ha was obtained by making the calculated norm in the variant of $N_{114,0}P_{114,7}K_{114,8}$ for the programmed yield of 6.0 t/ha. In other variants, the protein content was slightly lower, and in the control it was the lowest and was 9.3 % with a total yield of 0.27 t/ha.

By introducing the calculated norm of $N_{114,0}P_{114,7}K_{114,8}$, the highest net profit of 16498 UAH/ha and the level of profitability of 82,6 % was received

Key words: winter barley, fertilizers, yield, quality.

Постановка проблеми. Ячмінь озимий серед озимих культур – найменш морозостійкий, а за нормальної перезимівлі урожайніший порівняно з ярим [2]. З огляду на впровадження у виробництво ресурсоощадних технологій і сортів інтенсивного типу виникає потреба в уточненні наявних норм добрив, які до того часу вносили під ячмінь озимий. Для цього необхідно було дослідити це питання для конкретної зони з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, сорту, попередника, рівня удобрення, рівня механізації технологічних процесів.

Система удобрення ячменю озимого для умов Західного Лісостепу експериментально мало обґрунтована. Рекомендації базуються переважно на результатах польових дослідів, проведених в інших ґрунтово-кліматичних зонах України, відмінних від умов Західного Лісостепу, зокрема Івано-Франківської області. Для розробки економічно обґрунтованої системи удобрення ячменю озимого, яка врахувала б рівень родючості ґрунту, умови зволоження, попередник, рівень агротехніки, сорти, необхідні додаткові наукові дослідження з відповідними коефіцієнтами використання поживних речовин.

З літературних джерел відомо, що орієнтовні коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту для ячменю озимого такі: азот – 20–35; фосфор – 5–15; калій 8–20, а з мінеральних добрив коефіцієнти використання поживних речовин коливаються в таких межах: азоту 50–80; фосфору 20–45; калію 55–80 [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Програмування врожаю стає одним з головних напрямів науково-технічного прогресу в сільському господарстві. Під програмуванням розуміють створення чіткого регулювання факторів росту та розвитку рослин і в підсумку врожаю сільськогосподарських культур, зокрема ячменю озимого. Проте сільськогосподарська наука має ще недостатньо даних щодо регулювання факторів у польових умовах. Урожайність і якість ячменю озимого залежать від комплексу чинників його росту і розвитку: переважно від родючості ґрунтів, кількості внесених добрив, сортів і якості насіння, рівня агротехнічних прийомів. Дослідження з

програмування врожаїв у різних зонах України на різних типах ґрунтів з ячменем озимим проводили чимало дослідників [4–6].

Сьогодні наукові основи програмування врожаю розробляють у понад двадцяти наукових закладах України. Рекомендовані ними методи широко впроваджують при вирощуванні основних сільськогосподарських культур, зокрема ячменю озимого [5].

В основі визначення раціональних норм добрив є балансовий метод розрахунку за кожним елементом живлення. Розрахунково-балансовий метод ґрунтується на зіставленні валового засвоєння елементів живлення запрограмованою урожайністю з можливим винесенням їх за рахунок запасів елементів живлення у ґрунті [3].

У Лісостеповій зоні під ячмінь озимий рекомендовано вносити $N_{45-60}P_{45-60}K_{45-60}$. Норми добрив зменшують після кращих попередників і підвищують після стерньових і кукурудзи. На ґрунтах зі середнім рівнем забезпеченості рослин рухомими формами основних елементів живлення оптимальною нормою мінеральних добрив під ячмінь озимий є $N_{90-120}P_{90-100}K_{90-100}$ [3; 6].

Рекомендовані норми мінеральних добрив у різних ґрунтово-кліматичних зонах різні, причому різняться вони переважно від типу ґрунту попередника і сорту. Тому необхідно було встановити в умовах Західного Лісостепу на темно-сірих опідзолених ґрунтах для сорту ячменю озимого Монро розрахункові норми внесення мінеральних добрив на запрограмовану урожайність 5,0, 5,5 і 6,0 т/га для досягнення найкращих показників її продуктивності та якості.

Постановка завдання. Основним завданням наших досліджень було встановити вплив рівня мінерального удобрення на запрограмовану урожайність 50, 55 і 60 ц/га ячменю озимого сорту Монро на темно-сірих опідзолених ґрунтах Західного Лісостепу України.

Виклад основного матеріалу. Для одержання запрограмованого врожаю ячменю озимого дослідження проводили впродовж 2018–2021 рр. в умовах Рогатинського району Івано-Франківської області. Вміст рухомих форм азоту, фосфору і

калію в темно-сірому опідзоленому ґрунті такий: легкогідролізованого азоту за Тюріним-Коновою – 9,2 мг, рухомого фосфору – 10,7 мг і обмінного калію за Чириковим – 11,6 мг на 100 г ґрунту.

Схема досліду передбачала такі варіанти: контроль – без добрив; рекомендована норма для заданої зони – $N_{60}P_{60}K_{60}$; розрахункова норма добрив – $N_{77,7}P_{82,2}K_{79,1}$ під запрограмовану врожайність 5,0 т/га; розрахункова норма добрив – $N_{95,9}P_{98,5}K_{97,0}$ під запрограмовану врожайність 5,5 т/га; розрахункова норма добрив – $N_{114,0}P_{114,7}K_{114,8}$ під запрограмовану врожайність 6,0 т/га.

Азотні добрива у формі аміачної селітри (34 %, ГОСТ 2-85) вносили восени в передпосівну культивуацію та навесні у III і IV етапах органогенезу. Фосфорні у формі гранульованого суперфосфату (19 %, ГОСТ – 5956-78) і калійні у формі калію хлористого (56 %, ГОСТ 4568-95) вносили в передпосівну культивуацію. При постановці польового досліду послуговувалися методикою Б. А. Доспехова [1]. Загальна площа ділянки досліду – 150 м², облікова – 104 м². Попередником ячменю озимого була вико-вівсяна

суміш, під яку вносили мінеральні добрива в нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Вирощували районований сорт ячменю озимого Монро, занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні з 2018 року. Технологія вирощування загальноприйнята для Західного Лісостепу України. Агrometeorологічні умови були сприятливими впродовж проведення досліджень. Вміст білка визначали за методикою Барнштейна (ГОСТ 10846-91), крохмалю – поляриметричним методом за Еверсом.

Розрахунок норми азоту, фосфору і калію під запрограмовану врожайність 5,0, 5,5 і 6,0 т/га проводили за формулою [3]:

$$H_{азоту} = \frac{100 \times V \times B - C \times K_z}{K_o},$$

де V – запрограмована урожайність, т/га; B – винос елементів живлення для формування 1 т зерна, кг; C – запас рухомих сполук елемента живлення у ґрунті, кг/га; K_z – коефіцієнт використання поживних речовин з ґрунту; K_o – коефіцієнт засвоєння елемента живлення з добрив.

$$H_{азоту} = \frac{100 \times V \times B - C \times K_z}{K_o} = \frac{100 \times 5,0 \times 29 - 276 \times 30}{80} = \frac{8980}{80} = 77,7 \text{ кг/га};$$

$$H_{фосфору} = \frac{100 \times V \times B - C \times K_z}{K_o} = \frac{100 \times 5,0 \times 13 - 321 \times 10}{40} = \frac{3290}{40} = 82,2 \text{ кг/га};$$

$$H_{калію} = \frac{100 \times V \times B - C \times K_z}{K_o} = \frac{100 \times 5,0 \times 25 - 348 \times 20}{70} = \frac{5540}{70} = 79,1 \text{ кг/га};$$

$$H_{азоту} = \frac{100 \times V \times B - C \times K_z}{K_o} = \frac{100 \times 5,5 \times 29 - 276 \times 30}{80} = \frac{7670}{80} = 95,9 \text{ кг/га};$$

$$H_{фосфору} = \frac{100 \times V \times B - C \times K_z}{K_o} = \frac{100 \times 5,5 \times 13 - 321 \times 10}{40} = \frac{2990}{40} = 98,5 \text{ кг/га};$$

$$H_{калію} = \frac{100 \times V \times B - C \times K_z}{K_o} = \frac{100 \times 5,5 \times 25 - 348 \times 20}{70} = \frac{6420}{70} = 97,0 \text{ кг/га};$$

$$H_{азоту} = \frac{100 \times V \times B - C \times K_z}{K_o} = \frac{100 \times 6,0 \times 29 - 276 \times 30}{80} = \frac{9120}{80} = 114,0 \text{ кг/га};$$

$$H_{фосфору} = \frac{100 \times V \times B - C \times K_z}{K_o} = \frac{100 \times 6,0 \times 13 - 321 \times 10}{40} = \frac{4590}{40} = 114,7 \text{ кг/га};$$

$$H_{калію} = \frac{100 \times V \times B - C \times K_z}{K_o} = \frac{100 \times 6,0 \times 25 - 348 \times 20}{70} = \frac{8315}{70} = 114,8 \text{ кг/га};$$

У таблиці подано фактичну врожайність, вміст білка і крохмалю у зерні ячменю озимого у середньому за 2019–2021 рр.

Найбільшу врожайність 5,81 т/га, у середньому за роки досліджень, одержали за внесення розрахункових мінеральних добрив у

нормі $N_{114,0}P_{114,7}K_{114,8}$. Приріст урожайності до контролю у цьому варіанті становив 2,85 т/га, або 96,3 %, а до рекомендованої норми $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 1,30 т/га. Рекомендована норма $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечила урожайність 4,51 т/га, що забезпечило приріст урожайності 1,55 т/га, або 52,4 %.

Вплив розрахункових норм мінеральних добрив на врожайність і якість зерна ячменю озимого (середнє за 2019–2021 рр.)

Варіант досліджу	Урожайність, т/га	Приріст урожайності		Вміст білка, %	Вміст крохмалю, %
		ц/га	%		
Контроль – без добрив	2,96	-	-	9,3	64,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ – рекомендована норма	4,51	1,55	52,4	9,6	63,8
N _{77,7} P _{82,2} K _{79,1}	4,94	1,98	66,9	10,2	62,7
N _{95,9} P _{98,5} K _{97,0}	5,39	2,43	82,1	10,5	62,2
N _{114,0} P _{114,7} K _{114,8}	5,81	2,85	96,3	10,9	61,1

NIP₀₅

0,08-0,09 т/га

Найнижчу врожайність ячменю озимого, 2,96 т/га, одержали у контрольному варіанті – без внесення добрив.

Найвищий вміст білка 10,9 % одержали за внесення розрахункової норми у варіанті за N_{114,0}P_{114,7}K_{114,8} на запрограмовану врожайність 6,0 т/га. У інших варіантах вміст білка був дещо нижчий, і найнижчим він був у контрольному варіанті – 9,3 %.

Найвищий вміст крохмалю – 64,2 % – одержали у контрольному варіанті. В інших варіантах вміст крохмалю був дещо нижчий, і найнижчим – 61,1 % – він був за внесення розрахункової норми у варіанті за N_{114,0}P_{114,7}K_{114,8} на запрограмовану врожайність 6,0 т/га.

Найнижчий прибуток 9556 грн/га і рівень рентабельності 59,3 % одержано у контрольному варіанті – без внесення добрив. У третьому і четвертому варіантах досліджу чистий прибуток і рівень рентабельності відповідно становили 12835 і 14675 грн/га та 68,8 і 75,6 %.

Найвищу економічну ефективність одержано за внесення мінеральних добрив у нормі N_{114,0}P_{114,7}K_{114,8} на запрограмований урожай 6,0 т/га, але фактично одержаний 5,81 т/га: чистий прибуток – 16498 грн/га; рівень рентабельності – 82,6 %.

Висновки. В умовах Західного Лісостепу України на темно-сірих опідзолених ґрунтах за вирощування ячменю озимого сорту Монро після

вико-вівсяної суміші найбільш доцільно вносити мінеральні добрива під запрограмовану врожайність 5,0 т/га в нормі N_{77,7}P_{82,2}K_{79,1}, 5,5 т/га в нормі N_{95,9}P_{98,5}K_{97,0} і 6,0 т/га в нормі N_{114,0}P_{114,7}K_{114,8}. За такого внесення мінеральних добрив одержали приблизно такі ж урожайності, як і запрограмовані – 4,94, 5,39 і 5,81 т/га з вмістом білка від 10,2 до 10,9 %.

Бібліографічний список

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Лихочвор В. В., Проць Р. Р., Долежал Я. Ячмінь. Львів: НВФ «Українські технології», 2003. 88 с.
3. Лопушняк В. І., Шевчук М. Й., Полохович М. М., Пархуць Б. І., Пархуць І. М. 555 запитань і відповідей з агрохімії та агрохімсервісу: навч.-довід. посіб. / за ред. В. І. Лопушняка. Львів: Простір-М, 2018. 488 с.
4. Черенков А. В. Вплив строків сівби та мінерального живлення на формування показників якості зерна ячменю озимого. URL: <http://www.institut-zerna.com/library/pdf2/17.pdf>. (дата звернення: 24.04.2022).
5. Шаповал М. І. Основи програмування врожайності зернових культур. *Науковий вісник: зб. наук. праць*. 2007. Вип. 55. Тернопіль, 2007. С. 180–185.
6. Шкатула Ю. М., Барський Д. О. Урожайність озимого ячменю залежно від системи удобрення. *Сільське господарство та лісівництво. Вінницький НАУ*. 2021. № 21. С. 82–95.

Стаття надійшла 28.04.2022

УДК 631.82:633.16(292.485)(477)

АГРОХІМІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

Н. Вега, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0003-2609-0393

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.197>

Вега Н. Агрохімічна оцінка впливу мінеральних добрив та позакореневого підживлення на врожайність ячменю ярого в умовах Західного Лісостепу

Представлено результати досліджень впливу різних норм мінеральних добрив та позакореневого застосування добрива мікроелементного складу на зміну показників урожайності ячменю ярого на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу. Дослідження супроводжувалися закладанням двофакторного польового досліду. Фактор А передбачав внесення різних норм мінеральних добрив: 1) без добрив (контроль); 2) $N_{30}P_{30}K_{30}$; 3) $N_{45}P_{45}K_{45}$; 4) $N_{60}P_{60}K_{60}$. Відповідно до схеми досліду Фактор В передбачав варіанти позакореневого підживлення посівів: 1) обприскування водою; 2) Вітазім, 1,0 л/га. Мінеральні добрива вносили у формі нітроаммофоски під культивування. Позакоренево внесення добрива Вітазім проводили у фазу кушіння ячменю ярого.

Встановлено високу ефективність застосування мінеральних добрив та листового підживлення мікроелементним добривом Вітазім у підвищенні врожайності ячменю ярого. На фоні внесення мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{45}P_{45}K_{45}$ та обприскування водою отримано врожайність зерна на рівні, відповідно 4,54 і 5,09 т/га. Перевищення неудобраного варіанта становило 0,41 і 0,96 т/га. У варіанті застосування вищої норми мінеральних добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ показник був вищим і становив 5,39 т/га.

Позакоренево підживлення посівів ячменю ярого добривом Вітазім на фоні мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило приріст урожайності відносно варіанта самих мінеральних добрив 0,13 т/га, $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 0,21 т/га. Рівень урожайності становив відповідно 4,68 та 5,30 т/га. Найвищий показник отримано за проведення підживлення на фоні удобрення у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$, де становив 5,62 т/га, що перевищувало варіант без підживлення на 0,23 т/га.

У результаті проведення регресійного аналізу встановлено тісний кореляційний зв'язок між урожайністю ячменю ярого та нормами застосування мінеральних добрив на темно-сірому опідзоленому ґрунті. Коефіцієнт детермінації R^2 становить 0,96.

Встановлено істотну залежність приростів урожайності ячменю ярого за позакореневого підживлення посівів мікроелементним добривом Вітазім на мінеральному фоні від норм мінеральних добрив. Коефіцієнт детермінації, який характеризує тісноту зв'язку, був на рівні 0,92, тобто зв'язок між ознаками тісний.

Ключові слова: норма удобрення, листове живлення, урожай зерна, ячмінь ярий, Вітазім.

Veha N. Agrochemical assessment of the impact of mineral fertilizers and foliar fertilization on the yield of spring barley in the Western Forest-Steppe

The article presents findings of research on the influence of various norms of mineral fertilizers and foliar application of micro element fertilizer on the change of spring barley productivity on dark-gray podzolic soil of the Western Forest-Steppe. The research was accompanied by a two-factor field experiment. Factor A provided for the application of different rates of mineral fertilizers: 1) without fertilizers (control); 2) $N_{30}P_{30}K_{30}$; 3) $N_{45}P_{45}K_{45}$; 4) $N_{60}P_{60}K_{60}$. According to the scheme of the experiment, Factor B included options for foliar fertilization of crops: 1) spraying with water; 2) Vitazim, 1.0 l/ha. Mineral fertilizers were applied in the form of nitroammophoska for cultivation. Foliar application of Vitazim fertilizer was carried out in the tillering phase of spring barley.

The high efficiency of mineral fertilizers and foliar fertilization of Vitazim microelement fertilizer in increasing the yield of spring barley has been established. On the background of applying mineral fertilizers in the norm of $N_{30}P_{30}K_{30}$ and $N_{45}P_{45}K_{45}$ and spraying with water, the grain yield was obtained at the level of 4.54 and 5.09 t/ha respectively. The excess of the option without fertilizers was 0.41 and 0.96 t/ha. In the variant of the application norm of mineral fertilizers $N_{60}P_{60}K_{60}$ the indicator was higher and amounted to 5.39 t/ha.

Foliar fertilization of spring barley crops with Vitazim fertilizer on the background of mineral fertilizers in the norm $N_{30}P_{30}K_{30}$ provided an increase in yield of 0.13 t/ha comparing to the variant of mineral fertilizers, $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 0.21 t/ha. The yield level was 4.68 and 5.30 t/ha respectively. The highest rate was obtained under fertilization on the background of fertilizer in the norm $N_{60}P_{60}K_{60}$, where it was 5.62 t/ha, which exceeded the option without fertilization by 0.23 t/ha.

As a result of regression analysis, a close correlation was established between the yield of spring barley and the norms of mineral fertilizers application on dark gray podzolic soil. The coefficient of determination R^2 is 0.96.

The dependence of spring barley yield increases under foliar fertilization of crops with microelement fertilizer Vitazym on a mineral background on the norms of mineral fertilizers was established. The coefficient of determination, characterizing the closed connection, was at the level of 0.92, confirming close relationship between the features.

Key words: fertilizer rate, foliar nutrition, grain yield, spring barley, Vitazym.

Постановка проблеми. Останніми роками умови вегетаційного періоду Західного Лісостепу характерні значними перепадами температури та нерівномірним розподілом опадів упродовж вегетації. Часто бездощовий період припадає на критичні фази росту та розвитку ячменю ярого, а ефективність гранульованих мінеральних добрив, як відомо, знижується за посушливих умов. Оптимальна забезпеченість рослин ячменю ярого елементами мінерального живлення у цей період – визначальний чинник у формуванні урожайності.

Застосування позакоренових підживлень добривами дає змогу компенсувати брак макро- та мікроелементів у період активного росту рослин за несприятливих умов вегетації [5]. Проте ефективність позакоренового внесення добрив у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах потребує вивчення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сучасному етапі аграрного виробництва актуальним залишається питання удосконалення системи удобрення ячменю ярого як вагомого чинника підвищення його продуктивності. Науково обґрунтована система удобрення, яка поєднує збалансоване живлення основними макроелементами, зокрема азотом, фосфором і калієм, та мікроелементами – бором, цинком, молібденом, кобальтом, купрумом, підвищує інтенсивність протікання фізіологічних процесів у рослині, що забезпечує формування високого врожаю [2].

У джерелах [1; 3; 4] зазначено, що застосування позакоренових листових підживлень ячменю ярого мікродобривами, хелатами мікроелементів сприяє реалізації його потенціалу продуктивності, зростанню площі листової поверхні, забезпечує збільшення врожайності на 10–25 % та поліпшення показників якості зерна.

Постановка завдання. Наше завдання – встановити вплив норм мінеральних добрив та позакоренового підживлення ячменю ярого мікроелементним добривом на показники врожайності в умовах темно-сірого опідзоленого ґрунту зони Західного Лісостепу.

Виклад основного матеріалу. З метою вивчення впливу удобрення на закономірність

зміни урожайності ячменю ярого проводили польові дослідження впродовж 2019–2021 рр. Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий, до закладки досліду у верхньому шарі (0–20 см) мав низьку забезпеченість легкогідролізованим азотом, визначеним за методикою Корнфілда – на рівні 112 мг/кг ґрунту. Забезпеченість ґрунту рухомими сполуками фосфору і обмінними сполуками калію (за Чириковим) відзначалася як середня – 94 та 78 мг/кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної ($\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,6$).

Дослідження виконані закладанням двофакторного польового досліду. Фактор А передбачав варіанти мінерального удобрення: 1) без добрив (контроль); 2) $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$; 3) $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$; 4) $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$. Фактор В – варіанти позакоренового підживлення посівів добривом з умістом мікроелементів на фоні норм мінеральних добрив: 1) обприскування водою; 2) Вітазім, 1,0 л/га.

Із мінеральних добрив вносили нітроамофоску (N:P:K – 16:16:16) під культивуацію. Позакоренове підживлення ячменю ярого добривом Вітазім проводили у фазу кушіння.

Вітазім виробляють як мікроелементне добриво. У його хімічному складі міститься Zn – 0,06 %, Cu – 0,07 %, Fe – 0,2 %, K_2O – 0,8 %, а також органічні кислоти, лігносульфат кальцію, екстракти водоростей, ензими.

Повторність досліду триразова. Облікова площа ділянки – 35 м². Попередником ячменю ярого у польовому досліді були кормові боби. Технологія вирощування була загальноприйнятою для ґрунтово-кліматичної зони Західного Лісостепу.

Дисперсійний аналіз даних урожайності здійснювали у програмі *Statistica 5.0*, з метою проведення регресійного аналізу використовували *Microsoft Excel*.

Дослідженнями встановлено позитивний вплив норм мінеральних добрив та позакоренових підживлень мікроелементним добривом на показники врожайності ячменю ярого (табл.).

Згідно з отриманими результатами досліджень, вирощування ячменю ярого у варіанті без внесення добрив, де рослини розвивалися, використовуючи природну родючість ґрунту, отри-

мано найнижчу врожайність – 4,13 т/га. Унаслідок застосування мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$ та обприскування водою спостерігали підвищення показника до 4,54 т/га, що перевищувало варіант без добрив на 0,41 т/га, або 9,9 %. Покращання умов мінерального живлення ячменю ярого у третьому варіанті з внесенням

$N_{45}P_{45}K_{45}$ сприяло зростанню врожайності до 5,09 т/га, перевищення контролю становило 0,96 т/га, або 23,2 %. Найвищу врожайність без проведення підживлення отримано за внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$, яка становила 5,39 т/га і була вищою від неудобреного фону на 1,26 т/га, або 30,5 %.

Таблиця

Вплив мінеральних добрив та позакореневого підживлення на врожайність ячменю ярого, середнє за 2019–2021 рр.

Фактор А (норми мінеральних добрив)	Фактор В (позакоренево підживлення)	Урожайність, т/га	Приріст, т/га	
			до без добрив	до фону
1. Без добрив (контроль)	Обприскування водою	4,13	–	–
	Вітазим, 1,0 л/га	4,22	–	0,09
2. $N_{30}P_{30}K_{30}$	Обприскування водою	4,54	0,41	–
	Вітазим, 1,0 л/га	4,68	–	0,13
3. $N_{45}P_{45}K_{45}$	Обприскування водою	5,09	0,96	–
	Вітазим, 1,0 л/га	5,30	–	0,21
4. $N_{60}P_{60}K_{60}$	Обприскування водою	5,39	1,26	–
	Вітазим, 1,0 л/га	5,62	–	0,23
НП ₀₅		А – 0,23, В – 0,12, АВ – 0,32		

Листкове підживлення посівів ячменю ярого мікроелементним добривом Вітазим підвищувало ефективність застосування мінеральних добрив. Як наслідок, зазначений результат проявився у підвищенні показників урожайності зерна порівняно з фоном самих мінеральних добрив. Внесення добрива Вітазим у варіанті без добрив забезпечувало зростання рівня врожаю на 0,09 т/га відносно фону. У варіантах із внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$ урожайність зростає порівняно з варіантами без підживлення, відповідно, на 0,13 та 0,21 т/га і становила 4,68 та 5,30 т/га. На фоні мінерального живлення $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Вітазим, 1,0 л/га показник мав найвище значення – 5,62 т/га, що перевищувало варіант фону мінеральних добрив на 0,23 т/га.

Достовірність різниці між варіантами доведено статистично.

Для більш повного обґрунтування отриманих результатів досліджень проведено регресійний аналіз. Встановлено істотну залежність урожайності ячменю ярого від норм внесення мінеральних добрив, яку описують рівнянням лінійної регресії:

$$y = 0,007x + 4,062, \quad (1)$$

де y – урожайність ячменю ярого за внесення мінеральних добрив та обприскування водою, т/га; x – норми мінеральних добрив, кг/га.

Між ознаками існує тісний кореляційний зв'язок, коефіцієнт детермінації (R^2) становить 0,96.

У процесі досліджень виявлено залежність приростів урожайності ячменю ярого за листового внесення добрива Вітазим на фонах мінерального живлення від норм мінеральних добрив. Отримана залежність виражається рівнянням регресії:

$$y = 0,001x + 0,081, \quad (2)$$

де y – прирости урожайності зерна від позакореневого підживлення ячменю ярого добривом мікроелементного складу Вітазим, т/га; x – норми мінеральних добрив, кг/га.

Коефіцієнт детермінації R^2 становить 0,92, що вказує на сильний кореляційний зв'язок між факторами.

Висновки. Застосування фонового мінерального удобрення та позакореневого підживлення посівів ячменю ярого препаратом Вітазим із вмістом мікроелементів у нормі 1 л/га сприяє підвищенню врожайності зерна на темно-сірому лісовому опідзоленому середньогумусному ґрунті в умовах Західного Лісостепу. Найвищу врожайність на рівні 5,62 т/га забезпечувало внесення Вітазиму на листки на фоні мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Приріст урожаю відносно фону мінеральних добрив становив 0,23 т/га.

Бібліографічний список

1. Господаренко Г. М., Машинник О. О. Вплив позакореневих підживлень мікродобривами на продуктивність ячменю ярого на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу. *Збірник наукових праць ВНА*. 2011. № 9 (49). С. 3–10.
2. Касаткіна Т. О., Гамаюнова В. В. Вплив ресурсозберігаючих елементів технології на продуктивність рослин ячменю ярого в умовах Південного Степу України. *Інноваційні технології в рослинництві: матеріали наукової інтернет-конференції, 15 травня 2018 року*. Кам'янець-Подільський, 2018. С. 80–82.
3. Поліщук М. І., Поліщук А. М. Продуктивність ячменю ярого залежно від позакореневих підживлень в умовах Лісостепу Правобережного. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти: зб. тез II Міжнар. наук.-практ. конф., 10–12 квітня 2019 року*. ДУ НМЦ «Агроосвіта», Київ – Миколаїв – Херсон, 2019. С. 200–202.
4. Рожков А. О., Гутянський Р. А. Динаміка формування площі листя рослин ячменю ярого залежно від впливу норми висіву та позакореневих підживлень. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 4. С. 32–37.
5. Wójcik P. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2004. № 12. P. 201–218.

Стаття надійшла 30.05.2022

Розділ 7

ТВАРИННИЦТВО

УДК 636.2:633.8:637.12

ВПЛИВ ЗГОДОВУВАННЯ КОРОВАМ НАСІННЯ РІПАКУ НА МОЛОЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ, ЯКІСТЬ І ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МОЛОКА Й МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

С. Павкович¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-0844-3071

С. Вовк², д. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-8387-1343

В. Бальковський¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-3995-1909

Н. Огородник¹, д. вет. н.

ORCID ID: 0000-0002-7428-9973

І. Дудар¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4467-9946

М. Іванків¹, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-4911-2877

¹ Львівський національний університет природокористування

² Інститут сільського господарства Карпатського регіону України

<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.201>

Павкович С., Вовк С., Бальковський В., Огородник Н., Дудар І., Іванків М. Вплив згодовування коровам насіння ріпаку на молочну продуктивність, якість і технологічні властивості молока й молочних продуктів

Подано результати досліджень впливу згодовування коровам у першу фазу лактації подрібненого насіння ріпаку на молочну продуктивність, органолептичні та фізико-хімічні показники молока, йогурту та сиру кисломолочного.

У першу фазу лактації у корів спостерігали негативний енергетичний баланс. Це призводить до інтенсивного використання поживних речовин організму для синтезу молока, що супроводжується різким зниженням вгодованості тварин, зменшенням молочної продуктивності, порушенням репродуктивних функцій та може бути причиною розвитку кетозу, ацидозу, жирового переродження печінки. Забезпечення корів у вказаний період необхідною кількістю метаболічної енергії, джерелом якої для жуйних є вуглеводи, часто неможливе. Тому потребу корів у енергії частково поповнюють за рахунок жировмісних кормів, що дає змогу підвищити його енергетичну цінність, не змінюючи при цьому співвідношення грубих і концентрованих кормів.

Досліди проводили на коровах української чорно-рябої молочної породи першої фази лактації у зимово-стійловий період. Тварини були розділені на дві групи за принципом аналогів. Тварини першої групи отримували типовий раціон. До раціону корів другої групи замість частини зернової суміші вводили подрібнене насіння безерукового і низькоглюкозинолатного сорту ріпаку. Раціони обох груп тварин були збалансовані за енергією та окремими речовинами.

Використання у складі раціону корів насіння ріпаку збільшило надій молока, вміст білка і лактози в молоці та вихід молочного жиру, білка і молочного цукру за період дослідження.

Згодовування тваринам ріпакового насіння не позначилося негативно на органолептичних показниках молока та виготовлених із нього йогурту і сиру кисломолочного.

Йогурт, виготовлений із молока корів, до складу раціону яких вводили насіння ріпаку, мав більш густу консистенцію та менше виділяв сироватку під час зберігання.

Сир кисломолочний, виготовлений із молока корів, яким згодовували насіння ріпаку за фізико-хімічними показниками, відповідав вимогам Держстандарту.

Ключові слова: насіння ріпаку, годівля, корови, молоко, молочні продукти.

Pavkovich S., Vovk S., Balkovskiy V., Ohorodnyk N., Dudar I., Ivankiv M. Impact of feeding cows with rapeseed on their milk yield, quality and technological characteristics of milk and dairy products

The article presents findings of the research on the impact of feeding cows in the first lactation phase with the crushed rapeseed on their milk yield, organoleptic, physical and chemical properties of milk, yoghurt and farm cheese.

While conducting the experiment, the researchers marked a negative energy balance in the first phase of cow lactation. It forced an intensive exploitation of body tissues to synthesize milk that happened simultaneously with a rapid reduction of animals' live quality, fall of milk productivity, disturbance of reproductive functions, and could finally cause development of ketosis, acidosis, fatty degeneration of the liver. It is often a problem to provide cows with the required amount of metabolic energy in that period, as it is mostly obtained by ruminants with carbohydrates. Therefore, the cows' demand for energy is partially supplied due to fat-containing fodder. Introduction of such fodder into cows' diet can increase its energy value without violating the ratio of coarse and concentrated fodder.

To conduct the experiment, the researchers used cows of Ukrainian black-spotted dairy breed in the first lactation phase during the winter stall period. The animals were divided into two groups by the principle of analogues. Animals of the first group were fed according to the typical diet. A share of grain mixture in the diet of the second group animals was substituted with crushed rapeseed varieties not containing erucic acid and having a low content of glucosinolate. Diets of both groups were balanced by their energy content and shares of separate elements.

Use of rapeseed in cows' diet contributed to a better milk yield, higher content of protein and lactose in milk, and outcome of milk fat, protein and milk sugar during the studied period.

Feeding animals with rapeseed made no negative impact on the organoleptic properties of milk, as well as yoghurt and farm cheese produced of it.

The yoghurt, made of the milk of cows, fed with rapeseed, had thicker consistency and produces less serum while storing.

Properties of farm cheese, produced of the milk of cows, fed with rapeseed, complied with all physical and chemical indicators of the State Standard requirements.

Key words: rapeseed, feeding, cows, milk, dairy products.

Постановка проблеми. Успішне ведення молочного тваринництва залежить від умов утримання, стану здоров'я та продуктивності корів. Обмін речовин в організмі тварин після отелення дуже інтенсивний, оскільки змінюється гормональний фон, а енергія й поживні речовини корму перетворюються у складові молочива і молока.

Одразу після отелення, через зменшення об'єму рубця в сухостійний період і збільшення матки за рахунок ростучого плода, корова не може споживати необхідну кількість корму для забезпечення своєї потреби в поживних речовинах та енергії. При цьому підвищення молочної продуктивності збільшує потребу в енергії, а для відновлення нормального об'єму рубця потрібен час, тому впродовж першої третини лактації спостерігаємо брак енергії [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Вуглеводи, які надходять в організм тварини із кормом, є основним джерелом енергії. За їх браку знижується синтез глюкози в печінці, внаслідок чого в обмінні процеси включаються резерви організму, зокрема ендогенний жир і білок, що призводить до зниження маси тіла корів [8]. Наслідки браку енергії – зниження молочної продуктивності корів та якісних показників молока у поточну та наступну лактації. Водночас знижується імунітет, збільшується термін інволюції статевих органів, спостерігається атонія матки,

порушуються функції яєчників та збільшується тривалість сервіс-періоду [1].

Відомо, що перша фаза лактації характерна негативним енергетичним балансом в організмі корів і максимальною молочною продуктивністю [3]. У вказаний період корови потребують збільшення кількості глюкози для синтезу лактози й молочного жиру. За браку глюкози потреба в енергії починає забезпечуватися завдяки мобілізації жирових запасів тіла корів. Якщо засвоєння печінкою жирів стає надмірним, то збільшується синтез в організмі кетонових тіл - ацетону, ацетооцтової і β -оксималяної кислот, виникають кетози [6].

Для підвищення вмісту енергії в раціоні корів часто застосовують концентратний тип годівлі. Проте це знижує кількість клітковини в раціоні, що призводить до збільшення пропіонової та масляної кислот у рубці й порушення обміну речовин [7].

Концентратний тип годівлі корів супроводжується посиленням молочнокислого бродіння та підвищенням кислотності вмісту рубця. Це змінює співвідношення ацетату і пропіонату, призводить до ацидозу в організмі і зменшення вмісту жиру в молоці [12].

Введення до складу раціону в першу фазу лактації жирових добавок позитивно позначається на енергетичному балансі в організмі корів. Проте нативний жир рослинного походження негативно

впливає та рубцеве травлення [2]. Використання ж у складі раціону корів «захищених» жирів, зокрема у складі насіння олійних культур, знижує негативний вплив жирів на життєдіяльність рубцевих мікроорганізмів та дозволяє зберегти частку жирів тіла тварин, необхідних для утворення молока, внаслідок чого корови менше втрачають масу тіла, зменшується навантаження на печінку, що важливо для корів у першій фазі лактації [9–11].

Постановка завдання. Завдання нашого дослідження – вивчити вплив згодовування лактуючим коровам у складі основного раціону подрібненого насіння ріпаку на молочну продуктивність, якість і технологічні властивості молока й молочних продуктів.

Виклад основного матеріалу. Досліди проводили на коровах української чорно-рябої молочної породи впродовж перших 100 днів лактації у зимово-стійловий період. Тварини були розділені на дві групи по п'ять голів у кожній за принципом аналогів. Контрольній групі корів згодовували раціон, до якого входили: сіно бобово-злакове, силос кукурудзяний, дерть пшенична, дерть ячмінна, макуха соняшникова, сіль кухонна, моонатрійфосфат, премікс. Тваринам другої групи замість частини концентратів згодовували подрібнене насіння ріпаку в кількості, еквівалентній 2 % олії від сухої речовини. Ріпак, використовуваний у дослідженнях, належав до безрукового і низькоглюкозинолатного сорту. Раціони тварин обох груп були збалансовані за енергією й поживними речовинами.

Кількість одержаного молока вираховували щоденно. У зразках молока і сиру кисломолочного вміст жиру визначали кислотним методом, загальну

кількість білка – методом формольного титрування, вміст лактози – рефрактометрично. Органолептичні показники йогурту оцінювали згідно з ДСТУ 4343:2004 «Йогурти. Загальні технічні умови» [4] та «Інструкцією про порядок проведення органолептичної оцінки м'ясо-молочних продуктів». У йогурті визначали титровану кислотність титрометричним методом, умовну в'язкість – за часом витікання продукту місткістю 100 см³ з вихідним отвором 5 мм, ступінь синерезису – за кількістю сироватки, що виділяється за 1 годину вільного фільтрування. Органолептичні показники сиру кисломолочного оцінювали згідно з ДСТУ 4554:2006 «Сир кисломолочний. Технічні умови» [5].

Отримані результати обробляли біометрично за допомогою MS Excel.

Із наведених у табл. 1 результатів впливу введення до раціону корів подрібненого насіння ріпаку на молочну продуктивність корів бачимо, що корови другої групи мали вищу молочну продуктивність, ніж тварини першої. Зокрема середньодобовий надій за перші 100 днів лактації у них був більшим на 4,9 %.

Таку саму тенденцію спостерігали й за середньодобовим надоем молока базисної жирності. Зокрема за добу від корів другої групи одержали на 5,1 % більше молока 3,4 % жирності, ніж першої. Вміст жиру в молоці корів другої групи був на 0,02 % меншим за контрольну групу, проте кількість одержаного молочного жиру за весь дослідний період була на 4,4 % більша. Вміст білка в молоці корів другої групи був на 0,04 % вищим, ніж у першій, а за всі 100 днів лактації його одержали більше на 6,3 % ($p < 0,05$). Вміст молочного цукру в корів другої групи був на 0,03 % більшим, ніж у молоці першої групи, а за дослідний період його одержали більше на 5,6 %.

Таблиця 1

Молочна продуктивність корів ($M \pm m$, $n = 5$)

Показник	Група тварин	
	1	2
Середньодобовий надій, кг	18,2±0,48	19,1±0,35
Середньодобовий надій у перерахунку на молоко 3,4 % жирності	19,6±0,52	20,6±0,41
Одержано молока 3,4 % жирності, кг	1964±61,5	2056±53,2
Вміст жиру в молоці, %	3,67±0,02	3,65±0,03
Одержано молочного жиру, кг	66,79±1,4	69,72±1,0
Вміст білка в молоці, %	3,22±0,03	3,26±0,03
Одержано молочного білка, кг	58,6±0,9	62,27±1,2*
Вміст лактози в молоці, %	4,77±0,05	4,8±0,04
Одержано лактози, кг	86,81±2,3	91,68±2,6

Примітка. У цій і наступній таблицях достовірні різниця між контрольною і дослідною групами * - $p < 0,05$, ** - $p < 0,01$

Окрім того, оцінили органолептичні й фізико-хімічні показники якості молока, а також технологічні властивості молока і контрольне виготовлення йогурту та сиру кисломолочного.

Органолептична оцінка молока показала, що воно відповідає вимогам Держстандарту. Сире молоко, одержане від корів обох груп, було білого кольору, приємного, специфічного запаху, ледь солодкуватого, специфічного смаку, однорідної консистенції, без слизу, пластівців, не тягуче.

Якість виготовленої молочної продукції безпосередньо залежить від якості вихідної сировини. Для встановлення придатності молока

до виготовлення з нього кисломолочних продуктів його сквашували за допомогою йогуртової симбіотичної закваски болгарської палички і термофільного стрептокока, в термостаті за температури 40–42 С. Результати оцінки якості йогурту подано в табл. 2.

Органолептичні показники йогурту, виготовленого з молока досліджуваних груп корів, цілком відповідали вимогам Держстандарту. Смак продукту був чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків і запахів, консистенція однорідна, ніжна, в міру щільна, без газоутворення, колір білий, рівномірний за всією масою.

Таблиця 2

Якісні показники йогурту

Показник	ДСТУ 4343:2004	Група тварин	
		1	2
Смак і запах	Чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків і запахів	Чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків і запахів	
Консистенція	Однорідна, ніжна, з порушенням або непорушенням згустком, у міру щільна, без газоутворення	Однорідна, ніжна, у міру щільна, без газоутворення	
Колір	Від білого до світло-жовтого	Білий	
Кислотність, °Т	80–140	84,3±0,38	84,5±0,31
Умовна в'язкість, с	-	56±2,8	66±3,2*
Ступінь синерезису, %	-	34,6±0,9	28,4±1,2**

Проте за фізико-хімічними показниками йогурт мав деякі відмінності. Зокрема використання в раціонах корів насіння ріпаку позитивно позначилося на в'язкості продукту. Так, умовна в'язкість продукту, одержаного з молока корів другої групи, становила 66 с, тоді як в'язкість продукту, одержаного з молока корів першої групи – 56 с, що на 10 с (15,2 %) менше ($p < 0,05$). Тобто йогурт, виготовлений з молока корів, до раціону яких додавали насіння ріпаку, мав гущішу консистенцію, ніж йогурт, виготовлений з молока тварин контрольної групи.

Окрім цього, йогурт, виготовлений із молока корів другої групи, менше виділяв сироватку під

час зберігання, ніж продукт, виготовлений з молока тварин контрольної групи. Так, ступінь синерезису першої групи становив 34,6 %, а другої – 28,4 %, що менше на 6,2 % ($p < 0,01$).

Виготовлений із досліджуваних зразків молока кисломолочний сир мав м'яку, розсипчасту консистенцію, характерні кисломолочні, без сторонніх присмаків і запахів смак і запах, білий, рівномірний за всією масою колір.

За фізико-хімічними показниками кисломолочний сир, виготовлений із молока корів досліджуваних груп, цілком відповідав вимогам Держстандарту (табл. 3). Зокрема масова частка жиру була в межах від 5,2 % до 5,3 %, а масова частка білка – від 18,2 % до 18,4 %.

Таблиця 3

Фізико-хімічні показники сиру кисломолочного

Показник	ДСТУ 4554:2006	Група тварин	
		1	2
Масова частка жиру, %	від 2 до 18	5,2±0,7	5,3±1,0
Масова частка білка, %, не менше ніж	14	18,2±1,2	18,4±1,1

Висновки. Згодовування коровам у першу фазу лактації подрібненого насіння ріпаку позитивно позначилося на продуктивності та якісних показниках молока і молочних продуктів. Використання у складі раціону корів цієї добавки підвищує надій та фізико-хімічні показники молока й молочних продуктів.

Бібліографічний список

1. Внутрішні хвороби тварин / В. І. Левченко, В. В. Влізло, І. П. Кондрахін та ін., за ред. В. І. Левченка. Біла Церква, 2015. Ч. 2. 610 с.
2. Вовк С. О., Павкович С. Я. Захищені ліпіди і жирні кислоти у раціонах годівлі великої рогатої худоби. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 4. С. 48–51.
3. Довідник з повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин / за наук. ред. І. І. Ібатуліна і О. М. Жукорського. Київ: Аграрна наука, 2016. 336 с.
4. ДСТУ 4343:2004 Йогурти. Загальні технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 9 с.
5. ДСТУ 4554:2006 Сир кисломолочний. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 9 с.
6. Личук М. Г., Слівінська Л. Г., Паска М. З. Функціональний стан печінки високопродуктивних корів за субклінічного кетозу. *Біологія тварин*. 2017. Вип. 19. № 4. С. 125.
7. Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин: довідник / Г. В. Проваторов, В. І. Ладика, Л. В. Бондарчук та ін. Суми: ТОВ ВТД «Університетська книга», 2007. 488 с.
8. Butler W. R., Smith R. D. Interrelationship between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 1989. Vol. 72. P. 767–783.
9. Effect of sunflower oil supplementation on methane emissions of dairy cows grazing *Urochloa brizantha* cv. *marandu* / B. Mata, Silva et al. *Animal Prod. Sci.* 2017. N 57. P. 1431–1436.
10. Including essential oils in lactating dairy cow diets: effects on methane emissions / S. Meale et al. *Anim. Prod. Sci.* 2014. N 54 (9). P. 1215–1218.
11. Petit H. V., Côrtes C. Milk production and composition, milk fatty acid profile, and blood composition of dairy cows fed whole or ground flaxseed in the first half of lactation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2010. Vol. 158. P. 36–43.
12. Rabelo E., Rezende R. L. Effects of transition diets varying in dietary energy density on lactation performance and ruminal parameters of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2003. N 86 (3). P. 916–925.

Стаття надійшла 27.04.2022

ЗМІСТ

Розділ 1 ЕКОЛОГІЯ

<i>Снітинський В., Хірівський Р., Хірівський П., Корінець Ю.</i> Маркетингове забезпечення формування і розвитку зеленого туризму у Львівській області	5
<i>Снітинський В., Дидів А., Качмар Н., Іванків М., Дацко Т.</i> Підвищення бар'єрних функцій ґрунту за безпеки забруднення кадмієм з метою одержання екологічно безпечної продукції капусти білоголової	14
<i>Снітинський В., Хірівський П., Зеліско О., Іванків М., Гнатів І.</i> Вплив антропогенних факторів на річки Західного регіону Українських Карпат	22
<i>Снітинський В., Зеліско О., Хірівський П., Мазурак О., Крехтун Б., Корінець Ю.</i> Екологічний моніторинг антропогенно-порушених земель Львівського полігону твердих побутових відходів	27
<i>Панас Н., Лисак Г., Фіранов М., Онисковець М., Лопотич Н.</i> Поводження з відходами та їхній стан на території територіальної громади міста Рава-Руська Львівської області	31
<i>Іванків М., Качмар Н., Дацко Т., Дидів А., Павлович С., Бальковський В.</i> Екологічні ризики забруднення пестицидами рудеральних і культурних біогеоценозів	38
<i>Onyskovets M., Panas N., Lopotykh N., Ivankiv M., Salamakha I.</i> Heat shock proteins as biomarkers of fish pollution	45

Розділ 2 РОСЛИННИЦТВО

<i>Лихочвор В., Косилевич Г., Андрушко О.</i> Вплив елементів живлення на врожайність озимої пшениці в умовах Західного Лісостепу України	51
<i>Лихочвор В., Гусак М.</i> Урожайність гібридів соняшнику (<i>Helianthus annuus</i>) залежно від строків сівби в умовах Західного Лісостепу	57
<i>Shuvar I., Korpita H., Dudar I., Lipińska H.</i> Competitive ability of invasive weed species and their influence on phytocenose biodiversity	63
<i>Багай Т., Лихочвор В.</i> Урожайність соняшнику (<i>Helianthus annuus</i>) залежно від гібрида в умовах Західного Лісостепу України	67
<i>Dudar I., Lytvyn O., Pavkovich S., Korpita H., Kozliuk O.</i> Yield of winter barley depending on mineral nutrition	72
<i>Тирусь М.</i> Продуктивність амаранту зернового залежно від сорту та рівнів удобрення	77
<i>Дикий О.</i> Вплив норм мінеральних добрив на густоту, тривалість вегетації та продуктивність гречки в умовах Лісостепу Західного	81

Розділ 3 ПЛОДООВОЧІВНИЦТВО

<i>Rosa R., Franczuk J., Zaniewicz-Bajkowska A., Remiszewski K., Dydiv O., Andrejiová A.</i> The influence of the biological activator nutriline on the yield and quality of onions	87
<i>Гулько Б.</i> Вплив клонових підщеп на ріст і продуктивність саджанців яблуні для органічного садівництва	94
<i>Рожко І. С., Рожко І. М.</i> Реалізація сортової продуктивності <i>Fragaria ananassa</i> Duch під впливом вітчизняних препаратів: ЗЗР, біоживлення, мікродобрив	99
<i>Дидів О.</i> Вплив рідких комплексних добрив (РКД 3:18:18) на врожайність та якість капусти пекінської	105
<i>Стефанюк С.</i> Вирощування цибулі ріпчастої в умовах Львівщини	110
<i>Дидів І., Дидів О.</i> Вплив нового регулятора росту Біоглобін на врожайність і якість петрушки коренеплідної	114

Розділ 4 СЕЛЕКЦІЯ І НАСІННИЦТВО

<i>Завірюха П.</i> Вплив вихідних компонентів схрещування на формування селекційно-цінних ознак у гібридних нащадків картоплі	121
<i>Panasiuk R.</i> Breeds of ukrainian selection and their productivity in the conditions of Western Forest Steppe	128

Розділ 5 ЗАХИСТ РОСЛИН

<i>Туренко В., Горяїнова В., Жукова Л.</i> Хвороби люцерни та концептуальні основи захисту у Східному Ліссостепі України.....	132
<i>Туренко В., Синявін А.</i> Особливості патогенезу білої плямистості суниці садової в умовах східної частини Ліссостепу України.....	137
<i>Димитров С., Саблук В.</i> Підвищення врожайності сільськогосподарських культур за мікоризації кореневої системи	142
<i>Голячук Ю., Косилівич Г.</i> Вплив протруйника на біометричні показники рослин ячменю озимого.....	146

Розділ 6 АГРОХІМІЯ І ҐРУНТОЗНАВСТВО

<i>Лихочвор В., Іванюк В., Косилівич Г.</i> Ефективність осіннього внесення гербіцидів на озимій пшениці	151
<i>Гнатів П., Литвин О., Іванюк В., Лагуш Н., Шестак В., Коцюба Б.</i> Створення й апробація програмного забезпечення статистичного моделювання вірогідності результатів агрономічних експериментів.....	157
<i>Смага І., Казімір І.</i> Буферні криві та показники кислотно-основної буферності буроземно-підзолистих ґрунтів Передкарпаття під різними угіддями	163
<i>Іванюк В., Гнатів П., Оліфір Ю.</i> Вплив азотних добрив на формування врожаю зерна кукурудзи й ефективність використання азоту	170
<i>Гавриленко О., Сонько Н., Заславський О., Станіславів С.</i> Вплив природи екстрагенту на визначення вмісту елементів живлення у ґрунті	177
<i>Кирилюк В., Самець Н.</i> Адаптивна система основного обробітку ґрунту під пшеницю озиму	187
<i>Пархуць Б.</i> Урожайність і якість зерна ячменю озимого залежно від розрахункових норм мінеральних добрив під запрограмовану врожайність на темно-сірих опідзолених ґрунтах Західного Ліссостепу України.....	193
<i>Вега Н.</i> Агрохімічна оцінка впливу мінеральних добрив та позакореневого підживлення на врожайність ячменю ярого в умовах Західного Ліссостепу	197

Розділ 7 ТВАРИННИЦТВО

<i>Павкович С., Вовк С., Бальковський В., Огородник Н., Дудар І., Іванків М.</i> Вплив згодовування коровам насіння ріпаку на молочну продуктивність, якість і технологічні властивості молока й молочних продуктів	201
---	-----

CONTENT

Chapter 1 ECOLOGY

<i>Snitynskyi V., Khirivskyi R., Khirivskyi P., Korinets Yu.</i> Marketing support for establishment and development of green tourism in Lviv region.....	5
<i>Snitynskyi V., Dydiv A., Kachmar N., Ivankiv M., Datsko T.</i> Improving the soil barrier functions under the threat of cadmium contamination in order to obtain ecologically safe yields of white cabbage	14
<i>Snitynskyi V., Khirivskyi P., Zelisko O., Ivankiv M., Hnativ I.</i> Influence of anthropogenic factors on rivers of the Western region of the Ukrainian Carpathians	22
<i>Snitynskyi V., Zelisko O., Khirivskyi P., Mazurak O., Krektun B., Korinets Yu.</i> Ecological monitoring of anthropogenic-disturbed lands of the Lviv landfill of solid domestic waste	27
<i>Panas N., Lysak G., Firsanov M., Onyskovets M., Lopotychn N.</i> Waste management and their condition on the area of Rava-Ruska territorial community in Lviv region	31
<i>Ivankiv M., Kachmar N., Datsko T., Dydiv A., Pavkovych S., Balkovskiy V.</i> Ecological risks of pesticide contamination of ruderal and cultural biogeocenoses	38
<i>Onyskovets M., Panas N., Lopotychn N., Ivankiv M., Salamakha I.</i> Heat shock proteins as biomarkers of fish pollution.....	45

Chapter 2 CROP GROWING

<i>Lykhochvor V., Kosylovych H., Andrushko O.</i> Influence of nutrients on winter wheat yield in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine.....	51
<i>Lykhochvor V., Husak M.</i> Yield of sunflower (<i>Helianthus annuus</i>) hybrids depending on sowing dates in the Western Forest-Steppe	57
<i>Shuvar I., Korpita H., Dudar I., Lipińska H.</i> Competitive ability of invasive weed species and their influence on phytocenose biodiversity	63
<i>Bahai T., Lykhochvor V.</i> Yield of sunflower (<i>Helianthus</i>) depending on the hybrid in the Western Forest-Steppe of Ukraine.....	67
<i>Dudar I., Lytyn O., Pavkovych S., Korpita H., Kozliuk O.</i> Yield of winter barley depending on mineral nutrition.....	72
<i>Tyrus M.</i> Productivity of Amaranth grain depending on the variety and levels of fertilizer	77
<i>Dykyi O.</i> Impact of the norms of mineral fertilizers on the buckwheat density, duration of vegetation and productivity under conditions of the Western Forest-Steppe	81

Chapter 3 FRUIT AND VEGETABLE GROWING

<i>Rosa R., Franczuk J., Zaniwicz-Bajkowska A., Remiszewski K., Dydiv O., Andrejiová A.</i> The influence of the biological activator nutilife on the yield and quality of onions	87
<i>Hulko B.</i> Influence of clonal rootstocks on growth and productivity of nursery apple trees for organic production	94
<i>Rozhko I. S., Rozhko I. M.</i> Implementation of varietal productivity of <i>Fragaria ananassa</i> Duch under the influence of domestic preparations such as PPE, biofood, micronutrients.....	99
<i>Dydiv O.</i> The influence of liquid complex fertilizers (LCF 3:18:18) on yield and quality of Chinese cabbage.....	105
<i>Stefaniuk S.</i> Growing onion in the conditions of Lviv region.....	110
<i>Dydiv I., Dydiv O.</i> The influence of the new growth regulator Biogloblin on the yield and quality of root parsley	114

Chapter 4 SELECTION AND SEED PRODUCTION

<i>Zaviriukha P.</i> The influence of initial crossbreeding components on the formation of selection-valuable traits in potato hybrid offspring	121
<i>Panasiuk R.</i> Breeds of ukrainian selection and their productivity in the conditions of Western Forest Steppe.....	128

Chapter 5 PLANT PROTECTION

<i>Turenko V., Horiainova V., Zhukova L.</i> Alfalfa diseases and conceptual foundations of protection in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine.....	132
<i>Turenko V., Syniavin A.</i> Peculiarities of pathogenesis of the garden strawberry white spots in conditions of the Eastern part of Ukraine's Forest-Steppe	137
<i>Dymytrov S., Sabluk V.</i> Increasing crop yield by mycorrhization of the root system	142
<i>Holiachuk Yu., Kosylovyeh H.</i> Influence of seed-treatment by fungicides on biometrical features of winter barley plants.....	146

Chapter 6 AGROCHEMISTRY AND SOIL SCIENCE

<i>Lykhochvor V., Ivaniuk V., Kosylovyeh H.</i> Effectiveness of autumn application of herbicides on winter wheat.....	151
<i>Hnativ P., Lytvyn O., Ivaniuk V., Lahush N., Shestak V., Kotsiuba B.</i> Creation and approvation of software for statistical modeling of the probability of agronomic experiment results	157
<i>Smaha I., Kazimir I.</i> Buffer curves and indicators of acid-base buffering of brown podzolic soils of Eastern Carpathian Foothills under different terrains	163
<i>Ivaniuk V., Hnativ P., Olifir Y.</i> Influence of nitrogen fertilizers on formation of corn grain yield and efficiency of nitrogen use	170
<i>Havrylenko O., Sonko N., Zaslavskiy O., Stanislaviv S.</i> The influence of the extragent nature on determination of the nutrient content in soil	177
<i>Kyryliuk V., Samets N.</i> Adaptive system of the basic tillage for winter wheat.....	187
<i>Parkhuts B.</i> Yield and quality of winter barley grain depending on the calculated rates of mineral fertilizers applied to the programmed yield on dark grey podzolic soils of the Western Forest-Steppe of Ukraine	193
<i>Veha N.</i> Agrochemical assessment of the impact of mineral fertilizers and foliar fertilization on the yield of spring barley in the Western Forest-Steppe.....	197

Chapter 7 STOCKBREEDING

<i>Pavkovych S., Vovk S., Balkovskiy V., Ohorodnyk N., Dudar I., Ivankiv M.</i> Impact of feeding cows with rapeseed on their milk yield, quality and technological characteristics of milk and dairy products.....	201
---	-----

ДЛЯ ПОДАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК
ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**Агрономія
№ 26**

Редактор: Н. В. Скосарьова
Коректори: Д. Б. Дончак, М. Б. Опир
Технічний редактор: Н. І. Максимюк

Перелік наукових фахових видань України, категорія Б
Наказ МОН України № 409 від 17.03.2020 р., додаток 1

Наукове видання входить до міжнародних наукометричних баз і каталогів наукових видань:
Index Copernicus; Google Scholar; Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського

Видавець:

Львівський національний університет природокористування
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни
Львівського р-ну Львівської обл., 80381

Свідоцтво ДК № 6177 від 11.05.2018 р.

Підписано до друку 23.12.2022. Формат 60×84¹/₈.
Папір офс. Гарнітура «Таймс». Друк на різнографі.
Обл.-вид. арк. 17,8. Ум. друк. арк. 14,04.
Наклад 500. Зам. 336

Віддруковано ПП «Арал»
м. Львів, вул. О. Степанівни, 49

Свідоцтво про державну реєстрацію суб'єкта підприємницької діяльності
№ 13135 від 09.02.1998 р.