

JOURNAL OF APPLIED RESEARCH Vol. 19, No 4 '2023

PLANT VARIETIES STUDYING

AND PROTECTION

PRINT ISSN 2518-1017
ONLINE ISSN 2518-7457

**VARIETY STUDYING
AND VARIETY SCIENCE**

**BREEDING AND SEED
PRODUCTION**

GENETICS

PLANT PRODUCTION

**BIOTECHNOLOGY
AND BIOSAFETY**

HISTORY OF SCIENCE

**PLANT VARIETIES
PROTECTION**

Журнал — фаховий

Наказ МОН України № 975 від 11 липня 2019 р.
(сільськогосподарські та біологічні науки)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

С. М. Каленська (головний редактор)

Д. Б. Рахметов (заступник головного редактора)

В. І. Файт (заступник головного редактора)

С. І. Мельник (шеф-редактор)

Н. В. Лещук (відповідальний секретар)

М. З. Антонюк

Б. Барнабас (Угорщина)

Я. Бріндза (Словацька Республіка)

Р. А. Вожегова

Н. Е. Волкова

О. В. Галаєв

Б. В. Дзюбецький

О. В. Дубровна

Є. Л. Кордюм

В. М. Меженський

В. В. Моргун

О. І. Моргунов (Туреччина)

Л. М. Присяжнюк

О. І. Присяжнюк

О. І. Рибалка

Р. Роса (Республіка Польща)

В. М. Соколов

Б. В. Сорочинський

С. М. Хоменко

С. В. Чеботар

В. Ю. Черчель

В. В. Швартау



УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ЕКСПЕРТИЗИ СОРТІВ РОСЛИН

СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНИЙ
ІНСТИТУТ – НАЦІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР
НАСІННЄЗНАВСТВА
ТА СОРТОВИВЧЕННЯ НААН
ІНСТИТУТ ФІЗІОЛОГІЇ РОСЛИН
І ГЕНЕТИКИ НАН УКРАЇНИ

Журнал виходить чотири рази на рік
Заснований у 2005 р.

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ 21882-11782ПР
від 23.02.2016

За достовірність викладених
у публікаціях фактів відповідають
автори

Рекомендовано до друку

Вченою радою Українського інституту
експертизи сортів рослин
(Протокол № 18 від 30.11.2023)

Адреса редакційної колегії:

Український інститут
експертизи сортів рослин,
вул. Генерала Родимцева, 15,
м. Київ, 03041, Україна

<http://journal.sops.gov.ua>
e-mail: journal@sops.gov.ua
Тел.: +38 044 290-40-45

Науковий редактор Б. В. Сорочинський
Технічний редактор О. Ю. Половинчук
Літературний редактор А. І. Сидорчук
Комп'ютерне верстання А. І. Бойко

Підписано до друку 07.12.2023
Формат 60×84 1/8. Папір офсетний.
Ум.-др. арк.
Наклад 50 прим. Зам.

Друкарня
ТОВ «ТВОРИ»
вул. Немирівське шосе, 62а,
м. Вінниця, 21034, Україна
Тел.: 0(800) 33-00-90
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>

Передплатний індекс 89273

ISSN 2518-1017

Мова видання:
українська, англійська

© Український інститут експертизи
сортів рослин, оформлення, оригінал-
макет, 2023

© Селекційно-генетичний інститут –
Національний центр насіннєзнавства
та сортівивчення, 2023

© Інститут фізіології рослин і генетики
НАН України, 2023

Journal – specialized publications

Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine
No. 975 as of July 11, 2019
(agricultural and biological sciences)

EDITORIAL BOARD

S. Kalenska (Head editor)

D. Rakhmetov (Deputy leading editor)

V. Fait (Deputy leading editor)

S. Melnyk (Editor-in-Chief)

N. Leshchuk (Executive Secretary)

M. Antonyuk

B. Barnabas (Hungary)

J. Brindza (Slovak Republic)

R. Vozhehova

N. Volkova

O. Halaiev

B. Dziubetskyi

O. Dubrovna

Y. Kordium

V. Mezhenskyi

V. Morhun

A. Morgunov (Turkey)

R. Rosa (Poland)

L. Prysiazhniuk

O. Prysiazhniuk

O. Rybalka

V. Sokolov

B. Sorochynskyi

S. Khomenko

S. Chebotar

V. Cherchel

V. Shvartau



UKRAINIAN INSTITUTE FOR PLANT
VARIETY EXAMINATION

PLANT BREEDING & GENETICS
INSTITUTE – NATIONAL CENTER
OF SEEDS AND CULTIVAR
INVESTIGATION

INSTITUTE OF PLANT PHYSIOLOGY
AND GENETICS, NATIONAL ACADEMY
OF SCIENCES OF UKRAINE

Published 4 times a year

Founded in 2005

State registration certificate
KB 21882–11782П of 23.02.2016

The authors are responsible for the
reliability of the information in the
materials published in the Journal

Recommended for publication by
Academic Board of the Ukrainian
Institute for Plant Variety Examination
(Record No. 18, November 31, 2023)

Editorial Board contacts:
Ukrainian Institute for Plant Variety
Examination,
15 Henerala Rodymtseva St.,
Kyiv 03041, Ukraine

<http://journal.sops.gov.ua/>
e-mail: journal@sops.gov.ua
Phone: +38 044 290-40-45

Science editor	B. V. Sorochynskyi
Technical editor	O. Yu. Polovynchuk
Literary editor	A. I. Sydorчук
Computer-aided makeup	A. I. Boyko

Signed to print 07.12.2023
Format 60×84 1/8. Offset Paper.
Conventional printed sheet.
50 numbers of copies.

Printing office
LLC «TVORY»
62a Nemyrivske highway
Vinnytsia 21034, Ukraine
Phone: 0(800) 33-00-90
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>

Ukrainian subscription index
of the print version: 89273
ISSN 2518–1017

Languages of publication:
Ukrainian, English

© Ukrainian Institute for Plant Variety
Examination, formatting, makeup, 2023

© Plant Breeding & Genetics Institute –
National Center of Seeds and Cultivar
Investigation, 2023

© Institute of Plant Physiology and
Genetics, National Academy of Sciences
of Ukraine, 2023

ЗМІСТ

СОРТОВИВЧЕННЯ ТА СОРТОЗНАВСТВО

Дидів О. Й., Хареба В. В., Хареба О. В.,
Лещук Н. В., Орленко Н. С., Орленко О. Б.
Застосування кластерного аналізу для групування
сортів *Brassica oleracea* var. *italica* за тесту
на відмінність

СЕЛЕКЦІЯ ТА НАСІННИЦТВО

Правдзіва І. В., Василенко Н. В., Хорошко Н. М.
Дослідження кореляційних зв'язків між урожайністю
та показниками якості зерна сортів і селекційних ліній
Triticum aestivum L.

ГЕНЕТИКА

Волкова Н. Е., Сліщук Г. І., Захарова О. О.,
Марченко Т. Ю., Січкач В. І., Вожегова Р. А.
Аналіз генотипів нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.)
за мікросателітними локусами QTL-hotspot-регіону,
пов'язаного з толерантністю до посухи

Файт В. І., Балашова І. А.
Різноманіття сортів ярої та озимої пшениці твердої
(*Triticum durum* Desf.) за алелями гена *PpdA1*

РОСЛИННИЦТВО

Каленська С. М., Федів Р. В.
Урожайність та якість зерна сортів вівса посівного
(*Avena sativa* L.) за вирощування на чорноземах типових

Корхова М. М., Смірнова І. В., Нікончук Н. В.,
Макарчук Б. М.
Продуктивність пшениці м'якої озимого типу розвитку
сортів 'Дума одеська' залежно від особливостей
стерньового обробітку ґрунту

Ляльчук П. П., Бахмат М. І., Макарчук Б. М.
Формування врожайності та якості насіння сортів
льону олійного (*Linum humile* Mill.) в умовах
Західного Лісостепу України

Яценко В. В., Яценко Н. В., Рогальський С. В.,
Січкач А. О., Новак Ю. В.
Формування продуктивності сортів амаранту
в Правобережному Лісостепу України
за дії абсорбенту MaxiMarin

БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОБЕЗПЕКА

Сокол О. В., Рахметов Д. Б., Джуренко Н. І.,
Паламарчук О. П.
Поліфенольні сполуки та аскорбінова кислота рослин
видів роду *Arctium* L., інтродукованих у Національному
ботанічному саду імені М. М. Гришка

CONTENTS

VARIETY STUDYING AND VARIETY SCIENCE

Dydiv O. Y., Khareba V. V., Khareba O. V.,
Leshchuk N. V., Orlenko N. S., Orlenko O. B.
207 Application of cluster analysis for grouping *Brassica*
oleracea var. *italica* varieties for the difference test

BREEDING AND SEED PRODUCTION

Pravdziva I. V., Vasylenko N. V., Khoroshko N. M.
217 Study of correlations between yield and grain quality
indicators of varieties and breeding lines of *Triticum*
aestivum L.

GENETICS

Volkova N. E., Slisichuk G. I., Zakharova O. O.,
Marchenko T. Yu., Sichkar V. I., Vozhehova R. A.
226 Analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes
by microsatellite loci of the QTL-hotspot-region
associated with drought tolerance

Fait V. I., Balashova I. A.
232 Varieties of spring and winter durum wheat
(*Triticum durum* Desf.) by alleles of the *Ppd-A1* gene

PLANT PRODUCTION

Kalenska S. M., Fediv R. V.
239 Yield and grain quality of oat (*Avena sativa* L.) varieties
grown on typical chernozems

Korkhova M. M., Smirnova I. V., Nikonchuk N. V.,
Makarchuk B. M.
247 Productivity of the soft winter wheat cultivar
'Duma Odeska' depending on the characteristics
of stubble tillage

Lialchuk P. P., Bakhmat M. I., Makarchuk B. M.
254 Formation of yield and seed quality of linseed varieties
(*Linum humile* Mill.) in the conditions of the Western
Forest Steppe of Ukraine

Yatsenko V. V., Yatsenko N. V., Rogalskyi S. V.,
Sichkar A. O., Novak Yu. V.
262 Formation of productivity of amaranth varieties
in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine
under the influence of MaxiMarin absorbent

BIOTECHNOLOGY AND BIOSAFETY

Sokol O. V., Rakhmetov D. B., Dzhurenko N. I.,
Palamarchuk O. P.
270 Polyphenolic compounds and ascorbic acid of plants
of the genus *Arctium* L. introduced in the M. M. Hryshko
National Botanical Garden

ІСТОРИЯ НАУКИ

Мельник С. І., Ситник В. Г., Макаrchuk Б. М.,
Бойко А. І., Семисал А. В., Сидорчук А. І., Паньків В. І. 279
Сортовипробувальна мережа Івано-Франківщини:
історичні витоки та етапи формування

ОХОРОНА ПРАВ НА СОРТИ РОСЛИН

Захарчук О. В., Ткачик С. О., Бобонич Є. Ф.,
Голіченко Н. Б., Красюк Т. В., Ковальчук Є. С.,
Линчак Н. Б.
Правове регулювання реєстрації сортів винограду
в Україні відповідно до міжнародних вимог

HISTORY OF SCIENCE

Melnyk S. I., Sytnyk V. G., Makarchuk B. M.,
Boiko A. I., Semysal A. V., Sydorчук A. I., Pankiv V. I.
Variety testing network of Ivano-Frankivsk region:
historical origins and stages of formation

PLANT VARIETIES PROTECTION

Zakharchuk O. V., Tkachyk S. O., Bobonych Ye. F.,
Holichenko N. B., Krasniuk T. V., Kovalchuk Ye. S.,
286 Lynchak N. B.
Legal regulation of grape variety registration in Ukraine
according to international requirements

Застосування кластерного аналізу для групування сортів *Brassica oleracea* var. *italica* за тесту на відмінність

О. Й. Дидів¹, В. В. Хареба², О. В. Хареба², Н. В. Лещук^{3*}, Н. С. Орленко³, О. Б. Орленко³

¹Львівський національний університет природокористування, вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Львівський р-н, Львівська обл., 80381, Україна

²Національна академія аграрних наук України, вул. Омеляновича-Павленка, 9, м. Київ, 01010, Україна

³Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна,
*e-mail: nadiya1511@ukr.net

Мета. Використати кластерний аналіз морфологічних ознак для спрощення ідентифікації сортів *Brassica oleracea* var. *italica* та сформувати групи схожих сортів для тесту на відмінність. **Методи.** У процесі роботи послуговувалися аналітичним, математичним і статистичним методами. Як вхідну інформацію для статистичного опрацювання отриманих результатів застосовували відомості про результати експертизи на відмінність, однорідність і стабільність (ВОС) із бази даних автоматизованої інформаційної системи Українського інституту експертизи сортів рослин. Моделювання кластерів здійснювали за допомогою статистичного пакета IBM SPSS Statistics «Statistical Package for the Social Sciences». **Результати.** За 32 ознаками для тесту на відмінність, однорідність і стабільність проведено морфологічний опис сортів капусти броколі. Морфологічні кодові формули останніх, складені з відповідних кодів прояву ідентифікаційних ознак вегетативних і генеративних органів рослин, слугували джерелом вихідних даних. Серед 41 сорту, описаного за 32 морфологічними характеристиками, вдалося виокремити лише дві групи подібних за ідентифікаційними ознаками сортів. Як параметри моделі застосовували два типи змінних: цільова ознака «головка: антоціанове забарвлення», фокусна – «головка: забарвлення». Повний перелік характеристик був таким: «рослина: за висотою (за збиральної стиглості)», «листок: положення (на початку формування головки)», «листова пластинка: хвилястість краю», «листова пластинка: пухирчастість», «черешок: за довжиною», «головка: забарвлення», «головка: антоціанове забарвлення», «головка: за щільністю», «квітка: забарвлення», «квітка: інтенсивність жовтого забарвлення», «чоловіча стерильність». Способом комп'ютерного моделювання було сформовано кластери з 17 подібних сортів капусти броколі та 9 контрольних об'єктів (сортів), ідентифікація яких передбачала 11 морфологічних ознак. **Висновки.** Для пошуку відмітних ознак у процесі тесту на відмінність сорти капусти броколі було згруповано в кластери за такими морфологічними характеристиками, як положення листка на початку формування головки; хвилястість краю листової пластинки; пухирчастість листової пластинки; довжина черешка; забарвлення головки; наявність антоціанового та інтенсивність жовтого забарвлення.

Ключові слова: капуста броколі; статистичний аналіз; класифікація; сорт; код; відмінність; кластер; ознака; колекція.

Вступ

Сучасні інформаційні технології дають змогу накопичувати, акумулювати та зберігати досить велику кількість даних [1], що є характерним також і для Українського інституту експертизи сортів рослин (далі – УІЕСР).

Результати кваліфікаційної експертизи на відмінність, однорідність і стабільність (ВОС-тест) сортів капусти броколі як науково-технічні дані накопичуються роками та досить часто є різномірними (невпорядкованими). Вони можуть бути представлені як в числовому, так і категорійному форматі.

Olha Dydiv

<https://orcid.org/0000-0003-4155-5945>

Volodymyr Khareba

<https://orcid.org/0000-0001-9947-2689>

Olena Khareba

<https://orcid.org/0000-0002-6763-1988>

Nadiia Leshchuk

<https://orcid.org/0000-0001-6025-3702>

Natalia Orlenko

<https://orcid.org/0000-0003-0494-2065>

Oleksandr Orlenko

<https://orcid.org/0009-0001-3309-0757>

Різний набір вхідних параметрів великої кількості алгоритмів кластеризації може спричинити відмінність, а відповідно і складність оцінювання її результатів. Одним зі способів оцінювання результатів кластеризації є розташування об'єктів і центрів кластерів на координатній площині, що можливо лише якщо дані не багаторозмірні. В іншому разі необхідно використовувати методику [2].

Проблема вибору серед алгоритмів для максимально правильної кластеризації полягає в тому, що більшість з них очікують вхідним параметром зазвичай заздалегідь невідому кількість кластерів [2, 3]. Саме тому для встановлення оптимальної чисельності останніх потрібно послуговуватися деякими емпіричними правилами. Завдання кластеризації стають значно вагомішими, якщо кластери застосовують не лише для наочного представлення об'єктів, але й для розпізнавання нових.

Кожен новий сорт належить до тієї групи, приєднання до якої найкраще задовольняє критерії якості кластеризації та з об'єктами в якій він найбільше схожий за характеристикою [4].

Броколі або спаржева капуста (*Brassica oleracea* var. *italica*) – однорічна овочева рослина родини капустяних, підвид цвітної капусти. Її споживча стиглість настає за максимального розвитку суцвіття (головки), яке є продуктивним органом. Час досягання головок визначають за умови, що 50% рослин вступили в фенологічну фазу збиральної стиглості. Залежно від сорту він може бути дуже раннім (до 35 діб); раннім (35–40); середнім (41–50); пізнім (51–60); дуже пізнім (понад 60 діб) [5].

Відповідність критеріям відмінності, однорідності та стабільності, а також господарсько-цінним характеристикам для задоволення потреб споживачів, відсутність загрози довіллю та здоров'ю людини є обов'язковими вимогами для поширення на території України нових сортів капусти броколі. Їхній морфологічний опис за ознаками вегетативних і генеративних органів рослин здійснюють у відповідні фенологічні фази росту та розвитку [6].

Науково-технічна експертиза сортів рослин групи овочевих – це комплекс польових і лабораторних досліджень, результати яких формують джерелознавчу базу даних. Кінцевого інформаційного продукту для практичного використання досягають через алгоритм статистичного опрацювання. Саме тому досить актуальним є пошук сучасних статистичних методів оброблення результатів

(кодів прояву ознак) з тесту на відмінність у процесі ідентифікації сортів [3, 7].

Моніторинг іноземної та вітчизняної літератури продемонстрував, що кластерний аналіз (англ. Data clustering) забезпечує структурування вибірки об'єктів (ознак) на підмножини (кластери) так, щоб об'єкти, з яких вони складаються, були схожими між собою й відрізнялися від об'єктів з інших [1, 3, 8]. Отже, кластеризацію можна вважати задачею багатокритеріальної оптимізації, алгоритм і вибір параметрів якої (функція відстані, порогове значення щільності або кількість очікуваних кластерів) залежать від конкретного набору даних та мети використання результатів [8].

На думку низки дослідників, технологічну процедуру з визначення відмінності сортів, за відсутності статистичного методу, можна спростити, здійснивши автоматизоване групування найподібніших з них за кодами прояву ідентифікаційної ознаки (QN, QL, PQ). Відмінні сорти в межах групи слід використовувати не тільки для тесту на відмінність, але й для тесту на стабільність [9]. Оцінювання груп можна здійснювати, застосовуючи різні статистичні методи інтелектуального аналізу кодів і ступенів прояву характеристик нових сортів капусти броколі.

Оскільки кількість ознак, використовуваних для групування під час тесту на відмінність, обмежена («рослина: кількість стебел», «головка: забарвлення», «рослина: час збиральної стиглості», «рослина: чоловіча стерильність»), для статистично обґрунтованого розширення їхнього діапазону виникає потреба працювати з кодами прояву у відповідні фенологічні фази росту та розвитку рослин [10–12]. Спростити цей процес можна за допомогою комп'ютерного оброблення даних, використовуючи метод кластерного аналізу, що дасть змогу зменшити розмірність кодів і ступенів їхнього прояву, які підлягають аналізу, та згрупувати сорти з морфологічними ознаками для оперативного та прозорого пошуку серед них хоча б однієї відмінної [6, 8].

Мета досліджень – використати кластерний аналіз морфологічних ознак для спрощення ідентифікації сортів *Brassica oleracea* var. *italica* та сформувати групи схожих сортів для тесту на відмінність.

Матеріали та методика досліджень

Як вхідну інформацію для статистичного опрацювання отриманих результатів використовували відомості про результати експертизи на відмінність, однорідність і стабільність (ВОС) з бази даних автомати-

зованої інформаційної системи УІЕСР. Поширений на території України сорт капусти броколі має офіційно оприлюднений опис із 32 морфологічних ознак вегетативних і генеративних органів, представлений кодами та ступенем їхнього прояву в морфологічній кодовій формулі. Саме коди ознак вегетативних і генеративних органів рослин сортів капусти броколі, що перебувають у базі УІЕСР, формують масив даних для тесту на відмінність [13]. Перелік сортів за країнами походження подано у таблиці 1.

Таблиця 1

**Перелік сортів капусти броколі
за країнами походження**

Назва сорту	Країна походження
'Libra'	Болгарія
'Klieopatra'	Канада
'TM-04/FL', 'Limba', 'Apolena'	Чехія
'Naxos', 'Rumba', 'Kaptan', 'Tambora', 'Green Magic', 'Marathon', 'Parthenon', 'Koros', 'Eos', 'Cigno', 'Babilon', 'Abilon', 'Stirling', 'Cusco'	Франція
'Kostal', 'Agassi F1'	Німеччина
'Moycan', 'Samoa'	Італія
'Empieror'	Японія
'Batavia F1', 'Bielinda', 'Korvat F', 'Korvet', 'Milady F1', 'Skiff', 'Monaco F1', 'Ironman F1', 'Quinta F1', 'Beaumont F1', 'Corato', 'Monrello', 'Belstar F1', 'Bay Meadows Cemes F1', 'Reggi', 'Besty', 'Orantes', 'SV1002BL', 'Steel', 'Edberg', 'Batory', 'Stromboli', 'Larsson', 'Titanium', 'Tesmari', 'Vicario'	Голландія
'Wiarus', 'Cezar'	Польща
'Baro Star'	Південна Корея
'Atlantik', 'Monrello', 'McClaren', 'Gongga'	Швейцарія
'Lednitska', 'Vitamina', 'Cezar', 'TM-04/FL', 'Trubadur', 'Muline', 'Cazy F1'	Україна
'Yahuar', 'SSTs 5186 R', 'Spartan Erli'	США

Предметом проведених досліджень був вихідний масив даних кодів прояву морфологічних ознак сортів капусти броколі вітчизняної та іноземної селекції.

Як цільову змінну обрано ознаку «головка: антоціанове забарвлення», фокусну – «головка: забарвлення». Повний перелік характеристик був таким: «рослина: за висотою (за збиральної стиглості)», «листок: положення (на початку формування головки)», «листова пластинка: хвилястість краю», «листова пластинка: пухирчастість», «черешок: за довжиною», «головка: забарвлення», «головка: антоціанове забарвлення», «головка: за щільністю», «квітка: забарвлення», «квітка: інтенсивність жовтого забарвлення», «чоловіча стерильність» [11, 14].

У процесі комп'ютерного опрацювання даних (кодів морфологічних ознак) використо-

ували дві шкали. А саме: номінальну – для групування подібних сортів за такими морфологічними характеристиками, як «листок: положення (на початку формування головки)», «квітка: забарвлення», «листова пластинка: хвилястість краю», «листова пластинка: пухирчастість», «головка: забарвлення»; порядкову – для ознак «рослина: за висотою (за збиральної стиглості)», «черешок: за довжиною», «головка: за щільністю», «квітка: інтенсивність жовтого забарвлення» [6].

Результати експертизи опрацьовували статистичним методом кластерного аналізу через пошук алгоритму подібності ознак для формування груп-кластерів. Моделювання останніх, а також розрахунки виконували у середовищі статистичного пакета IBM SPSS Statistics «Statistical Package for the Social Sciences», застосовуючи параметри класифікаційного методу Nearest Neighbor Analysis для генетично маркованих ознак [4, 7, 8].

Вищевказаним методом передбачено, що початково є деяка кількість об'єктів з точною класифікацією подібних сортів капусти броколі, тому необхідно виробити правило, яке дасть змогу зараховувати новий сорт до одного з можливих класів (набору подібних за морфологічними ознаками сортів рослин).

Алгоритм кластеризації складається з добору коефіцієнта (k) та атрибутів (n), що визначають міру подібності, для нових сортів капусти броколі [6]. Де k – це кількість записів, які будуть вважатися близькими за використання таких правил:

$(x,y) \geq 0$, $d(x,y) = 0$ тоді й лише тоді, коли $x = y$;

$$d(x,y) = d(y,x);$$

$d(x,z) \leq d(x,y) + d(y,z)$ за умови, що точки x , y , z не лежать на одній прямій.

x , y , z – це вектори ознак об'єктів, які порівнюють.

Значення атрибутів упорядковують, використовуючи як міру схожості спостережень відстань Евкліда, і розраховують за формулою:

$$D_E = \sqrt{\sum_1^n (x_i - y_i)^2},$$

де n – кількість атрибутів.

Відповідно до міжнародних вимог «Методики проведення експертизи сортів капусти на відмінність, однорідність і стабільність (Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability UPOV)», тестування на ВОС проводили в польових умовах протягом двох послідовних вегетаційних сезонів.

Результати морфологічного опису сортів за роки досліджень автоматично акумулюються

в базі даних з інстальованою таблицею морфологічних ознак і підлягають розподілу за ознаками, роками та пунктом досліджень.

Якщо відстань $d(in, ip)$ менша за деяке значення σ , то можна зробити висновок, що елементи розташовані близько один до одного та перебувають в єдиному кластері; в іншому разі елементи розміщені в різних кластерах. Розбиття елементів на групи повинно відповідати деякому критерію – певному функціоналу, який ще називають цільовою функцією. Тому для полегшення оцінювання відмінності найкраще обирати цільову змінну «головка: забарвлення» як альтернативу заданих ознак, рекомендованих методикою

для групування сортів-кандидатів із подібними загальновідомими сортами. Для класифікації використовують ознаки, окремо або в комбінаціях з іншими, які не варіюють або дуже слабо варіюють у межах сорту [6].

Результати досліджень

Загальновідомі сорти капусти броколі вітчизняної та іноземної селекції, заявки на які подавали починаючи з 2002 року і дотепер, є складниками національних сортових рослинних ресурсів. Нині інформаційна система УІЕСР налічує 41 їхню морфологічну формулу та щорічно поповнюється ще трьома-чотирма сортами (рис. 1).

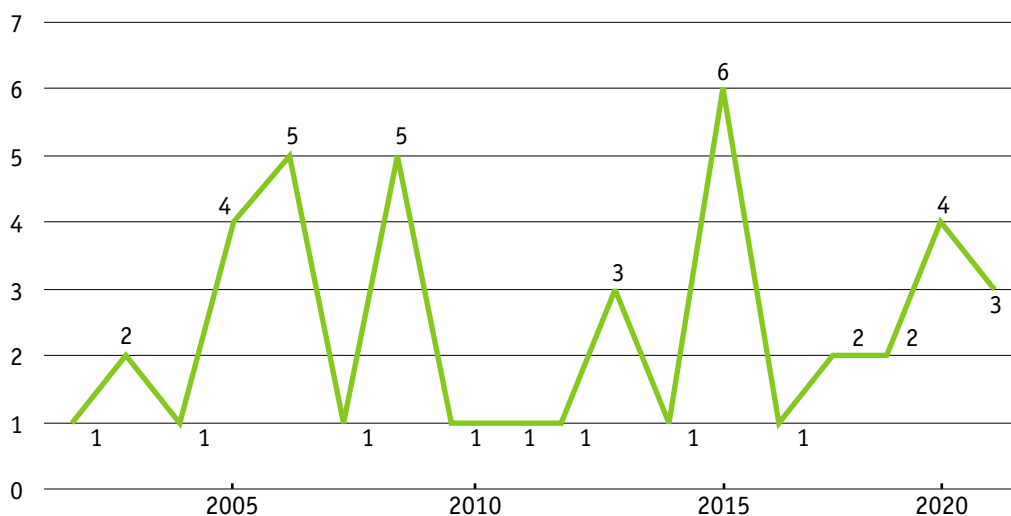


Рис. 1. Динаміка формування національних сортових ресурсів капусти броколі за період 2002–2022 рр. [13]

Повний перелік груп сортів капусти броколі за результатами моделювання низки (11) морфологічних ознак, коди яких утворюють кодові формули, наведено в таблиці 2.

Із сукупності досліджуваних сортів було виокремлено чотири групи. До першої увійшли пари 'Batory' й 'Monrello' та 'Titanium' і 'Sv1002bl'. Відстань між ними нульова за алгоритмом найближчих сусідів, що свідчить про збіг 11 з 32 морфологічних ознак. А саме: «рослина: за висотою (за збиральної стиглості)», «листок: положення (на початку формування головки)», «листова пластинка: хвилястість краю», «листова пластинка: пухирчастість», «черешок: за довжиною», «головка: забарвлення», «головка: антоціанове забарвлення», «головка: за щільністю», «квітка: забарвлення», «квітка: інтенсивність жовтого забарвлення», «чоловіча стерильність». Утім за деякими ознаками, що не потрапили до вибірки для класифікації, вищевказані сорти відрізняються. Так, 'Batory' має блакитно-зелене забарвлення листової пластинки, середній за шириною та довжиною (включно

з черешком) листок та велику кількість його часток. Листкова пластинка 'Monrello' сіро-зелена, листок широкий і довгий, кількість його часток середня.

Пара 'Sv1002bl' і 'Titanium' різняться за часом збиральної стиглості – пізній і середній відповідно. Головка за збиральної стиглості у сорту 'Sv1002bl' зелена з помірними інтенсивністю забарвлення та структурою тканини; у 'Titanium' – блакитно-зелена зі слабкими інтенсивністю забарвлення та структурою тканини.

Унаслідок аналізу масиву даних результатів морфологічного опису виявлено, що подібні за ідентифікаційними характеристиками сорти, базуючись лише на інформації про них та їхні взаємозв'язки, можна сформувати у групи (кластери) методом кластеризації. Найкращою кластеризація є тоді, коли об'єкти з однієї групи максимально схожі між собою та сильно відрізняються від об'єктів з інших.

У процесі досліджень ідентифіковано 41 сорт капусти броколі за 11 морфологічними

Таблиця 2

Групування подібних сортів капусти броколі за відстанню до найближчих сусідів
(k – Nearest Neighbor and Distance)

Focal Record	Nearest Neighbors			Nearest Distances		
	1	2	3	1	2	3
Agassi F1	Apolena	Stirling	Batory	1,414	2,000	2,000
Apolena	Agassi F1	Stirling	Steel	1,414	2,000	2,000
Babilon	Koros	Limba	Cigno	2,000	2,449	2,449
Baro Star	Steel	Apolena	Samoa	2,000	2,449	2,449
Batavia F1	Green Magic	Beaumont F1	Marathon	1,414	2,000	2,000
Batory	Monrello	Orantes	Corato	0,000	2,000	2,000
Bay Meadows Cemes F1	Parthenon	Beaumont F1	Batavia F1	2,449	2,449	2,449
Beaumont F1	Parthenon	Batavia F1	Belstar F1	1,414	2,000	2,000
Belstar F1	Beaumont F1	Batavia F1	Trubadur	2,000	2,000	2,449
Besty	Larsson	Samoa	Cusco	1,414	2,000	2,000
Cazy F1	Trubadur	Green Magic	Larsson	2,000	2,000	2,449
Cigno	Reggi	Cusco	Limba	1,414	2,000	2,000
Corato	Orantes	Batory	Monrello	2,000	2,000	2,000
Cusco	Cigno	Besty	Monaco F1	2,000	2,000	2,449
Green Magic	Marathon	Batavia F1	Trubadur	1,414	1,414	2,000
Ironman F1	Agassi F1	Limba	Monaco F1	2,000	2,449	2,449
Koros	Babilon	Limba	Cigno	2,000	2,449	2,449
Larsson	Besty	Orantes	Corato	1,414	2,000	2,000
Limba	Cigno	Apolena	Ironman F1	2,000	2,000	2,449
Marathon	Green Magic	Batavia F1	Parthenon	1,414	2,000	2,449
Milady F1	Trubadur	Ironman F1	Marathon	2,828	3,162	3,162
Monaco F1	Cusco	Cigno	Ironman F1	2,449	2,449	2,449
Orantes	Corato	Batory	Monrello	2,000	2,000	2,000
Parthenon	Beaumont F1	Bay Meadows Cemes F1	Batavia F1	1,414	2,449	2,449
Reggi	Cigno	Cusco	Limba	1,414	2,449	2,449
Samoa	Stromboli	Besty	Larsson	2,000	2,000	2,449
Steel	Baro Star	Apolena	Sv1002bl	2,000	2,000	2,449
Stirling	Apolena	Agassi F1	Batory	2,000	2,000	2,000
Stromboli	Samoa	Larsson	Orantes	2,000	2,449	2,449
	Sv1002bl	Steel	Apolena	0,000	2,449	2,449
Trubadur	Green Magic	Cazy F1	Belstar F1	2,000	2,000	2,449
Cezar	Batavia F1	Marathon	Parthenon	1,414	1,414	2,000
Lednitska	Milady F1	Trubadur	Marathon	2,000	2,000	2,449
Moycan	Ironman F1	Monaco F1	Limba	2,000	2,449	2,828
Muline	Larsson	Besty	Cazy F1	1,414	2,000	2,000
Naxos	Stromboli	Samoa	Baro Star	3,162	3,162	3,162
Quinta F1	Agassi F1	Apolena	Cigno	1,414	2,000	2,000
Rumba	Stirling	Corato	Babilon	1,414	2,000	2,000
Tm-04/Fl	Cazy F1	Bay Meadows Cemes F1	Batavia F1	2,449	2,449	2,449

ознаками. Сформована модель включала 17 тренувальних та 9 контрольних об'єктів (сортів). Для останніх за допомогою комп'ютерного

моделювання утворено кластери, в граничних межах яких найпростіше шукати відмітні за однією чи групою ознак сорти.

'Bay Meadows Cemes F1'	0000005010005000209500700000000	11148003
'Batavia F1'	03000000010305000309500500000000	11148001
'Cezar'	03000000010505000509500500000000	03148001
'Marathon'	03000000030505000509300500000000	08148003
'Parthenon'	03000003010507000309500700000000	08148004
'Green Magic'	03000003030305000309500500000000	08148001
'Beaumont F1'	03000005010307000509500700000000	08148005
'Belstar F1'	03300000010305000309500700000000	11148002
'TM-04/Fl'	05500000010105000309300500000000	05148001

Результати частотного аналізу прояву морфологічних ознак капусти броколі подано на рисунку 2. Модель подібних сортів капусти броколі, сформовану методом найближчих сусідів, подано на інтерактивній діаграмі простору показників «Predictor Space» (рис. 3).

Кожна вісь координат моделі відображає один із показників у ній [«рослина: за висотою (за збиральної стиглості)», «листова

пластинка: хвилястість краю», «листок: положення (на початку формування головки)»].

Статистичним методом на діаграмі встановлено такі фокусні сорти: 'Green Magic', 'Parthenon', 'Marathon', 'Cazy', 'Belstar F1', 'Cusco', 'Orantes', 'Besty', 'Monrello', 'Batory', 'Corato', 'Stromboli', 'Steel', 'Baro Star', 'Cigno', 'Babilon', 'Titanium'. Також визначено, що сорт 'Babilon' є унікальним за ознакою «че-

решок: за довжиною» (дуже короткий), а 'Bay Meadows Cemes F1' – за характеристикою «рослина: за висотою» (дуже коротка). Антоціанове забарвлення головки відсутнє в сортів 'Agassi F1', 'Apolena', 'Besty', 'Corato', 'Larsson', 'Naxos', 'Quinta F1', 'Samoa', 'Stromboli', 'Lednitska', 'Milady F1', 'Moysan', 'Cusco', 'Monaco F1'; наявне – в 'Reggi', 'Baro Star', 'Batory', 'Cazzy F1', 'Monrello',

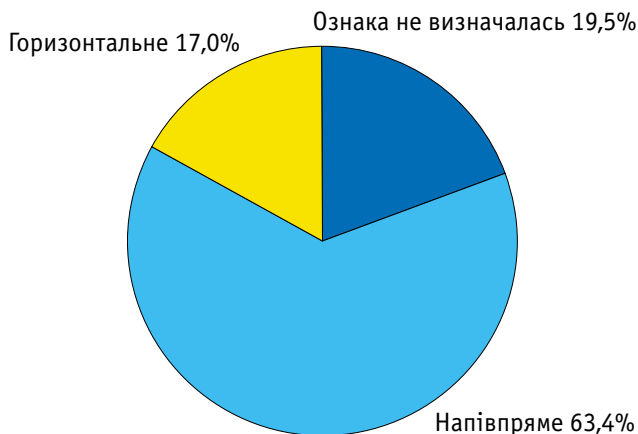
'Muline', 'Orantes', 'Rumba', 'Steel', 'Stirling', 'SV1002BL', 'Titanium', 'TM-04/FL', 'Babilon', 'Batavia F1', 'Beaumont F1', 'Belstar F1', 'Cezar', 'Green Magic', 'Ironman F1', 'Koros', 'Limba', 'Marathon', 'Parthenon', 'Trubadur', 'Cigno', 'Bay Meadows Cemes F1'.

Короткими під час збиральної стиглості є сорти 'Agassi F1', 'Apolena', 'Baro Star', 'Batory', 'Besty', 'Cazzy F1', 'Corato', 'Larsson',

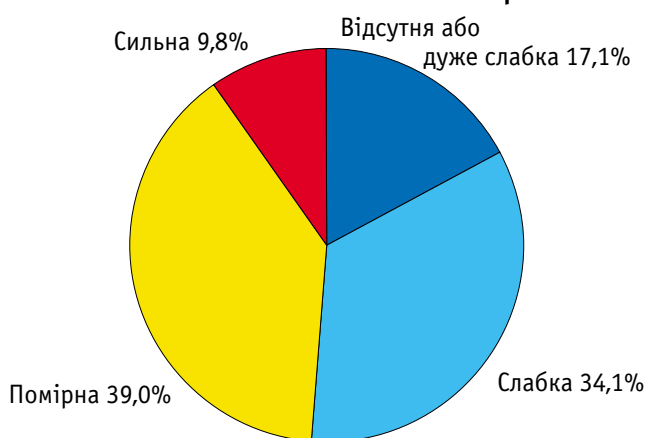
**Рослина: за висотою
(за збиральної стиглості)**



**Листок: положення
(на початку формування головки)**



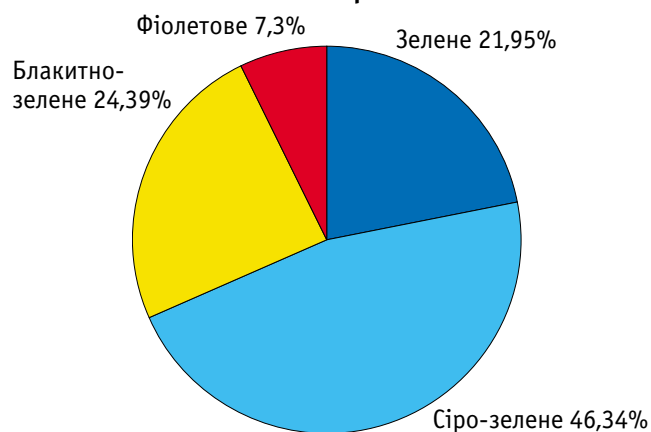
Листкова пластинка: хвилястість краю



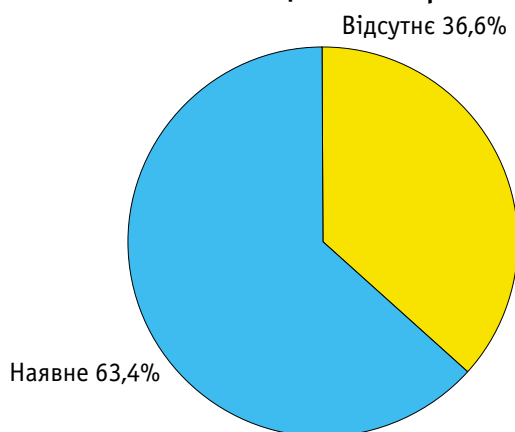
Черешок: за довжиною



Головка: забарвлення



Головка: антоціанове забарвлення



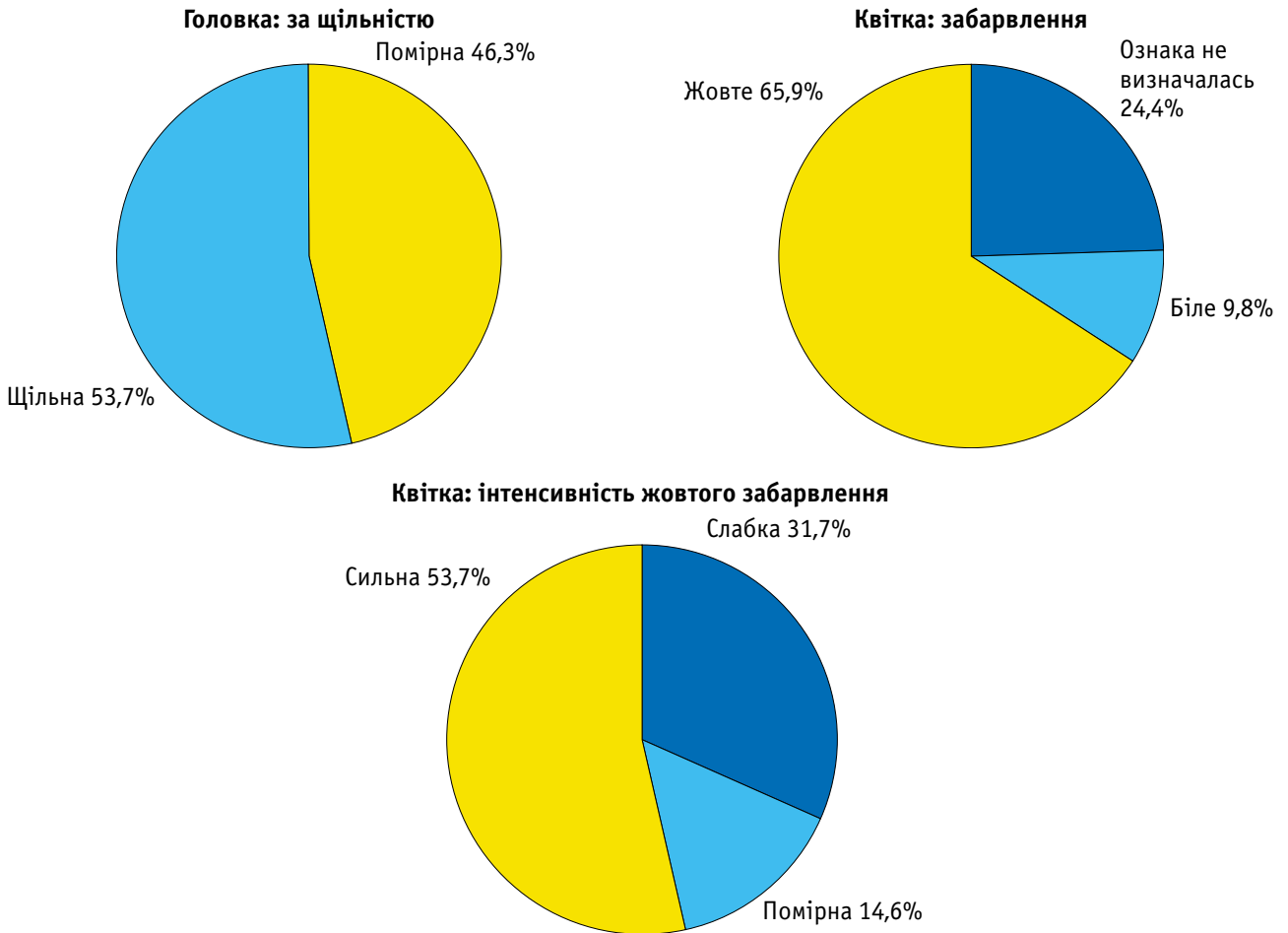


Рис. 2. Групування колекції загальновідомих сортів капусти броколі за морфологічними ознаками

'Monrello', 'Muline', 'Naxos', 'Orantes', 'Quinta F1', 'Rumba', 'Samoa', 'Steel', 'Stirling', 'Stromboli', 'SV1002BL', 'Titanium TM-04/FL'; високими – 'Babilon', 'Batavia F1', 'Beaumont F1', 'Belstar F1', 'Cezar', 'Green Magic', 'Ironman F1', 'Koros', 'Lednitska', 'Limba', 'Marathon', 'Milady F1', 'Moycan', 'Parthenon', 'Trubadur', 'Cigno', 'CUSCO', 'Monaco F1', 'Reggi'.

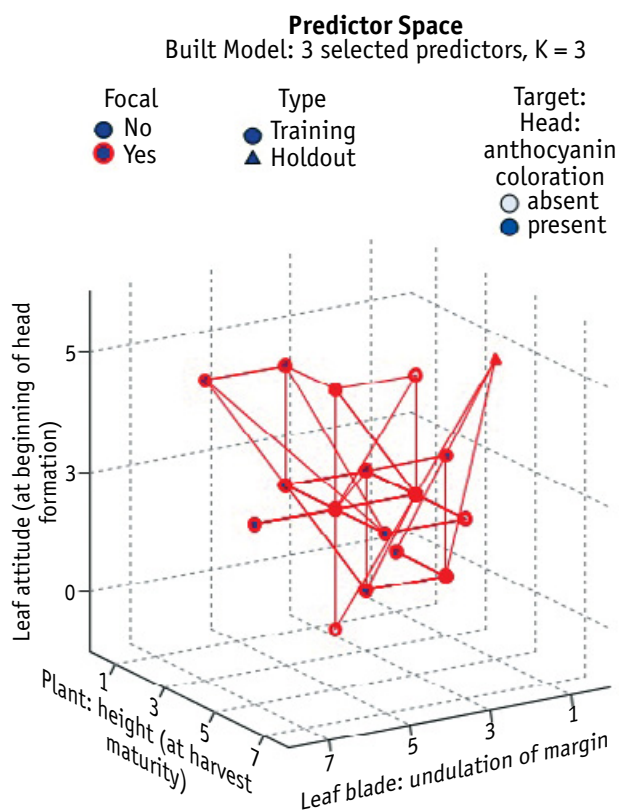
Положення листка на початку формування головки є горизонтальним у 'Naxos', 'Stromboli', 'Rumba', 'Stirling', 'TM-04/FL', 'Babilon', 'Koros'; напівпрямим – в 'Agassi F1', 'Apolena', 'Besty', 'Larsson', 'Quinta F1', 'Samoa', 'Lednitska', 'Milady F1', 'Moycan', 'CUSCO', 'Monaco F1', 'Reggi', 'Baro Star', 'Batory', 'Cazzy F1', 'Monrello', 'Muline', 'Orantes', 'Steel', 'SV1002BL', 'Titanium', 'Belstar F1', 'Ironman F1', 'Limba', 'Trubadur', 'Cigno'; напівпохилим – у 'Corato', 'Batavia F1', 'Beaumont F1', 'Cezar', 'Green Magic', 'Marathon', 'Parthenon', 'Bay Meadows Cemes F1'.

Хвилястість краю листкової пластинки відсутня або дуже слабка у сортів 'Batavia F1', 'Beaumont F1', 'Cezar', 'Parthenon', 'Bay Meadows', 'Cemes F1', 'TM-04/FL', 'Belstar

F1'; помірна – в 'Batavia F1', 'Beaumont F1', 'Cezar', 'Parthenon', 'Bay Meadows Cemes F1', 'TM-04/FL', 'Belstar F1'; сильна – в 'Koros', 'Steel', 'SV1002BL', 'Titanium'; дуже сильна – в 'Green Magic', 'Marathon', 'Stromboli', 'Besty', 'Larsson', 'Samoa', 'Moycan', 'CUSCO', 'Monaco F1', 'Baro Star', 'Cazzy F1', 'Muline', 'Ironman F1', 'Trubadur'. У сортів 'Bay Meadows Cemes F1', 'TM-04/FL', 'Naxos', 'Reggi', 'Baro Star' пухирчастість листкової пластинки відсутня або слабка.

Черешок у 'Bay Meadows Cemes F1', 'TM-04/FL', 'Reggi', 'Cezar', 'Stirling', 'Agassi F1', 'Apolena', 'Lednitska', 'Bator', 'Monrello', 'Marathon', 'Moycan', 'Ironman F1', 'SV1002BL', 'Titanium', 'Batavia F1', 'Belstar F1', 'Corato', 'Rumba', 'Quinta F1', 'Orantes', 'Limba', 'Cigno', 'Koros', 'Green Magic', 'Stromboli', 'Larsson', 'Monaco F1', 'Cazzy F1', 'Muline', 'Trubadur' середньої довжини, а в 'Naxos', 'Baro Star', 'Parthenon', 'Milady F1', 'Steel', 'Beaumont F1', 'Besty', 'Samoa', 'CUSCO', 'Babilon' – довгий.

Відстань між сортами 'Agassi F1' та 'Apolena', 'Batavia F1' та 'Green Magic', 'Beaumont F1' та 'Parthenon', 'Besty' та 'Larsson', 'Cigno' та 'Reggi', 'Green Magic' та



This chart is a lower-dimensional projection of the predictor space, which contains a total of 9 predictors.

Рис. 3. Головна діаграма моделі найбільшої подібності

'Limba'	1335535153315552359355719525551	15136001
'Ironman F1'	1335532513351555225955719525550	05148003
'Milady F1'	13355513153517533251155591313550	82148001
'Trubadur'	13355535933395552259055591010370	06148001
'Moycan'	13355537133515371371073719323579	16136001
'Lednitska'	13355715155515552251555591010550	04148001
'Koros'	13535517975395373379555719725339	13136003
'Babilon'	13535523955393352339753719525579	19136001
'Corato'	15055535153315352451055519325559	15136003
'Larsson'	15355325133315552451055509325779	18136004
'Vicario'	15355325153315353351053519325559	21136003
'Muline'	15355523933315353259133599325550	07148001
'Quinta F1'	15355525153315351251055719325770	06148003
'Orantes'	15355525153315352359153509323579	15136002
'Titanium'	15355525175715352459153799325579	20136002
'Steel'	15355727173517551379355799325971	16136003
'Batory'	15355735155515552379353511025779	16136006
'Samoa'	15357527133317373451035511023351	20136001
'Agassi F1'	15370325953515571351135711025570	06148002
'Apolena'	15375725153515352351035719525551	14136001
'SV1002BL'	15375737175715352379355799325779	16136002
'Besty'	15377525133317353351035511025579	15136005
'Monrello'	15377525155515552359353511025779	16136005
'Stromboli'	15553335133315353451035599323351	17136001
'Rumba'	15555525955395371459353711025559	13136002
'Stirling'	15555535155515352479355711025779	19136002
'Naxos'	15577337153117531451055519310551	12028009
'Monaco F1'	17335527133315351351155711323770	05148002
'Reggi'	17355535155115352251155711525559	13136001
'Cigno'	17355535955315373479553711325539	18136003
'CUSCO'	17375335133317352451075719525559	20136003
'Cazzy F1'	25355313133315334259153519300500	09148001
'Baro Star'	253753271333117551379135799525331	18136001

'Marathon', 'Larsson' та 'Besty', 'Parthenon' та 'Beaumont F1', 'Cezar' та 'Batavia F1' становила 1,414; між 'Muline' та 'Larsson', 'Quinta F1' та 'Agassi F1', 'Rumba' та 'Stirling', 'Babilon' та 'Koros', 'Baro Star' та 'Steel', 'Belstar F1' та 'Beaumont F1', 'Cazzy F1' та 'Trubadur', 'Corato' та 'Orantes', 'CUSCO' та 'Cigno', 'Ironman F1' та 'Agassi F1', 'Koros' та 'Babilon', 'Limba' та 'Cigno', 'Orantes' та 'Corato', 'Samoa' та 'Stromboli', 'Steel' та 'Baro Star', 'Stirling' та 'Apolena', 'Stromboli' та 'Samoa', 'Trubadur' та 'Green Magic', 'Lednitska' та 'Milady F1', 'Moycan' та 'Ironman F1', 'Bay Meadows Cemes F1' та 'Parthenon', 'Monaco F1' та 'CUSCO', 'Tm-04/F1' та 'Cazzy F1', 'Milady F1' та 'Trubadur', 'Naxos' та 'Stromboli' – більше ніж 2.

Як параметри моделі використовували два типи змінних: цільова – ознака «головка: антоціанове забарвлення», фокусна – «головка: забарвлення». За допомогою комп'ютерного моделювання було сформовано кластери 17 подібних сортів, ідентифікація яких передбачала 11 морфологічних ознак.

Кластер для 33 контрольних сортів капусти броколі має таку структуру:

Отже, загальновідомі сорти капусти броколі, внесені до Державного Реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, є переважно середніми за довжиною (вимірювання проводили під час збиральної стиглості) – 51,2%, чисельність коротких становить

36,6%, дуже коротких – 2,4%, довгих – 9,8%. Частка ознак, за статистичними даними яких характеризуються сорти, є такою: 19,5% сортів мають наполовину пряме положення листка на початку формування головки, 63,4% – горизонтальне, 17,1% – поникле. Хвилястість краю листової пластинки у 51% слабка, а у 12% – відсутня. Пухирчастість листової пластинки слабка у 51% сортів, середня – у 31%, відсутня – у 12%, сильна – в 5%. 75% сортів мають середню довжину черешка; 46% властивий зелений колір головки, 7% – фіолетовий. Для 63% характерне антоціанове забарвлення, а інтенсивність жовтого кольору середня у 53%.

Висновки

Проведення тесту на відмінність сортів капусти броколі через морфологічний опис ознак – це трудомісткий процес, що потребує автоматизованого опрацювання результатів статистичним методом кластерного аналізу масиву даних.

За допомогою кластерного аналізу вдалося зменшити розмірність вихідних даних для пошуку відмітних ознак між сортами. Водночас за подібними ознаками сформовано групи, об'єкти в яких схожі між собою та відрізняються від об'єктів з інших.

Завдяки ідентифікації 41 сорту капусти броколі за 32 морфологічними характеристиками виокремлено 2 пари подібних сортів за 11 ознаками. Саме кластерний аналіз забезпечив оперативність, об'єктивність і вірогідність отриманих результатів (кодів прояву ознак) для групування ознак за тесту на відмінність.

Сформована за групами кластеризації колекція загальновідомих сортів капусти броколі характеризується такими статистичними даними: 19,5% сортів мають наполовину пряме положення листка на початку формування головки, 63,4% – горизонтальне, 17,1% – поникле. Хвилястість краю листової пластинки у 51% слабка, а у 12% – відсутня. Пухирчастість листової пластинки слабка у 51% сортів, середня – у 31%, відсутня – у 12%, сильна – в 5%. 75% сортів мають середню довжину черешка; 46% властивий зелений колір головки, 7% – фіолетовий. Для 63% характерне антоціанове забарвлення, а інтенсивність жовтого кольору середня у 53% сортів.

Використана література

- Zhang P., Guan J.-J., Huang Q.-M. et al. Phenotypic diversity of phalaenopsis based on statistic analysis and data mining. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. 2016. Vol. 281. P. 486–493.

- Тищенко В. М., Панченко П. М., Чернишева О. П. Ідентифікація сортів та селекційних ліній пшениці озимої за збалансованими кількісними ознаками з використанням кластерного аналізу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 3. С. 28–35. doi: 10.31210/visnyk2013.03.04
- Compton M. E. Statistical methods suitable for the analysis of plant tissue culture data. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. 1994. Vol. 37, Iss. 3. P. 217–242. doi: 10.1007/BF00042336
- Leschuk N., Orlenko N., Khareba O., Dydiv O. The use of grouping morphological characteristics of *Lettuce varieties* L. var. *capitata* for the difference test in Ukraine. *International Journal of Botany Studies*. 2020. Vol. 5, Iss. 6. P. 516–522.
- Хареба В. В., Дидів О. Й., Дидів І. В., Лещук Н. В. Агробіологічна оцінка гібридів капусти броколі в умовах Західного Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14, № 2. С. 240–244. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134776
- Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) (TG/278/1) / UPOV. Geneva, 2012. 27 p.
- Чеботарь С. В., Сиволап Ю. М. Дифференциация, идентификация и создание базы данных сортов *T. aestivum* L. украинской селекции на основе STMS-анализа. *Цитология і генетика*. 2001. Т. 35, № 6. С. 8–27. URL: <https://cytgen.com/ru/2001/18-27N6V35.htm>
- Тищенко В. М., Дінець О. М. Використання кластерного аналізу в селекції пшениці озимої для пошуку генотипів збалансованих за господарсько-корисними ознаками. *Збірник наукових праць науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу* (м. Полтава, 17–18 травня 2017 р.). Полтава : РВВ ПДАА, 2017. С. 215–217.
- Пузік Л. М., Бондаренко В. А. Екологічна стабільність гібридів капусти броколі. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія : Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво і зберігання*. 2015. № 1. С. 15–20.
- Anami B. S., Naveen N. M., Surendra P. Automated Paddy Variety Recognition from Color-Related Plant Agro-Morphological Characteristics. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*. 2019. Vol. 11, Iss. 1. P. 12–22. doi: 10.5815/ijigsp.2019.01.02
- Sajedur R. Genetic Analysis of Leaf and Sprout Traits of Cabbage and Brussels Sprout : MSc Thesis Plant Breeding. Wageningen, 2019. 62 p. URL: <https://edepot.wur.nl/474618>
- Turbin V. A., Sokolov A. S., Kosterna E., Rosa R. Effect of plant density on the growth, development and yield of brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera* L.). *Acta Agrobotanica*. 2014. Vol. 67, Iss. 4. P. 51–58. doi: 10.5586/aa.2014.049
- Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2023 рік / Мін-во аграр. політики та прод-ва України. Київ, 2023. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reestr-sortiv-roslin>
- Pusik L., Pusik V., Lyubymova N., Bondarenko V. Study into formation of nutritional value of cauliflower depending on the agrobiological factors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 6, Iss. 11. P. 29–35. doi: 10.15587/1729-4061.2018.147748

References

- Zhang, P., Guan, J.-J., Huang, Q.-M., Liu, Y.-F., & Zhang, J.-H. (2016). Phenotypic diversity of phalaenopsis based on statistic analysis and data mining. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 281, 486–493.
- Tyschenko, V. M., Panchenko, P. M., & Chernyshova, O. P. (2013). Identification of the sorts of breeding lines of winter wheat with respect to balanceness of quantitative characteristics using cluster analysis. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 28–35. doi: 10.31210/visnyk2013.03.04 [In Ukrainian]

3. Compton, M. E. (1994). Statistical methods suitable for the analysis of plant tissue culture data. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 37(3), 217–242. doi: 10.1007/BF00042336
4. Leschuk, N., Orlenko, N., Khareba, O., & Dydiv, O. (2020). The use of grouping morphological characteristics of *Lettuce varieties* L. var. *capitata* for the difference test in Ukraine. *International Journal of Botany Studies*, 5(6), 516–522.
5. Khareba, V. V., Dydiv, O. Y., Dydiv, I. V., & Leschuk, N. V. (2018). Agrobiological assessment of broccoli hybrids under the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14(2), 240–244. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134776 [In Ukrainian]
6. UPOV. (2012). *Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) (TG/278/1)*. Geneva: UPOV.
7. Chebotar, S. V., & Syvolap, Yu. M. (2001). Differentiation, identification and creation of a database of varieties of *T. aestivum* L. of Ukrainian selection based on STMS-analysis. *Cytology and Genetics*, 6, 18–27.
8. Tyshchenko, V. M., & Dinets, O. M. (2017). The use of cluster analysis in the selection of winter wheat to search for genotypes balanced by economically useful traits. In *Collection of scientific works of the scientific and practical conference of professors and teachers*. Poltava: Editorial and publishing department of the Poltava State Agrarian Academy. [In Ukrainian]
9. Puzik, L. M., & Bondarenko, V. A. (2015). Ecological stability of broccoli hybrids. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Crop production, breeding and seed production, horticulture*, 1, 15–20. [In Ukrainian]
10. Anami, B. S., Naveen, N. M., & Surendra, P. (2019). Automated Paddy Variety Recognition from Color-Related Plant Agromorphological Characteristics. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 11(1), 12–22. doi: 10.5815/ijigsp.2019.01.02
11. Sajedur, R. (2019). *Genetic Analysis of Leaf and Sprout Traits of Cabbage and Brussels Sprout* (MSc Thesis Plant Breeding). Wageningen. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/474618>
12. Turbin, V. A., Sokolov, A. S., Kosterna, E., & Rosa, R. (2014). Effect of plant density on the growth, development and yield of brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera* L.). *Acta Agrobotanica*, 67(4), 51–58. doi: 10.5586/aa.2014.049
13. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (2023). *State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine as of May, 2023*. Retrieved from <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyster-sortiv-roslin> [In Ukrainian]
14. Pusik, L., Pusik, V., Lyubymova, N., & Bondarenko, V. (2018). Study into formation of nutritional value of cauliflower depending on the agrobiological factors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11), 29–35. doi: 10.15587/1729-4061.2018.147748

UDC 635.35:519.2

Dydiv, O. Y.¹, Khareba, V. V.², Khareba, O. V.², Leshchuk, N. V.^{3*}, Orlenko, N. S.³, & Orlenko, O. B.³ (2023). Application of cluster analysis for grouping *Brassica oleracea* var. *italica* varieties for the difference test. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4), 207–216. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291221>

¹Lviv National Environmental University, 1 Volodymyra Velykoho St., Dubliany, Lviv district, Lviv region, 80381, Ukraine

²National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 9 Omelianovycha-Pavlenka St., Kyiv, 01010, Ukraine

³Ukrainian Institute of Plant Varieties Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: nadiya1511@ukr.net

Purpose. To use cluster analysis of morphological characters to simplify the identification of *Brassica oleracea* var. *italica* and form groups of similar varieties for the test of difference. **Methods.** Analytical, mathematical and statistical methods were used in the work. As input information for the statistical processing of the obtained results, information on the results of the examination for distinctness, uniformity and stability (DUS) from the database of the Automated Information System of the Ukrainian Institute for Plant Varieties Examination was used. Cluster modelling was carried out using the IBM SPSS Statistics “Statistical Package for the Social Sciences”. **Results.** A morphological description of broccoli varieties was carried out on the basis of 32 characteristics for the examination of distinctness, uniformity and stability. The morphological code formulae of the latter, composed of the corresponding codes for the manifestation of identifying characteristics of vegetative and generative organs of plants, served as a source of initial data. Out of 41 varieties described by 32 morphological characteristics, only two groups were found to be similar in terms of the identifying characteristics of the varieties. Two

types of variables were used as parameters of the model: target – characteristic “Head: anthocyanin colour”, focal – “Head: colour”. The full list of characteristics was as follows “plant: by height (at harvest maturity)”, “leaf: position (at beginning of head formation)”, “leaf blade: wavy edge”, “leaf blade: blistering”, “petiole: by length”, “head: colour”, “head: anthocyanin colour”, “head: by density”, “flower: colour”, “flower: intensity of yellow colour”, “male sterility”. Using computer modelling, clusters of 17 similar broccoli varieties and 9 control objects (varieties) were formed, the identification of which involved eleven morphological characteristics. **Conclusions.** In order to search for distinguishing characteristics in the process of testing the difference of cabbage varieties, broccoli was grouped into clusters according to such morphological characteristics as the position of the leaf at the beginning of the formation of the head; waviness of the edge of the leaf blade; blistering of the leaf plate; petiole length; head colour; presence of anthocyanin and intensity of yellow colour.

Keywords: broccoli; statistical analysis; classification; variety; code; difference; cluster; sign; collection.

Надійшла / Received 13.09.2023

Погоджено до друку / Accepted 25.10.2023

Study of correlations between yield and grain quality indicators of varieties and breeding lines of *Triticum aestivum* L.

I. V. Pravdziva*, N. V. Vasylenko, N. M. Khoroshko

The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat, NAAS of Ukraine, Tsentralne, Obukhiv district, Kyiv region, 08853, Ukraine, *e-mail: irinapravdziva@gmail.com

Purpose. To determine the correlations between yield and grain quality indicators of varieties and breeding lines of winter bread wheat. **Methods.** The study was conducted under the conditions of the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat NAAS of Ukraine (MIW) during 2019/20–2021/22. Ten new varieties and four breeding lines of winter bread wheat of Myronivka breeding were evaluated. Grain quality indicators were determined in the grain quality laboratory of MIW according to conventional techniques. Pearson's correlation coefficients (r) were calculated to establish correlations. **Results.** Correlations with different direction and strength were found between yield and quality indicators of winter bread wheat grain ($-0.32 < r < 0.61$). During the research years, reliable direct correlation coefficients were obtained between yield and the 1000 kernel weight indicator ($r = 0.17-0.46$). Also, a reliable linear dependence ($r = 0.13-0.61$) of yield with water absorption capacity of flour, test weight, grain vitreous, with protein and wet gluten content, but only under certain hydrothermal growing conditions. The varieties and breeding lines of winter bread wheat were identified which, during the years of research, showed stable direct correlations between yield and the indicators of 1000 kernel weight, grain vitreous, protein content, wet gluten content, sedimentation value, dough elasticity index, deformation energy, dough tenacity, water absorption capacity of flour. **Conclusion.** The selected varieties and breeding lines of winter bread wheat can be used in the breeding process as sources for combining high yield with certain improved quality indicators in one genotype to create competitive varieties.

Keywords: winter bread wheat; yield; grain quality indicators; flour quality indicators; rheological properties of dough; correlation coefficient; coefficient of variation.

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is one of the most widely grown and valuable food crops in the world. It is grown on 220 million hectares, representing 15% of the world's arable land [1]. The annual growth of the world's population requires an increase in the production of agricultural products, especially wheat [2, 3]. Increasing the gross yield of high quality cereals is therefore of paramount importance [4, 5]. Soil and climatic growing conditions, biological characteristics of the variety, agrotechnical and other factors have a significant influence on the level of yield and quality of wheat grain

[6, 7]. The maximum yield of wheat is formed under the optimal ratio of influence of all factors [8].

The most effective factor determining the yield level of agricultural crops is the variety [9]. Timely variety replacement can increase wheat grain yield by 40–60% [10]. When breeding new wheat varieties, breeders need to combine their high yield with a complex of valuable characteristics, in particular with parameters of grain quality [11]. The method of correlation analysis [12] is used to distinguish valuable varieties and breeding lines, since the identification of traits correlated with yield will contribute to increasing the competitiveness of plant varieties [6, 13]. The determination of correlations makes it possible to identify traits that are factorial and can be used as criteria (markers) for selection to increase productivity and at the same time genetic improvement of other indicators [14, 15].

The majority of scientific publications are devoted to determining the relationship between

Iryna Pravdziva
<https://orcid.org/0000-0002-0808-1584>
Nadiia Vasylenko
<https://orcid.org/0000-0002-4326-6613>
Nelia Khoroshko
<https://orcid.org/0000-0002-0663-1968>

yield and productivity elements [10, 13, 16]. The dependence of yield on some indicators of grain quality is also highlighted in the literature. In fact, direct relationships of yield with 1000 kernel weight have been established [17, 18]. A significant number of works point to the inverse relationship between yield and grain protein content [3, 19, 20]. However, some research has shown direct correlations between yield and protein and gluten content in wheat grain [21, 22]. And only a small number of publications detail the relationships between yielding capacity and a wide range of quality indicators [23, 24].

The aim of the research is to determine correlations between yield and grain quality indicators of varieties and breeding lines of *Triticum aestivum* L.

Materials and methods

Ten varieties and four breeding lines of winter bread wheat were used as research material: 'Podolianka', 'MIP Fortuna', 'MIP Yuvileina', 'MIP Nika', 'MIP Roksolana', 'MIP Feieria', 'MIP Aelita', 'MIP Vidznaka', 'MIP Darunok', 'MIP Dovira', 'Lutescens 37548', 'Lutescens 60049', 'Lutescens 60302', 'Lutescens 60400', which were sown in three sowing dates (25 September, 5 October, 15 October) after five precrops (green manure, mustard, sunflower, maize, soybean) during 2019/20–2021/22 on the basis of the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (MIW).

The soil at the trial site is a deep, low humus, slightly leached, medium loamy chernozem. The granulometric composition of the soil is suitable for wheat cultivation and the level of

fertility contributes to the overall evaluation of varieties and breeding lines of winter wheat.

The generally accepted technology of winter wheat cultivation for the Forest-Steppe zone was used [25]. The registered area of the experimental plots is 10 m². There were four replications. Harvesting and recording of the harvest was carried out according to the methodology of the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine [26]. Determination of grain quality indicators of winter bread wheat was carried out in the Grain Quality Laboratory of the MIW from each replicate according to generally accepted methods [27, 28].

Statistical processing of experimental data was carried out using correlation and variation analysis methods. Correlation analysis was used to identify potential genetic relationships between yield and grain quality indicators [29]. The Pearson's correlation coefficient (*r*) was interpreted according to the Chaddock scale [30]. Coefficient of variation (*Cv*) was interpreted according to the scale [30]: *Cv* ≤ 5% – low variation, 6 ≤ *Cv* ≤ 10% – moderate, 11 ≤ *Cv* ≤ 20% – significant, 21 ≤ *Cv* ≤ 50% – high, *Cv* ≥ 51% is very high.

Research conditions. The study years were contrasting in the hydrothermal regime, with an uneven distribution of precipitation by month (Fig. 1). In general, the 2019/20 and 2021/22 growing years were characterised by an insufficient amount of precipitation (64.5 and 80.5% of the long-term average (LTA), respectively), with air temperature exceeding the LTA by 2.7 and 1.2 °C, respectively. Conditions in 2020/21 were close to the long-term average in terms of precipitation (102.2% of the LTA), but the air tem-

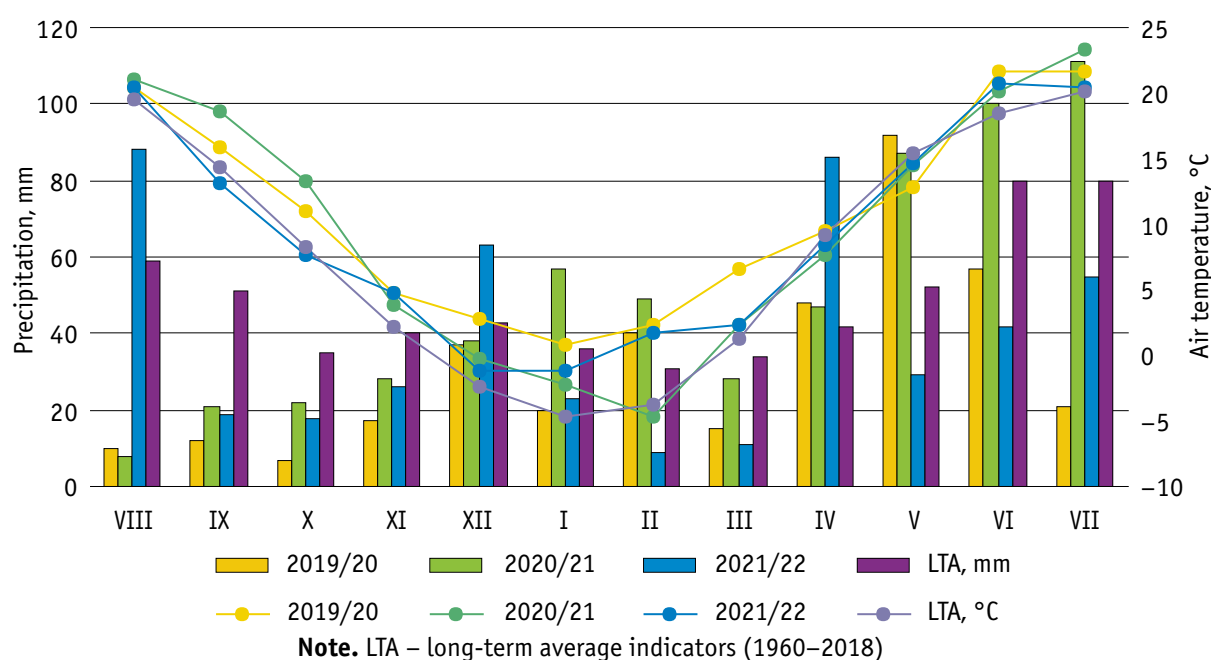


Fig. 1. Average monthly values of the hydrothermal regime during the research period (2019/20–2021/22)

perature was 9.8 °C compared to the long-term average of 8.2 °C. December, January, February and March 2019/20, September and October 2020/21, February 2021/22 turned out to be unusually warm, with an excess of 4.2–6.2 °C over the average daily air temperature. It should be noted that there was a significant lack of precipitation in August 2019/20 and 2020/21 (16.9 and 13.6% of LTA, respectively), in January, June and July 2019/20 and 2021/22 (26.3–71.3% of LTA), February and May 2021/22 (29.0 and 55.8% of LTA, respectively). The pre-sowing and sowing periods of the three study years were characterised by insufficient rainfall (23.5–62.9% of LTA). Critically low moisture availability during most months in 2019/20, accompanied by high air temperatures, negatively affected the growth and development of winter wheat.

Results and discussion

The obtained experimental results show the variability of yield and grain quality indicators

of winter bread wheat depending on the hydrothermal conditions of the study years (Table 1). Under the dry growing conditions of 2019/20, higher flour, dough and bread quality indicators were obtained, but the lowest values of yield (3.33 t/ha) and 1000 kernel weight (36.4 g) were obtained. The wettest growing season 2020/21 contributed to the formation of the highest level of yield (6.46 t/ha) and 1000 kernel weight (41.5 g), but at the same time a decrease in the quality indicators of flour and dough was observed. A low variation ($C_v \leq 5\%$) between years was observed for the following indicators: test weight, gluten deformation index, water absorption capacity of flour, porosity of bread crumb, bread evaluation score. A moderate variation ($6 \leq C_v \leq 10\%$) between years was observed for 1000 kernel weight, grain vitreous, sedimentation value, dough elasticity index and volume of bread. Yield ($C_v = 31.7\%$) and flour strength ($C_v = 27.9\%$) were more dependent on hydrothermal conditions.

Table 1

Yield and grain quality indicators of winter bread wheat (average by sowing dates, preceding crops, varieties and breeding lines)

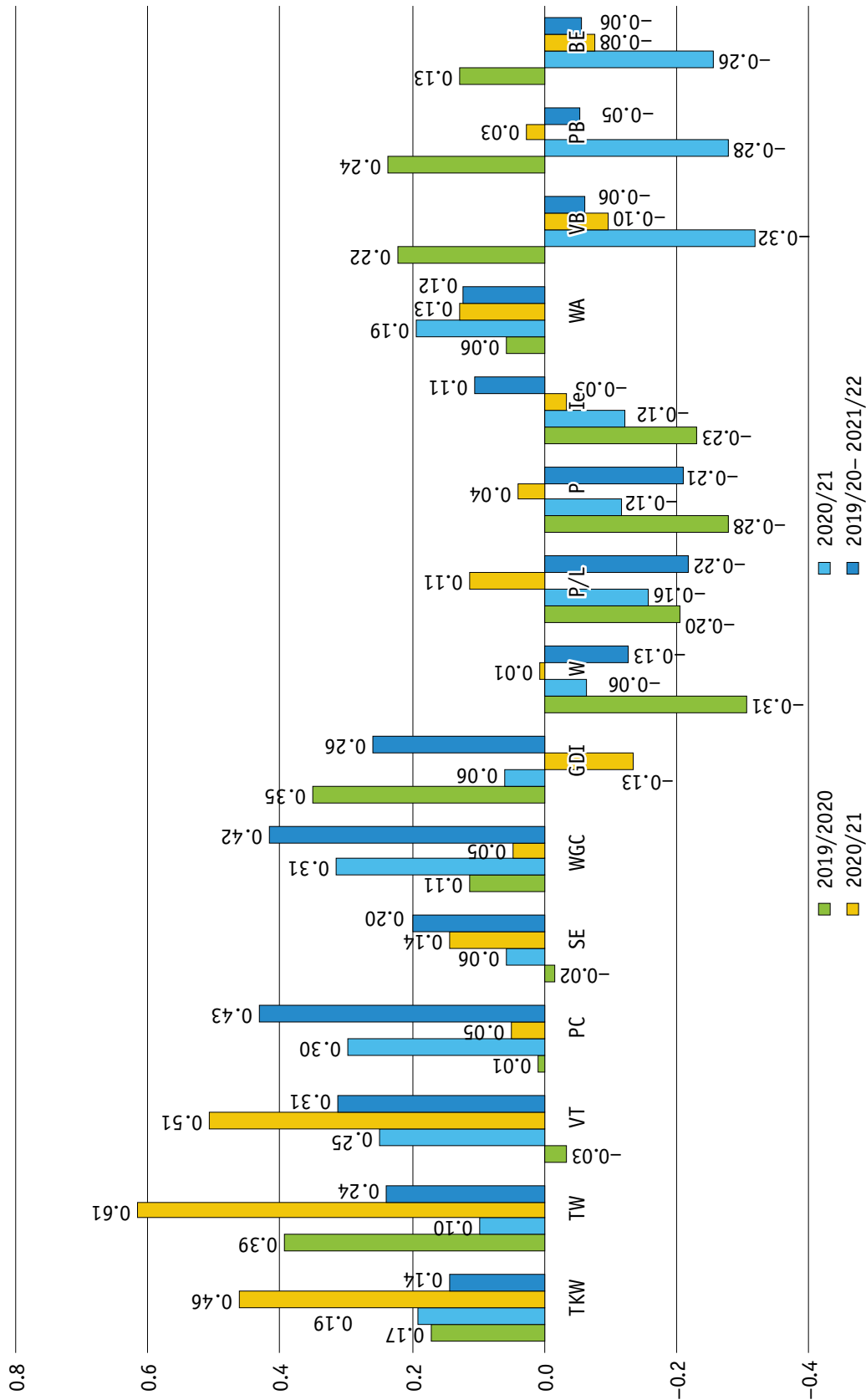
Yield and quality indicators	2019/20	2020/21	2021/22	C_v , %
Yield, t/ha	3.33	6.46	5.80	31.7
1000 kernel weight, g	36.4	41.5	37.6	6.9
Test weight, g/l	764	764	758	0.4
Vitreous grain, %	68	67	74	5.6
Protein content, %	14.7	11.9	13.0	12.6
Sedimentation value, ml	64	59	68	8.9
Wet gluten content, %	31.9	27.4	29.4	10.5
Gluten deformation index, un. GDM	74	74	76	1.8
Deformation energy, 10^{-4} J	190	236	328	27.9
Alveogram configuration ratio, un.	1.0	1.2	1.4	18.2
Dough tenacity, mm	78	81	107	18.2
Dough elasticity index, %	64.3	68.0	76.5	9.0
Water absorption of flour, %	57.8	57.7	60.9	3.1
Volume of bread, cm	919	848	752	10.0
Porosity of bread crumb, %	81	87	82	3.6
Bread evaluation score, grade points	3.7	3.8	3.5	3.0

Note. C_v – Coefficient of variation; un. GDM – units of gluten deformation meter.

To determine the direction and strength of the relationship between yield and grain quality indicators, Pearson's correlation coefficients (r) were calculated (Fig. 2). In 2019/2020–2021/22, a reliable direct correlation of yield was found only with 1000 kernel weight ($r = 0.17$ – 0.46). Direct reliable correlations of yield with water absorption of flour, test weight and grain vitreous were observed in two of the study years. Direct reliable correlations of yield with protein ($r = 0.30$) and gluten ($r = 0.31$) content were found in one of the years, namely 2020/21. It should be noted that in other years the correlation coefficients between yield and these characteristics were

positive but unreliable. No stable relationships were found between yield and other grain quality indicators. Significant variability of the correlation coefficients, both in strength and direction, depending on the hydrothermal conditions of the year, was also observed in the studies of O. Yu. Leonov et al. [31]. In the conditions of Central Asia it was also found that the correlation coefficients between yield and quality indicators of grain and flour depended on the characteristics of the soil and climatic zone of cultivation [32].

According to the research of V. V. Liubych et al. [33], correlation coefficients depend on both growing conditions and genotype. There-



Note. TKW – 1000 kernel weight, TW – test weight, VT – grain vitreous, PC – protein content, SE – sedimentation value, WGC – wet gluten content, GDI – gluten deformation index, W – deformation energy, P/L – alveogram configuration ratio, P – dough tenacity, Ie – dough elasticity index, WA – water absorption of flour, VB – volume of bread, PB – porosity of bread crumb, BE – bread evaluation score, * – $p \leq 0.1$, ** – $p \leq 0.05$, *** – $p \leq 0.01$

Fig. 2. Correlation coefficients between yield and grain quality indicators for winter bread wheat in the years studied.

fore, we calculated correlation coefficients between yield and grain quality indicators for individual varieties and breeding lines of winter wheat.

As a result of the research conducted for varieties and breeding lines of winter wheat, significant variability of the correlation coefficients between yield and grain quality indicators was revealed in the test years, both in terms of the strength and direction of the relationships (Table 2). This indicates a sig-

nificant influence of the weather conditions of the year on the formation of yield and grain quality indicators, as well as the unequal response of genotypes to growing conditions.

We have selected varieties and breeding lines of winter wheat with stable direct correlations of yield over the years with some indicators of grain quality, namely: by 1000 kernel weight – ‘MIP Aelita’ ($r = 0.24-0.36$), ‘Lutescens 37548’ ($r = 0.11-0.90$); test weight – ‘MIP Yuvileina’ ($r =$

Table 2

Relationships between yield and grain quality indicators of varieties and breeding lines of winter bread wheat in the study years

Variety, Line	TKW	TW	VT	PC	SE	WGC	GID	W	P/L	P	Ie	WA	VB	PB	EB
2019/20															
1	0.04	0.32	-0.02	0.41	0.45	0.47	0.39	-0.51	-0.46	-0.62	0.22	0.03	0.66	0.21	0.56
2	0.24	0.36	-0.48	0.51	0.37	0.53	0.54	0.12	-0.34	-0.21	0.37	0.49	-0.30	0.04	-0.29
3	0.07	0.64	0.04	-0.29	0.25	-0.28	-0.01	-0.38	-0.47	-0.64	0.07	-0.26	0.04	0.19	-0.04
4	-0.10	0.29	-0.08	0.25	0.43	0.40	0.31	0.32	0.09	0.22	0.13	0.17	0.54	0.37	0.60
5	0.50	0.54	0.11	0.37	0.34	0.32	-0.07	-0.41	-0.54	-0.50	-0.20	-0.13	0.26	0.11	0.09
6	0.50	0.67	0.27	0.15	0.24	0.19	0.31	0.04	-0.07	-0.05	0.06	-0.03	0.06	-0.04	-0.08
7	0.24	-0.23	0.56	-0.03	-0.09	0.04	0.20	-0.50	-0.25	-0.41	-0.35	0.23	-0.22	0.07	-0.35
8	0.31	0.58	-0.09	0.11	0.24	0.50	0.33	-0.21	0.17	0.01	-0.04	0.28	-0.41	0.42	-0.37
9	0.09	0.66	-0.09	0.37	-0.22	0.48	0.72	0.16	-0.30	-0.18	0.07	0.40	0.26	0.27	0.37
10	0.36	0.49	0.16	0.51	0.26	0.60	0.58	-0.23	-0.30	-0.52	0.14	0.52	-0.47	-0.43	-0.53
11	0.26	0.61	0.39	0.32	0.37	0.54	0.46	-0.38	-0.54	-0.63	-0.16	0.11	0.69	0.22	0.25
12	0.22	0.49	-0.55	0.05	0.05	-0.07	-0.41	0.43	0.33	0.66	0.00	0.15	-0.20	-0.48	0.14
13	-0.14	0.34	-0.08	0.18	0.27	0.16	0.01	-0.25	-0.25	-0.27	0.39	0.32	-0.03	0.16	0.06
14	0.38	0.70	0.12	0.08	0.25	0.16	0.05	-0.54	-0.64	-0.62	0.14	0.52	0.17	0.22	-0.06
2020/21															
1	0.03	-0.30	0.00	0.16	0.22	0.26	0.21	-0.08	0.20	0.21	-0.36	0.16	0.38	0.44	0.21
2	-0.42	-0.16	0.35	0.84	0.02	0.86	0.02	0.41	-0.23	0.07	0.42	0.28	-0.49	-0.58	-0.54
3	-0.12	0.38	0.45	0.54	0.35	0.44	0.08	0.61	0.68	0.74	-0.40	0.20	-0.15	0.09	-0.12
4	0.04	-0.02	0.42	0.52	0.53	0.56	0.12	0.25	-0.01	0.09	0.13	0.50	-0.54	-0.38	-0.48
5	-0.42	0.17	0.12	0.36	-0.13	0.33	-0.07	-0.37	-0.53	-0.49	0.34	0.21	-0.17	-0.04	-0.07
6	0.01	0.45	0.71	0.35	0.12	0.30	-0.79	-0.38	-0.47	-0.46	-0.14	0.37	-0.44	-0.56	-0.43
7	0.32	-0.14	0.09	0.13	0.37	0.02	0.38	0.29	0.36	0.41	-0.30	0.42	0.18	0.32	0.07
8	0.06	0.08	0.21	0.40	-0.04	0.35	0.26	-0.30	-0.16	-0.23	-0.40	0.32	-0.01	-0.02	-0.34
9	0.19	0.13	0.14	0.11	-0.02	0.19	-0.08	0.17	-0.17	0.00	-0.05	0.46	-0.36	-0.08	-0.47
10	-0.17	-0.38	0.06	0.26	0.14	0.30	-0.17	-0.03	-0.49	-0.34	0.05	0.39	0.11	0.10	-0.24
11	0.11	-0.02	0.63	0.79	0.87	0.73	0.24	0.50	-0.44	-0.20	0.37	0.30	-0.52	-0.37	0.18
12	-0.05	0.18	0.50	0.48	-0.60	0.46	0.14	0.45	-0.21	0.13	0.47	0.67	0.01	0.32	0.37
13	-0.18	0.18	0.60	0.55	0.01	0.60	0.52	0.19	-0.56	-0.35	0.37	0.38	-0.02	-0.09	0.12
14	-0.07	-0.01	0.49	0.37	0.43	0.30	-0.03	0.41	-0.27	0.10	0.20	0.53	-0.29	-0.23	0.07
2021/2022															
1	0.32	0.69	0.80	0.16	0.18	0.22	0.43	0.30	-0.15	-0.13	-0.04	0.26	0.20	0.48	0.39
2	0.32	0.48	0.21	0.28	-0.10	0.29	-0.09	0.07	0.16	0.16	0.13	-0.19	0.26	0.20	0.47
3	0.15	0.59	0.78	0.63	0.62	0.53	0.10	-0.18	-0.27	-0.29	0.26	0.34	0.56	0.74	0.05
4	0.40	0.67	0.38	-0.02	-0.09	0.05	-0.08	-0.30	-0.48	-0.46	-0.68	-0.21	-0.17	-0.16	0.20
5	-0.02	0.76	0.53	0.35	0.12	0.47	0.46	-0.38	0.22	-0.26	-0.32	-0.27	0.04	0.20	0.08
6	0.26	0.48	0.72	0.65	0.48	0.52	-0.03	0.46	0.21	0.30	0.07	0.64	0.07	0.26	-0.01
7	0.36	0.82	0.56	0.47	0.32	0.52	-0.35	0.01	0.59	0.43	-0.07	0.52	-0.28	-0.53	-0.67
8	0.84	0.88	0.38	0.23	0.35	0.43	-0.06	-0.45	-0.24	-0.41	-0.55	0.05	-0.48	-0.41	-0.24
9	0.20	0.71	0.80	0.67	0.62	0.70	0.30	0.11	0.14	0.15	0.04	0.47	-0.39	-0.22	-0.18
10	0.35	0.60	0.58	0.34	0.11	0.13	-0.77	0.28	0.07	0.24	0.06	0.11	-0.16	0.14	-0.21
11	0.90	0.91	0.09	-0.72	-0.51	-0.77	-0.81	-0.07	0.54	0.36	-0.40	-0.65	-0.77	-0.75	-0.64
12	0.39	0.69	0.19	-0.36	-0.30	-0.43	-0.42	0.31	0.03	0.18	0.10	-0.24	-0.23	-0.20	-0.64
13	0.81	0.90	0.26	-0.47	-0.24	-0.49	-0.57	-0.62	0.50	-0.38	0.09	-0.65	0.54	0.36	0.42
14	0.86	0.89	0.77	-0.41	-0.03	-0.48	-0.42	-0.21	0.03	-0.03	0.04	-0.28	-0.54	-0.31	-0.11

Note. 1 – ‘Podolianka’, 2 – ‘MIP Fortuna’, 3 – ‘MIP Yuvileina’, 4 – ‘MIP Nika’, 5 – ‘MIP Roksolana’, 6 – ‘MIP Feerienia’, 7 – ‘MIP Aelita’, 8 – ‘MIP Vidznaka’, 9 – ‘MIP Darunok’, 10 – ‘MIP Dovira’, 11 – ‘Lutescens 37548’, 12 – ‘Lutescens 60049’, 13 – ‘Lutescens 60302’, 14 – ‘Lutescens 60400’, TKW – 1000 kernel weight, TW – test weight, VT – grain vitreous, PC – protein content, SE – sedimentation value, WGC – wet gluten content, GDI – gluten deformation index, W – deformation energy, P/L – alveogram configuration ratio, P – dough tenacity, Ie – dough elasticity index, WA – water absorption of flour, VB – volume of bread, PB – porosity of bread crumb, BE – bread evaluation score.

0.38–0.64), ‘MIP Feieria’ ($r = 0.45–0.67$), ‘MIP Darunok’ ($r = 0.13–0.71$), ‘Lutescens 60049’ ($r = 0.18–0.69$); grain vitreous – ‘MIP Roksolana’ ($r = 0.11–0.53$), ‘MIP Feieria’ ($r = 0.27–0.72$), ‘Lutescens 60400’ ($r = 0.12–0.77$); protein and wet gluten content – ‘Podolianka’ (respectively $r = 0.16–0.41$ and $r = 0.22–0.47$), ‘MIP Fortuna’ (respectively $r = 0.28–0.84$ and $r = 0.29–0.86$), ‘MIP Roksolana’ (respectively $r = 0.35–0.37$ and $r = 0.32–0.47$), ‘MIP Feieria’ (respectively $r = 0.15–0.65$ and $r = 0.19–0.52$), ‘MIP Vidznaka’ (respectively $r = 0.11–0.40$ and $r = 0.35–0.50$), ‘MIP Darunok’ (respectively $r = 0.11–0.67$ and $r = 0.19–0.70$), ‘MIP Dovira’ (respectively $r = 0.26–0.51$ and $r = 0.13–0.60$); sedimentation value – ‘Podolianka’ ($r = 0.18–0.45$), ‘MIP Yuvileina’ ($r = 0.25–0.65$), ‘MIP Feieria’ ($r = 0.12–0.48$), ‘MIP Dovira’ ($r = 0.11–0.26$); dough elasticity index – ‘MIP Fortuna’ ($r = 0.13–0.42$); deformation energy – ‘MIP Darunok’ ($r = 0.11–0.17$), ‘Lutescens 60049’ ($r = 0.31–0.45$); dough tenacity – ‘Lutescens 60049’ ($r = 0.13–0.66$); water absorption of flour – ‘MIP Aelita’ ($r = 0.23–0.52$), ‘MIP Darunok’ ($r = 0.40–0.46$), ‘MIP Dovira’ ($r = 0.11–0.52$). The obtained results indicate that already today varieties and promising breeding lines have been created, which form a higher level of yield with simultaneously increased grain quality indicators. The selected varieties and breeding lines can be used in the breeding process as sources of combination in one genotype of high yield with corresponding high grain quality indicators.

Conclusions

Direct and inverse correlations of varying strength ($-0.32 < r < 0.61$) were found between yield and grain quality indicators of winter bread wheat. There was a linear dependence ($r = 0.13–0.61$) of yield on 1000 kernel weight in all years of the study, on water absorption capacity of flour, test weight and grain vitreous in two years, and on protein and gluten content in one year.

We have selected varieties and breeding lines of winter bread wheat with stable direct relationships between yielding capacity and quality indicators: 1000 kernel weight – ‘MIP Aelita’, ‘Lutescens 37548’; test weight – ‘MIP Yuvileina’, ‘MIP Feieria’, ‘MIP Darunok’, ‘Lutescens 60049’; grain vitreous – ‘MIP Roksolana’, ‘MIP Feieria’, ‘Lutescens 60400’; protein and gluten content – ‘Podolianka’, ‘MIP Fortuna’, ‘MIP Roksolana’, ‘MIP Feieria’, ‘MIP Vidznaka’, ‘MIP Darunok’, ‘MIP Dovira’; sedimentation value – Podolianka’, ‘MIP Yuvileina’, ‘MIP Feieria’, ‘MIP Dovira’; dough elasticity index – ‘MIP Fortuna’; deformation energy –

‘MIP Darunok’, ‘Lutescens 60049’; dough tenacity – ‘Lutescens 60049’; water absorption of flour – ‘MIP Aelita’, ‘MIP Darunok’, ‘MIP Dovira’. It is recommended to use the selected varieties and lines in the breeding process to create competitive high-yielding varieties with increased quality indicators of winter bread wheat.

References

1. Ibrahim, N. T. (2023). A climate-crop-spectral approach for wheat adaptation with climate changes in the arid and semi-arid regions. In R. O. Wanyera, & M. Wamalwa (Eds.), *Wheat*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.109477
2. Adam, D. (2021). How far will global population rise? Researchers can't agree. *Nature*, 597(7877), 462–465. doi: 10.1038/d41586-021-025226
3. Öztürk, I. (2022). Assessment of environment effect on yield component in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes under rainfed conditions. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 30, 6–14. doi: 10.47414/np.30.2022.268939 [In Ukrainian]
4. Kim, S. S., Byeon, Y. S., Kim, M. J., Lee, D., & Kwak, H. S. (2020). Influence of wheat flour milling yield on physicochemical, microbial, and antioxidant properties of Korea wheat (*Triticum aestivum* L. var. Jokyoung). *Journal of Food Quality*, 2020, Article 8899869. doi: 10.1155/2020/8899869
5. Kryzhanovskiy, V. G. (2022). Peculiarities of grain quality formation of winter wheat varieties in the Right Bank Forest Steppe. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 1. doi: 10.31548/dopovidi2022.01.008 [In Ukrainian]
6. Oliinyk, K. M., Blazhevych, L. Y., & Davydiuk, H. V. (2018). The effect of adaptive technologies of cultivation on winter wheat grain quality indices. *Feeds and Feed Production*, 86, 141–146. [In Ukrainian]
7. Jaisi, S., Thapa, A., & Poudel, M. R. (2021). Study of correlation coefficient and path analysis among yield parameters of wheat: a review. *INWASCON Technology Magazine*, 3, 01–04. doi: 10.26480/itechmag.03.2021.01.04
8. Kovalenko, A. M., & Kiriyak, Y. P. (2018). Yield and quality of seeds of different varieties of winter wheat depending on agro cultivation methods and climate change conditions. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 5. doi: 10.31548/dopovidi2018.05.021 [In Ukrainian]
9. Abramoff, R. Z., Ciais, P., Zhu, P., Hasegawa, T., Wakatsuki, H., & Makowski, D. (2023). Adaptation strategies strongly reduce the future impacts of climate change on simulated crop yields. *Earth's Future*, 11, Article 2022EF003190. doi: 10.1029/2022EF003190
10. Fanin, Ya. S., & Litvinenko, M. A. (2023). Yield and elements of plant productivity in modern domestic and foreign varieties of winter durum wheat. *Podolian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 38, 70–77. doi: 10.37406/2706-9052-2023-1.10 [In Ukrainian]
11. Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., Riabovol, Ya. S., & Kikhovska, I. V. (2021). Yield and grain quality of baking winter wheat of different varieties. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 29, 144–151. doi: 10.47414/np.29.2021.244457 [In Ukrainian]
12. Haleem, A., Hassan, G., Iqbal, A., Khan, F. U., Sajid, M., Ahmad, F., ... Ilyas, M. (2022). Genetic variability and correlation analysis in F_2 wheat populations. *Sarhad Journal of Agriculture*, 38(2), 398–408. doi: 10.17582/journal.sja/2022/38.2.398.408
13. Zhupina, A. Yu., Bazaliy, G. G., Usyk, L. O., Marchenko, T. Yu., Suchkova, V. M., Mishchenko, S. V., & Lavrinenko, Yu. O. (2022). Inheritance of ear grain mass by winter wheat hybrids of different ecological and genetic origin under irrigation conditions. *Agrarian Innovations*, 14, 152–160. doi: 10.32848/agr. innov.2022.14.22 [In Ukrainian]

14. Orlyuk, A. P. (2012). Genotypic correlations between productivity and component characters of soft winter wheat under different environmental conditions. *Tavria Scientific Herald*, 78, 62–71. [In Ukrainian]
15. Kadam, D. J., Karwar, S. H., & Jadhav, P. S. (2022). Correlation analysis for different characteristics in wheat. *The Pharma Innovation Journal*, 11(1), 98–100.
16. Kovalenko, O. A., & Smirnova, I. V. (2021). Interdependence of winter wheat grain yield with plant height in the conditions of Southern Ukraine. *Agrarian Innovations*, 10, 58–64. doi: 10.32848/agr.ar.innov.2021.10.10 [In Ukrainian]
17. Ullah, M. I. (2021). Grain yield and correlated traits of bread wheat lines: Implications for yield improvement. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(10), 5714–5719. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.06.006
18. Hospodarenko, G. M., Chernov, O. D., Lubich, V. V., Ryabov, Y. S., & Kryzhanivsky, V. G. (2020). Yield and baking properties of winter wheat grain at different doses and terms of nitrogen fertilizer application. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 21–31. doi: 10.31210/visnyk2020.03.02 [In Ukrainian]
19. Rathod, S. T., Pole, S. P., & Gawande, S. M. (2019). Correlation and path analysis for quality and yield contributing traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(6), 456–461. doi: 10.20546/ijcmas.2019.806.051
20. Marcos-Barbero, E. L., Pérez, P., Martínez-Carrasco, R., Arellano, J. B., & Morcuende, R. (2021). Genotypic variability on grain yield and grain nutritional quality characteristics of wheat grown under elevated CO₂ and high temperature. *Plants*, 10(6), 1043–1065. doi: 10.3390/plants10061043
21. Huang, X., Wang, C., Hou, J. Du, C., Liu, S., Kang, J., ... Ma, D. (2020). Coordination of carbon and nitrogen accumulation and translocation of winter wheat plant to improve grain yield and processing quality. *Scientific Reports*, 10(1), Article 10340. doi: 10.1038/s41598-020-67343-5
22. Tsenov, N., Gubator, T., & Yanchev, I. (2022). Evaluation of heritability and genetic advance of some quality parameters in common wheat (*Triticum aestivum* L.) under genotype by environmental interaction. *Agricultural Science and Technology*, 14(2), 12–26. doi: 10.15547/ast.2022.02.015
23. Demydov, O. A., Hudzenko, V. M., & Pravdziva, I. V. (2021). Differentiation and identification of winter bread wheat varieties according to a complex of baking quality indicators. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(3), 226–239. doi: 10.21498/2518-1017.17.3.2021.242959 [In Ukrainian]
24. Marche, M. (2021). Yield and quality stability of common winter wheat varieties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 27, 111–118.
25. Siroshant, A. A., & Kavunets, V. P. (Eds.). (2019). *Vyrobnytstvo dozovoho, bazovoho i sertyfikovanoho nasinnia pshenytsi ozymoi ta yaroi* [Production of pre-basic, basic and certified winter and spring wheat seeds]. Myronivka: N. p. [In Ukrainian]
26. *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna* [Methodology for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part] (4th ed., rev.). (2016). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
27. Technological assessment of crop production of varieties of agricultural species (2017). In S. O. Tkachyk (Ed), *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva* [Methodology for the qualification examination of plant varieties. Methods of determining plant production quality indicators] (3rd ed., rev. and enl., pp. 5–64). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
28. *Wheat. Technical conditions: State Standard of Ukraine 3768:2019*. (2019). Kyiv: Ukrainian Scientific-Research and Training Centre for Standardization, Certification & Quality Problems, State Enterprise. [In Ukrainian]
29. Cabral, A. L., Jordan, M. C., Larson, G., Somers, D. J., Humphreys, D. G., & McCartney, C. A. (2018). Relationship between QTL for grain shape, grain weight, test weight, milling yield, and plant height in the spring wheat cross RL4452 / 'AC Domain'. *PLoS ONE*, 13(1), Article e0190681. doi: 10.1371/journal.pone.0190681
30. Kupalova, H. I., & Murovana, T. O. (2014). Methods of stochastic factor analysis. In *Teoriia ekonomichnoho analizu: praktykum* [Theory of economic analysis: workshop] (pp. 362–430). Kyiv: Osvita Ukrainy. [In Ukrainian]
31. Leonov, O. Yu., Usova, Z. V., Buryak, L. I., Padalka, O. I., & Yarosh, A. V. (2016). Variability of bread wheat grain quality parameters in relation to weather conditions. *Collected scientific articles of PBGI – NCSCI*, 27, 141–155. [In Ukrainian]
32. Khazratkulova, S., Sharma, R. C., Amanov, A., Ziyadullaev, Z., Amanov, O., Alikulov, S., ... Muzafarova, D. (2015). Genotype × environment interaction and stability of grain yield and selected quality traits in winter wheat in Central Asia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(6), 920–929. doi: 10.3906/tar-1501-24
33. Liubych, V. V., Novikov, V. V., & Leshchenko, I. A. (2020). Technological properties of grain of different wheat types depending on the genotype. *Tavria Scientific Herald*, 144, 63–69. doi: 10.32851/2226-0099.2020.114.9 [In Ukrainian]

Використана література

1. Ibrahim N. T. A climate-crop-spectral approach for wheat adaptation with climate changes in the arid and semiarid regions. *Wheat / R. O. Wanyera, M. Wamalwa (Eds.)*. IntechOpen, 2023. doi: 10.5772/intechopen.109477
2. Adam D. How far will global population rise? Researchers can't agree. *Nature*. 2021. Vol. 597, Iss. 7877. P. 462–465. doi: 10.1038/d41586-021-025226
3. Öztürk I. Assessment of environment effect on yield component in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes under rainfed conditions. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2022. Вип. 30. С. 6–14. doi: 10.47414/np.30.2022.268939
4. Kim S. S., Byeon Y. S., Kim M. J. et al. Influence of wheat flour milling yield on physicochemical, microbial, and antioxidant properties of Korea wheat (*Triticum aestivum* L. var. Jokyoung). *Journal of Food Quality*. 2020. Vol. 2020. Article 8899869. doi: 10.1155/2020/8899869
5. Крижанівський В. Г. Особливості формування якості зерна сортів пшениці озимої в Правобережному Лісостепу. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. № 1. doi: 10.31548/Dopovidi2022.01.008
6. 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.
7. Jaisi S., Thapa A., Poudel M. R. Study of correlation coefficient and path analysis among yield parameters of wheat: a review. *INWASCON Technology Magazine*. 2021. Vol. 3. P. 01–04. doi: 10.26480/itechmag.03.2021.01.04
8. Коваленко А. М., Кіріак Ю. П. Урожайність та якість насіння різних сортів пшениці озимої залежно від агроприймів вирощування за умов зміни клімату. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 5. doi: 10.31548/dopovidi2018.05.021
9. Abramoff R. Z., Ciais P., Zhu P. et al. Adaptation strategies strongly reduce the future impacts of climate change on simulated crop yields. *Earth's Future*. 2023. Vol. 11. Article 2022EF003190. doi: 10.1029/2022EF003190
10. Фанін Я. С., Литвиненко М. А. Урожайність та елементи продуктивності рослин у сучасних вітчизняних і закордонних сортів озимої м'якої пшениці. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. № 38. С. 70–77. doi: 10.37406/2706-9052-2023-1.10

11. Господаренко Г. М., Любич В. В., Рябовол Я. С., Коховська І. В. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від сорту. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. Вип. 29. С. 144–151. doi: 10.47414/np.29.2021.244457
12. Haleem A., Hassan G., Iqbal A. et al. Genetic variability and correlation analysis in F_2 wheat populations. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2022. Vol. 38, Iss. 2. P. 398–408. doi: 10.17582/journal.sja/2022/38.2.398.408
13. Жупина А. Ю., Базалій Г. Г., Усик Л. О. та ін. Успадкування маси зерна колоса гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 152–160. doi: 10.32848/agrar.innov.2022.14.22
14. Орлюк А. П. Генотипові кореляції між урожайністю та компонентними ознаками пшениці м'якої озимої за різних екологічних умов. *Таврійський науковий вісник*. 2012. № 78. С. 62–71.
15. Kadam D. J., Karwar S. H., Jadhav P. S. Correlation analysis for different characteristics in wheat. *The Pharma Innovation Journal*. 2022. Vol. 11, Iss. 1. P. 98–100.
16. Коваленко О. А., Смірнова І. В. Взаємозалежність урожайності зерна пшениці озимої з висотою рослин в умовах Півдня України. *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 58–64. doi: 10.32848/agrar.innov.2021.10.10
17. Ullah M. I. Grain yield and correlated traits of bread wheat lines: Implications for yield improvement. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021. Vol. 28, Iss. 10. P. 5714–5719. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.06.006
18. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Любич В. В. та ін. Урожайність та хлібопекарські властивості зерна пшениці озимої при різних дозах і строках застосування азотних добрив. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. С. 21–31. doi: 10.31210/visnyk2020.03.02
19. Rathod S. T., Pole S. P., Gawande S. M. Correlation and path analysis for quality and yield contributing traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019. Vol. 8, No. 6. P. 456–461. doi: 10.20546/ijcmas.2019.806.051
20. Marcos-Barbero E. L., Pérez P., Martínez-Carrasco R. et al. Genotypic variability on grain yield and grain nutritional quality characteristics of wheat grown under elevated CO_2 and high temperature. *Plants*. 2021. Vol. 10, Iss. 6. P. 1043–1065. doi: 10.3390/plants10061043
21. Huang X., Wang C., Hou J. et al. Coordination of carbon and nitrogen accumulation and translocation of winter wheat plant to improve grain yield and processing quality. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10. Article 10340. doi: 10.1038/s41598-020-67343-5
22. Tsenov N., Gubatov T., Yanchev I. Evaluation of heritability and genetic advance of some quality parameters in common wheat (*Triticum aestivum* L.) under genotype by environmental interaction. *Agricultural Science and Technology*. 2022. Vol. 14, No. 2. P. 12–26. doi: 10.15547/ast.2022.02.015
23. Demydov O. A., Hudzenko V. M., Pravdziva I. V. Differentiation and identification of winter bread wheat varieties according to a complex of baking quality indicators. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Vol. 17, No. 3. P. 226–239. doi: 10.21498/2518-1017.17.3.2021.242959
24. Marcheva M. Yield and quality stability of common winter wheat varieties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2021. Vol. 27. P. 111–118.
25. Виробництво базового, базового і сертифікованого насіння пшениці озимої та ярої / за ред. А. А. Сіроштана, В. П. Кавунця. Миронівка, 2019. 72 с.
26. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця: ФОР Корзун Д. Ю., 2016. 120 с.
27. Технологічна оцінка рослинницької продукції сортів сільськогосподарських видів. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Качик. 3-тє вид. випр. і доп. Вінниця: ФОР Корзун Д. Ю., 2017. С. 5–64.
28. Пшениця. Технічні умови: ДСТУ 3768:2019. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 21 с.
29. Cabral A. L., Jordan M. C., Larson G. et al. Relationship between QTL for grain shape, grain weight, test weight, milling yield, and plant height in the spring wheat cross RL4452 / 'AC Domain'. *PLoS ONE*. 2018. Vol. 13, Iss. 1. Article e0190681. doi: 10.1371/journal.pone.0190681
30. Купалова Г. І., Мурована Т. О. Методи стохастичного факторного аналізу. *Теорія економічного аналізу: практикум*. Київ: Освіта України, 2014. С. 362–430.
31. Леонов О. Ю., Усова З. В., Буряк Л. І. та ін. Мінливість показників якості зерна пшениці м'якої в залежності від погодних умов. *Збірник наукових праць СГІ – НЦНС*. 2016. Вип. 27. С. 141–155.
32. Khazratkulova S., Sharma R. C., Amanov A. et al. Genotype × environment interaction and stability of grain yield and selected quality traits in winter wheat in Central Asia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2015. Vol. 39, Iss. 6. P. 920–929. doi: 10.3906/tar-1501-24
33. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Технологічні властивості зерна різних видів пшениці залежно від генотипу. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 114. С. 63–69. doi: 10.32851/2226-0099.2020.114.9

УДК 633.111.1"324":631.559

Правдзіва І. В.*, **Василенко Н. В.**, **Хорошко Н. М.** Дослідження кореляційних зв'язків між урожайністю та показниками якості зерна сортів і селекційних ліній *Triticum aestivum* L. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Т. 19, № 4. С. 217–225. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291222>

Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., 08853, Україна, *e-mail: ipnpravdziva@gmail.com

Мета. Визначити кореляційні зв'язки між урожайністю та показниками якості зерна сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої. **Методи.** Дослідження проводили в умовах Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МІП) впродовж 2019/20–2021/22 рр. Оцінювали десять нових сортів і чотири селекційні лінії пшениці м'якої озимої миронівської селекції. Показники якості зерна визначали згідно із загальноприйнятими методами в лабораторії якості зерна МІП. Для встановлення кореляційних зв'язків розраховували коефіцієнти кореля-

ції (r) Пірсона. **Результати.** Між урожайністю та показниками якості зерна пшениці м'якої озимої встановлено різні за напрямом та силою кореляційні зв'язки ($0,32 < r < 0,61$). Зокрема, в роки досліджень одержано вірогідні прямі коефіцієнти кореляції між урожайністю та показником маси 1000 зерен ($r = 0,17–0,46$). Також за певних гідротермічних умов вирощування виявлено вірогідну прямолінійну залежність ($r = 0,13–0,61$) урожайності від водопоглинальної здатності борошна, натури, склоподібності зерна, вмісту білка та клейковини. Виділено сорти й селекційні лінії

пшениці м'якої озимої, які під час досліджень мали стабільно прямі кореляційні зв'язки між врожайністю та масою 1000 зерен, склоподібністю зерна, вмістом білка, вмістом клейковини, індексом еластичності тіста, силою борошна, пружністю тіста, водопоглинальною здатністю борошна.

Висновки. Виокремлені сорти й селекційні лінії пшениці м'якої озимої можуть бути використані в селекційному

процесі як джерела поєднання в одному генотипі високої врожайності та певних підвищених показників якості для створення конкурентоспроможних сортів.

Ключові слова: пшениця м'яка озима; врожайність; показники якості зерна; показники якості борошна; реологічні властивості тіста; коефіцієнт кореляції; коефіцієнт варіації.

Надійшла / Received 22.09.2023
Погоджено до друку / Accepted 15.11.2023

Аналіз генотипів нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за мікросателітними локусами QTL-hotspot-регіону, пов'язаного з толерантністю до посухи

Н. Е. Волкова^{1,2*}, Г. І. Сліщук^{1,2}, О. О. Захарова¹,
Т. Ю. Марченко², В. І. Січкарь², Р. А. Вожегова²

¹ТОВ «КОТЕКНА УКРАЇНА ЛІМІТЕД», вул. Люстдорфська дорога, 140-А, м. Одеса, 65114, Україна,
*e-mail: natalia.volkova@cotecna.com

²Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, вул. Маяцька дорога, 24, смт Хлібодарське, Одеська обл., 67667, Україна

Мета. Визначити поліморфізм мікросателітних локусів QTL-hotspot-регіону групи зчеплення 4, пов'язаного з толерантністю до посухи, у сортів нуту звичайного української селекції. **Методи.** Екстрагування та очищення ДНК з проростків ЦТАБ-методом; полімеразна ланцюгова реакція; горизонтальний гель-електрофорез; визначення розмірів продуктів ампліфікації за допомогою програми «Image J». **Результати.** Встановлено алельні комбінації мікросателітних локусів ICCM0249, NCPGR127, TAA170, NCPGR21, TA130 і STMS11 QTL-hotspot-регіону групи зчеплення 4 геному нуту. За локусами STMS11, NCPGR127 і NCPGR21, які виявилися неполіморфними в межах аналізованої вибірки сортів, детектовано по одному алелю; за ICCM0249 і TAA170 – по два; за TAA130 – три алелі, що вказує на їхню поліморфність. **Висновки.** Серед семи сортів нуту української селекції три мікросателітні локуси є неполіморфними, а саме: STMS11, NCPGR127 і NCPGR21. Ще три – поліморфними з двома алелями для локусів ICCM0249 і TAA170 і трьома для TAA130. За результатами аналізу сортів встановлено п'ять типів комбінацій алелів мікросателітних локусів ICCM0249, NCPGR127, TAA170, NCPGR21, TA130 і STMS11. У сорту 'Пам'ять' ідентифіковано унікальний для досліджуваної вибірки алель розміром 185 п. н.

Ключові слова: нут; толерантність до посухи; поліморфізм; мікросателітний локус; ПЛР.

Вступ

Підвищення толерантності основних зернових і бобових культур до дефіциту вологи для отримання стабільно високих врожаїв в умовах змін клімату є актуальним завданням селекції. Одна з її найефективніших стратегій – генно-інженерні технології, успішним прикладом яких є створення стій-

ких проти посухи генномодифікованих подій кукурудзи, пшениці, цукрової тростини та сої [1–4]. Втім все ще насторожене ставлення до генетично модифікованих рослин, а також потреба генно-інженерних технологій в обладнанні та фахівцях високого рівня зумовлюють необхідність використання альтернативних методів маркерної селекції.

Нут (*Cicer arietinum* L.) – бобова культура, яку вирощують на всіх континентах. Він є цінним джерелом протеїнів, вітамінів і необхідних мінералів для харчування людини. Також його важлива функція полягає в підвищенні родючості ґрунту завдяки симбіотичній фіксації атмосферного азоту. Цю культуру вважають перспективною для України через високу ліквідність насіння на ринку [5].

Важливим етапом розроблення покращених, толерантних до майбутніх змін клімату сортів нуту є ідентифікація генів-кандидатів і діагностичних маркерів, пов'язаних з ключо-

Nataliia Volkova
<https://orcid.org/0000-0002-9333-4872>
Heorhii Slishchuk
<https://orcid.org/0000-0003-4245-8557>
Olga Zakharova
<https://orcid.org/0000-0003-1828-9044>
Tetiana Marchenko
<https://orcid.org/0000-0001-6994-3443>
Vyacheslav Sichkar
<https://orcid.org/0000-0003-0581-5068>
Raisa Vozhehova
<https://orcid.org/0000-0002-3895-5633>

вими ознаками адаптації до посухи. Внаслідок процесів доместикації нут має вузьку генетичну базу, а тому знижується ефективність сучасних стратегій підвищення врожайності [6].

Здійснено секвенування геномів нуту типів «desi» лінії 'ICC4958' [7, 8] і «kabuli» лінії 'CDC Frontier' [9, 10]. Розмір одного геному – 738 Mb. Анотовано 28269 генів, розташованих у восьми гомологічних парах хромосом ($2n = 16$) [11]. Для кращого розуміння генетики нуту щодо стійкості проти посухи проведено широкомасштабні дослідження локусів кількісних ознак (*англ.* Quantitative Trait Locus, QTL) за використання різних типів молекулярних маркерів [12–16].

Зокрема, в групі зчеплення 4 геному нуту (CaLG04) ідентифіковано геномну область QTL-hotspot-регіон, що містить локуси для кількох ознак, пов'язаних із толерантністю до посухи, та відповідає за 58,2% фенотипових варіацій. Внаслідок інтрогресії QTL-hotspot-регіону в елітні сорти нуту індійської селекції з використанням маркер-опосередкованого беккросингу (*англ.* Marker-assisted backcrossing, MABC) врожайність насіння інтрогресованих ліній в умовах посухи збільшено на 16%, порівнюючи з рекурентними батьківськими генотипами, та покращено такі властивості коренів, як загальна довжина, щільність довжини, площа поверхні та об'єм. Також у цьому QTL-hotspot-регіоні встановлено наявність мікросателітних маркерів (МС) (*англ.* Simple Sequences Repeats, SSR) [17, 18].

В Ефіопському інституті сільськогосподарських досліджень (*англ.* Ethiopian Institute of Agricultural Research) способом зворотного схрещування за допомогою молекулярних маркерів розроблено й комерціалізовано толерантний до посухи високоврожайний сорт нуту 'Geletu' [19]. Так само виведено кенійські сорти нуту з ознакою «посухостійкість коренів» [20]. Через інтрогресію вищезгаданого QTL-hotspot-регіону методами маркер-опосередкованого добору (*англ.* marker-assisted selection, MAS) в Міжнародному науково-дослідному інституті сільськогосподарських культур для напівпосушливих тропіків (*англ.* International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics) створено та згодом комерціалізовано толерантні до посухи 'IPC L4-14', 'BGM 4005' і 'Pusa 102160' [21].

У будь-якій селекційній MAS-програмі необхідною передумовою для скринінгу генотипів з цільовими (бажаними) ознаками є дослідження поліморфізму батьківських форм за генами, що відповідають за прояв цих ознак. Якщо маркери, які передбачено використовувати в MAS-програмі, не є поліморф-

ними між батьківськими генотипами, подальший добір рослин, що несуть необхідні ознаки, неможливий у нащадках.

Мета досліджень – визначити поліморфізм мікросателітних локусів QTL-hotspot-регіону групи зчеплення 4, пов'язаного з толерантністю до посухи, у сортів нуту звичайного української селекції.

Матеріали та методика досліджень

Матеріалом для досліджень слугували сім сортів нуту української селекції (оригінація – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН України), а саме: 'Буджак', 'Достаток', 'Маестро', 'Одисей', 'Пам'ять', 'Тріумф' та 'Ярина'.

Екстрагування та очищення ДНК виконували з розмелу 100 насінин ЦТАБ-методом [22]. Вимірювання концентрації та оцінювання якості екстрагованої ДНК здійснювали методом спектрофотометрії на спектрофлуориметрі «NanoDrop DeNovix DS-11 FX+» (DeNovix, США).

Полімеразну ланцюгову реакцію (ПЛР) проводили на термоциклері «QuantStudio 5 Real-Time PCR System» (Applied Biosystem, США) за такими температурно-часовими умовами: 1 цикл – 95 °C, 5 хв; 35 циклів – 95 °C, 30 с, 55 °C, 30 с, 72 °C, 1 хв; 1 цикл – 72 °C, 7 хв. Реакційна суміш містила 1× iTaq Universal Probes Supermix (BioRad, США), по 150 нМ прямого та зворотного праймерів (Metabion, Німеччина), 50 нг ДНК. Послідовності праймерів до МС локусів – згідно з [23].

Візуалізацію продуктів ампліфікації виконували методом горизонтального електрофорезу в 3%-му агарозному гелі (Agarose Wide Range, Serva, Німеччина) в 1× трис-боратному буфері (TBE buffer 10×, Serva, Німеччина) за напруженості електромагнітного поля 2 В/см протягом 4 годин. Для забарвлення гелів застосовували 0,5 мкг/мл розчину етидіум броміду (Sigma-Aldrich, США). Маркерами молекулярної маси слугували pUC19/Msp1 (HpaII) (ThermoScientific, США) та 50 bp DNA Ladder RTU (Clever Scientific, Велика Британія). Розміри фрагментів ампліфікації розраховували за допомогою програми «Image J» (ліцензія не потрібна) [24].

Кожен зразок аналізували у двох повтореннях ампліфікації. Контроль екстракції та безматричний контроль ампліфікації використовували для оцінювання контамінації.

Результати досліджень

Здатність екстрагованої ДНК до ампліфікації (тобто перевірку відсутності інгібіторів)

оцінили методом ПЛР в режимі «реального часу», використовуючи TaqMan-систему праймерів та зонд до гена 18S rRNA еукаріот. Відмічено наявність ампліфікації (Ct 23–25) в усіх зразках нуту та її відсутність у контролі екстрагування й безматричному контролі. Отже, зразки ДНК нуту придатні для подальшого аналізу за MC локусами, коли псевдонегативні результати буде виключено

та з'явиться можливість виявляти нуль-алелі локусів.

Для вивчення поліморфізму генотипів нуту використовували MC маркери QTL-hotspot-регіону, зокрема досліджено MC локуси ICCM0249, NCPGR127, TAA170, NCPGR21, TA130 та STMS11. На рисунку зображено електрофореграми розподілу фрагментів ампліфікації MC локусів.

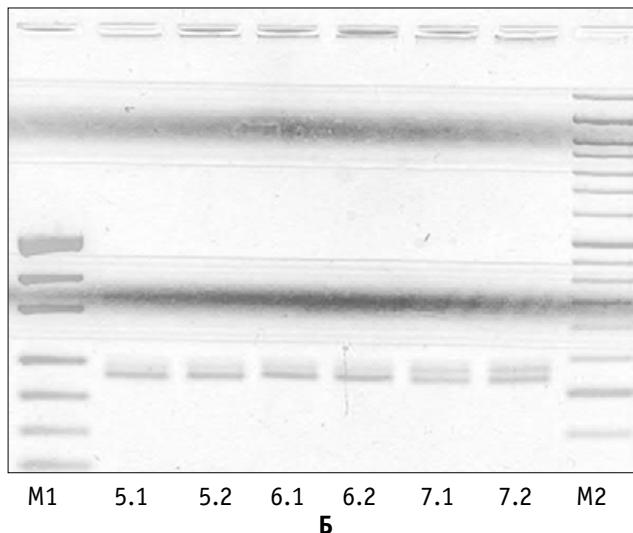
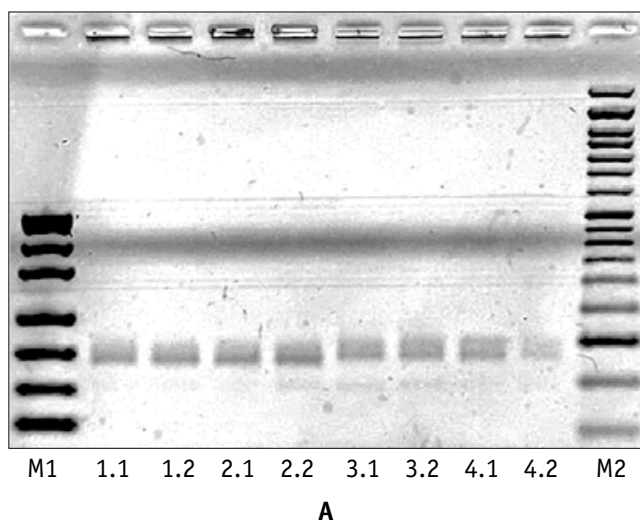


Рис. Електрофореграми розподілу фрагментів ампліфікації мікросателітних локусів ICCM0249 (А) та TA130 (Б) у сортах нуту 'Буджак' (1.1, 1.2), 'Тріумф' (2.1, 2.2), 'Пам'ять' (3.1, 3.2), 'Достаток' (4.1, 4.2), 'Ярина' (5.1, 5.2), 'Одисей' (6.1, 6.2), 'Маестро' (7.1, 7.2).

Маркер молекулярної маси: M1 – pUC19/MspI (HpaII) (ThermoScientific, США) (фрагменти 501, 489, 404, 331, 242, 190, 142, 111, 110 п.н.), M2 – Ladder 50 bp (Cleaver Scientific, Велика Британія) (фрагменти 1500, 1200, 1000, 900, 800, 700, 600, 500, 450, 400, 350, 300, 250, 200, 150, 100 п.н.)

У зразках контролю екстракції та безматричного контролю не відмічено ампліфікації за жодним із досліджених локусів.

MC локуси STMS11, NCPGR127, NCPGR21 виявилися неpolіморфними в межах аналізованої вибірки сортів, зокрема детектовано

по одному алелю кожного локусу розмірами 235, 200, 150 п.н. відповідно (табл.). Три MC локуси були поліморфними: для ICCM0249 і TAA170 ідентифіковано по два алелі, для TAA130 – два алелі та три алелі у сорту 'Пам'ять'.

Таблиця

Алельний склад мікросателітних локусів генотипів нуту

Сорт	Розміри алелів мікросателітних локусів, п.н.					
	ICCM0249	TAA170	STMS11	NCPGR127	NCPGR21	TA130
'Буджак'	180, 180	240, 260	235, 235	200, 200	150, 150	220, 230
'Тріумф'	180, 180	240, 260	235, 235	200, 200	150, 150	220, 230
'Пам'ять'	180, 200	260, 280	235, 235	200, 200	150, 150	185, 220, 230
'Достаток'	180, 200	260, 280	235, 235	200, 200	150, 150	220, 230
'Ярина'	180, 180	280, 280	235, 235	200, 200	150, 150	220, 220
'Одисей'	180, 180	260, 260	235, 235	200, 200	150, 150	220, 220
'Маестро'	180, 200	260, 280	235, 235	200, 200	150, 150	220, 230

Порівнюючи дані проведеного дослідження щодо неpolіморфних локусів з результатами, одержаними іншими дослідниками, можна зазначити, що локус STMS11 за аналізу 33 «desi» генотипів також був неpolіморфним [23], розмір алеля відрізнявся і становив 220 п.н. Але цей локус виявився полі-

морфним: у вибірці з 36 генотипів встановлено три алелі розмірами 195–220 п.н. [25], зі 118 генотипів (115 місцевих сортів і селекційних ліній Ефіопії та три елітні сорти Індії) – 15 алелів розмірами 192–232 п.н. [26]. Локус NCPGR127 за аналізу 33 «desi» генотипів нуту був поліморфним [23] – ідентифіковано

алелі 200 і 210 п.н., 118 генотипів [26] – 12 алелів розмірами 229–262 п.н. Вивчаючи локус NCPGR21, виявили шість алелів (135, 145, 150, 155, 160, 180 п.н.) серед 118 зразків (сортів) нуту з Європи (Україна, Молдова, Іспанія, Італія, Чехія), Азії (Індія, Узбекистан) та Америки (США, Канада) [27], 10 (розміри – 132–159 п.н.) – з-поміж 118 генотипів з Ефіопії та Індії [26], три алелі – за аналізу 33 «desi» генотипів (розміри – 150, 170, 190 п.н.) [23].

Щодо порівняння даних проведеного дослідження за поліморфними локусами, то під час аналізу 36 генотипів виявлено п'ять алелів локусу ICCM0249 розмірами 280–300 п.н. [25], а також алелі 180 і 200 п.н. за аналізу 33 «desi» генотипів [23]. У процесі вивчення 33 «desi» генотипів ідентифіковано чотири алелі локусу TAA170 (220, 240, 260 і 280 п.н.) [23], 36 генотипів – три алелі (200–220 п.н.) [25], 118 генотипів – 13 алелів (208–276 п.н.) [26]. Для локусу TA130 у дослідженні 33 генотипів встановлено три алелі (200, 220 і 230 п.н.) [23], 36 генотипів – чотири алелі (170–190 п.н.) [25], 118 генотипів – 22 алелі (224–289 п.н.) [26].

Очікувано кількість виявлених алелів підвищувалася зі збільшенням числа аналізованих генотипів: від трьох–п'яти, якщо досліджували 7, 33, 36 генотипів (це дослідження, 23, 25 відповідно), до 10–22 у разі вивчення 118 [27]. Діапазон розмірів виявлених у проведеному дослідженні алелів збігався з таким у [23, 26, 27] для локусів ICCM0249, TAA170, TA130, NCPGR127, NCPGR21. Алель 185 п.н. локусу STMS11, ідентифікований у сорту 'Пам'ять', також може бути присутній серед виявлених чотирьох алелів за аналізу 36 генотипів [25], але автори, вказуючи лише кількість і діапазон (чотири алелі розміром 170–190 п.н.), не уточнюють, які саме алелі детектували.

Отже, визначено п'ять типів алельних комбінацій проаналізованих МС локусів: тип 1 – у сортів 'Буджак' і 'Тріумф', 2 – 'Достаток' і 'Маєстро', 3 – 'Одисей', 4 – 'Пам'ять', тип 5 – сорт 'Ярина'. Алель розміром 185 п.н., відсутній в інших сортів української селекції з проаналізованої вибірки, виявлено в сорту 'Пам'ять'.

Висновки

Установлено, що серед семи досліджуваних сортів нуту української селекції три мікросателітні локуси є неполіморфними, а саме: STMS11, NCPGR127 і NCPGR21. Ще три – поліморфними з двома алелями для локусів ICCM0249 і TAA170 і трьома для TAA130. Сорти розподілено за п'ятьма типами комбі-

націй алелів мікросателітних локусів ICCM0249, NCPGR127, TAA170, NCPGR21, TA130 і STMS11.

Майбутні дослідження будуть направлені на пошук кореляцій між алельним складом мікросателітних локусів, кількість яких збільшать, та ступенем толерантності до посухи розширеної вибірки генотипів нуту.

Результати цього дослідження можна рекомендувати використовувати в MAS-програмах підвищення толерантності до посухи, для характеристики корисних генетичних ресурсів і з метою розширення генетичної бази культивованого нуту.

Використана література

- González F., Rigalli N., Miranda P. et al. An interdisciplinary approach to study the performance of second-generation genetically modified crops in field trials: A case study with soybean and wheat carrying the sunflower HaHB4 transcription factor. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. Article 178. doi: 10.3389/fpls.2020.00178
- ISAAA GM Approval Database. URL: <https://www.isaaa.org/default.asp>.
- González F., Capella M., Ribichich K. et al. Wheat transgenic plants expressing the sunflower gene HaHB4 significantly out-yielded their controls in field trials. *Journal of Experimental Botany*. 2019. Vol. 70, Iss. 5. P. 1669–1681. doi: 10.1093/jxb/erz037
- Ribichich K., Chiozza M., Avalos-Britez S. et al. Successful field performance in dry-warm environments of soybean expressing the sunflower transcription factor HaHB4. *Journal of Experimental Botany*. 2020. Vol. 71, Iss. 10. P. 3142–3156. doi: 10.1093/jxb/eraa064
- Степасюк Л. М. Перспективи вирощування нуту в Україні. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2023. № 5. С. 51–57. doi: 10.5281/zenodo.8141926
- Singh R. K., Singh C., Ambika et al. Exploring chickpea germplasm diversity for broadening the genetic base utilizing genomic resources. *Frontiers in Genetics*. 2022. Vol. 13. Article 905771. doi: 10.3389/fgene.2022.905771
- Jain M., Misra G., Patel R. et al. A draft genome sequence of the pulse crop chickpea (*Cicer arietinum* L.). *The Plant Journal*. 2013. Vol. 74, Iss. 5. P. 715–729. doi: 10.1111/tbj.12173
- Edwards D. Improved desi reference genome. *CyVerse Data Commons*. 2016. doi: 10.7946/P2KW2Q
- Varshney R., Song C., Saxena R. et al. Draft genome sequence of chickpea (*Cicer arietinum*) provides a resource for trait improvement. *Nature Biotechnology*. 2013. Vol. 31, Iss. 3. P. 240–246. doi: 10.1038/nbt.2491
- Edwards D. Improved kabuli reference genome. *CyVerse Data Commons*. 2016. doi: 10.7946/P2G596
- Koul B., Sharma K., Sehgal V. et al. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) biology and biotechnology: From domestication to biofortification and biopharming. *Plants*. 2022. Vol. 11, Iss. 21. Article 2926. doi: 10.3390/plants11212926
- Jain D., Chattopadhyay D. Analysis of gene expression in response to water deficit of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties differing in drought tolerance. *BMC Plant Biology*. 2010. Vol. 10, Iss. 1. Article 24. doi: 10.1186/1471-2229-10-24
- Roorkiwal M., Nayak S., Thudi M. et al. Allele diversity for abiotic stress responsive candidate genes in chickpea reference set using gene-based SNP markers. *Frontiers in Plant Science*. 2014. Vol. 5. Article 248. doi: 10.3389/fpls.2014.00248
- Roorkiwal M., Bharadwaj C., Barmukh R. et al. Integrating genomics for chickpea improvement: Achievements and opportuni-

- ties. *Theoretical and Applied Genetics*. 2020. Vol. 133, Iss. 5. P. 1703–1720. doi: 10.1007/s00122-020-03584-2
15. Arif A., Parveen N., Waheed M. et al. A comparative study for assessing the drought-tolerance of chickpea under varying natural growth environments. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 11. Article 607869. doi: 10.3389/fpls.2020.607869
 16. Asati R., Tripathi M., Tiwari S. et al. Molecular breeding and drought tolerance in chickpea. *Life*. 2022. Vol. 12, Iss. 11. Article 1846. doi: 10.3390/life12111846
 17. Varshney R., Thudi M., Nayak S. et al. Genetic dissection of drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2014. Vol. 127, Iss. 2. P. 445–462. doi: 10.1007/s00122-013-2230-6
 18. Barmukh R., Roorkiwal M., Dixit G. et al. Characterization of 'QTL-hotspot' introgression lines reveals physiological mechanisms and candidate genes associated with drought adaptation in chickpea. *Journal of Experimental Botany*. 2022. Vol. 73, Iss. 22. P. 7255–7272. doi: 10.1093/jxb/erac348
 19. First ever high-yielding chickpea variety developed using marker-assisted backcrossing (MABC) released in Ethiopia. URL: <https://www.cgiar.org/news-events/news/first-ever-high-yielding-chickpea-variety-developed-using-marker-assisted-backcrossing-mabc-released-in-ethiopia/>
 20. Kosgei A., Kimurto P., Gaur P. et al. Introgression of drought tolerance root traits into Kenyan commercial chickpea varieties using marker assisted backcrossing. *African Crop Science Journal*. 2022. Vol. 30, Iss. 1. P. 31–50. doi: 10.4314/acsj.v30i1.3
 21. New Climate-Resilient, Disease-Resistant Chickpea Varieties Coming Farmers' Way. URL: <https://www.icrisat.org/new-climate-resilient-disease-resistant-chickpea-varieties-coming-farmers-way/>
 22. Rogers S., Bendich A. Extraction of DNA from plant tissues. *Plant Molecular Biology Manual* / S. B. Gelvin, R. A. Schilperoort, D. P. S. Verma (Eds.). Dordrecht : Springer, 1989. P. 73–83. doi: 10.1007/978-94-009-0951-9_6
 23. Chahande R., Kulwal P., Mhase L., Jadhav A. Validation of the markers linked with drought tolerance related traits for use in MAS programme in chickpea. *Journal of Genetics*. 2021. Vol. 100, Iss. 2. Article 74. doi: 10.1007/s12041-021-01324-z
 24. Schneider C. A., Rasband W. S., Eliceiri K. W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*. 2012. Vol. 9, Iss. 7. P. 671–675. doi: 10.1038/nmeth.2089
 25. Singh D., Pushpavalli S. N. C. V. L., Vanisri S., Kumar G. A. Assessment of genetic diversity in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) using agro-morphological and SSR markers. *The Pharma Innovation Journal*. 2021. Vol. 10, Iss. 8. P. 784–791.
 26. Getahun T., Tesfaye K., Fikre A. et al. Molecular genetic diversity and population structure in Ethiopian chickpea germplasm accessions. *Diversity*. 2021. Vol. 13, Iss. 6. Article 247. doi: 10.3390/d13060247
 27. Акініна Г., Попов В. Генетична структура колекції сортів нуту за морфологічними та молекулярними маркерами. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2014. Вип. 64. С. 170–176.
- ## References
1. González, F. G., Rigalli, N., Miranda, P. V., Romagnoli, M., Ribichich, K. F., Trucco, F., ... Chan, R. L. (2020). An interdisciplinary approach to study the performance of second-generation genetically modified crops in field trials: A case study with soybean and wheat carrying the sunflower HaHB4 transcription factor. *Frontiers in Plant Science*, 11, Article 178. doi: 10.3389/fpls.2020.00178
 2. ISAAA GM Approval Database. Retrieved from <https://www.isaaa.org/default.asp>
 3. González, F. G., Capella, M., Ribichich, K. F., Curín, F., Giacomelli, J. I., Ayala, F., ... Chan, R. L. (2019). Wheat transgenic plants expressing the sunflower gene HaHB4 significantly outyielded their controls in field trials. *Journal of Experimental Botany*, 70(5), 1669–1681. doi: 10.1093/jxb/erz037
 4. Ribichich, K. F., Chiozza, M., Ávalos-Britez, S., Cabello, J. V., Arce, A. L., Watson, G., ... Chan, R. L. (2020). Successful field performance in dry-warm environments of soybean expressing the sunflower transcription factor HaHB4. *Journal of Experimental Botany*, 71(10), 3142–3156. doi: 10.1093/jxb/eraa064
 5. Stepasyuk, L. (2023). Prospects of growing chickpea in Ukraine. *Market relations development in Ukraine*, 5, 51–57. doi: 10.5281/zenodo.8141926 [In Ukrainian]
 6. Singh, R. K., Singh, C., Ambika, Chandana, B. S., Mahto, R. K., Patial, R., ... Kumar, R. (2022). Exploring chickpea germplasm diversity for broadening the genetic base utilizing genomic resources. *Frontiers in Genetics*, 13, Article 905771. doi: 10.3389/fgene.2022.905771
 7. Jain, M., Misra, G., Patel, R. K., Priya, P., Jhanwar, S., Khan, A. W., ... Chattopadhyay, D. (2013). A draft genome sequence of the pulse crop chickpea (*Cicer arietinum* L.). *The Plant Journal*, 74(5), 715–729. doi: 10.1111/tj.12173
 8. Edwards, D. (2016). Improved desi reference genome. *CyVerse Data Commons*. doi: 10.7946/P2KW2Q
 9. Varshney, R. K., Song, C., Saxena, R. K., Azam, S., Yu, S., Sharpe, A. G., Cannon, S., ... Cook, D. R. (2013). Draft genome sequence of chickpea (*Cicer arietinum*) provides a resource for trait improvement. *Nature Biotechnology*, 31(3), 240–246. doi: 10.1038/nbt.2491
 10. Edwards, D. (2016). Improved kabuli reference genome. *CyVerse Data Commons*. doi: 10.7946/P2G596
 11. Koul, B., Sharma, K., Sehgal, V., Yadav, D., Mishra, M., & Bharadwaj, C. (2022). Chickpea (*Cicer arietinum* L.) biology and biotechnology: From domestication to biofortification and biopharming. *Plants*, 11(21), Article 2926. doi: 10.3390/plants11212926
 12. Jain, D., & Chattopadhyay, D. (2011). Analysis of gene expression in response to water deficit of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties differing in drought tolerance. *BMC Plant Biology*, 10(1), Article 24. doi: 10.1186/1471-2229-10-24
 13. Roorkiwal, M., Nayak, S. N., Thudi, M., Upadhyaya, H. D., Brunel, D., Mournet, P., ... Varshney, R. K. (2014). Allele diversity for abiotic stress responsive candidate genes in chickpea reference set using gene-based SNP markers. *Frontiers in Plant Science*, 5, Article 248. doi: 10.3389/fpls.2014.00248
 14. Roorkiwal, M., Bharadwaj, C., Barmukh, R., Dixit, G. P., Thudi, M., Gaur, P. M., ... Varshney, R. K. (2020). Integrating genomics for chickpea improvement: Achievements and opportunities. *Theoretical and Applied Genetics*, 133(5), 1703–1720. doi: 10.1007/s00122-020-03584-2
 15. Arif, A., Parveen, N., Waheed, M. Q., Atif, R. M., Waqar, I., & Shah, T. M. (2021). A comparative study for assessing the drought-tolerance of chickpea under varying natural growth environments. *Frontiers in Plant Science*, 11, Article 607869. doi: 10.3389/fpls.2020.607869
 16. Asati, R., Tripathi, M. K., Tiwari, S., Yadav, R. K., & Tripathi, N. (2022). Molecular breeding and drought tolerance in chickpea. *Life*, 12(11), Article 1846. doi: 10.3390/life12111846
 17. Varshney, R. K., Thudi, M., Nayak, S. N., Gaur, P. M., Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., ... Viswanatha, K. P. (2013). Genetic dissection of drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 127(2), 445–462. doi: 10.1007/s00122-013-2230-6
 18. Barmukh, R., Roorkiwal, M., Dixit, G. P., Bajaj, P., Kholova, J., Smith, M. R., ... Varshney, R. K. (2022). Characterization of 'QTL-hotspot' introgression lines reveals physiological mechanisms and candidate genes associated with drought adaptation in chickpea. *Journal of Experimental Botany*, 73(22), 7255–7272. doi: 10.1093/jxb/erac348
 19. First ever high-yielding chickpea variety developed using marker-assisted backcrossing (MABC) released in Ethiopia. Retrieved from <https://www.cgiar.org/news-events/news/>

- first-ever-high-yielding-chickpea-variety-developed-using-marker-assisted-backcrossing-mabc-released-in-ethiopia/
20. Kosgei, A. J., Kimurto, P. K., Gaur, P. M., Yeboah, M. A., Offei, S. K., & Danquah, E. Y. (1970). Introgression of drought tolerance root traits into Kenyan commercial chickpea varieties using marker assisted backcrossing. *African Crop Science Journal*, 30(1), 31–50. doi: 10.4314/acsj.v30i1.3
 21. New Climate-Resilient, Disease-Resistant Chickpea Varieties Coming Farmers' Way. Retrieved from <https://www.icrisat.org/new-climate-resilient-disease-resistant-chickpea-varieties-coming-farmers-way/>
 22. Rogers, S., & Bendich, A. (1989). Extraction of DNA from plant tissues. In S. B. Gelvin, R. A. Schilperoort, & D. P. S. Verma (Eds.), *Plant Molecular Biology Manual* (pp. 73–83). Dordrecht: Springer. doi: 10.1007/978-94-009-0951-9_6
 23. Chahande, R., Kulwal, P., Mhase, L., & Jadhav, A. (2021). Validation of the markers linked with drought tolerance related traits for use in MAS programme in chickpea. *Journal of Genetics*, 100(2), Article 74. doi: 10.1007/s12041-021-01324-z
 24. Schneider, C. A., Rasband, W. S., & Eliceiri, K. W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 671–675. doi: 10.1038/nmeth.2089
 25. Singh, D., Pushpavalli, S. N. C. V. L., Vanisri, S., & Kumar, G. A. (2021). Assessment of genetic diversity in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) using agro-morphological and SSR markers. *The Pharma Innovation Journal*, 10(8), 784–791.
 26. Getahun, T., Tesfaye, K., Fikre, A., Hailelassie, T., Chitikineni, A., Thudi, M., & Varshney, R. K. (2021). Molecular genetic diversity and population structure in Ethiopian chickpea germplasm accessions. *Diversity*, 13(6), Article 247. doi: 10.3390/d13060247
 27. Akinina, G., & Popov, V. (2014). Genetic structure of collection of chickpea varieties by morphological and molecular markers. *Visnyk of the Lviv University. Series Biology*, 64, 170–176. [In Ukrainian]

UDC 577.21:575.22:581.6

Volkova, N. E.^{1,2*}, Slisichuk, G. I.^{1,2}, Zakharova, O. O.¹, Marchenko, T. Yu.², Sichkar, V. I.², & Vozhehova, R. A.² (2023). Analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes by microsatellite loci of the QTL-hotspot-region associated with drought tolerance. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4), 226–231. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291223>

¹Cotecna Ukraine Limited, 140-A Lustdorfska doroha St., 65114, Odesa, Ukraine, *e-mail: natalia.volkova@cotecna.com

²Institute of Climate-Oriented Agriculture of the NAAS of Ukraine, 24 Maiatska doroha St., Hlibodarske village, Odesa region, 67667, Ukraine

Purpose. To determine the polymorphism of microsatellite loci of the QTL-hotspot-region of linkage group 4, associated with drought tolerance in Ukrainian chickpea varieties. **Methods.** Extraction and purification of DNA from seedlings using the CTAB method; polymerase chain reaction; horizontal gel electrophoresis; determination of the size of amplification products using the “Image J” program. **Results.** Allelic combinations of microsatellite loci ICCM0249, NCPGR127, TAA170, NCPGR21, TA130, STMS11 of the QTL-hotspot-region of linkage group 4 of the chickpea genome were established. It was found that the loci STMS11, NCPGR127, NCPGR21 were not polymorphic within the sample of varieties analyzed, one allele was detected for

each locus; two alleles were detected for the loci ICCM0249 and TAA170 and three alleles for the locus TAA130, indicating their polymorphism. **Conclusions.** Microsatellite loci STMS11, NCPGR127, NCPGR21 are non-polymorphic in seven Ukrainian chickpea varieties. Three loci are polymorphic with two alleles for ICCM0249 and TAA170 and three alleles for TAA130. According to the analysis of chickpea varieties, five types of allelic combinations of microsatellite loci ICCM0249, NCPGR127, TAA170, NCPGR21, TA130, STMS11 were established. An allele of 185 bp unique to the sample of cultivars studied was identified in the variety ‘Pamiat’.

Keywords: chickpea; drought tolerance; polymorphism; microsatellite locus; PCR.

Надійшла / Received 19.10.2023
Погоджено до друку / Accepted 24.11.2023

Varieties of spring and winter durum wheat (*Triticum durum* Desf.) by alleles of the *Ppd-A1* gene

V. I. Fait*, I. A. Balashova

Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, 3 Ovidiopolska doroha St., Odesa, 65036, Ukraine, *e-mail: faygen@ukr.net

Purpose. Identification and evaluation of the frequencies of dominant and recessive alleles of the *Ppd-A1* gene in winter and spring durum wheat varieties of different geographical origins. **Methods.** DNA isolation, allele-specific PCR, electrophoresis in agarose and polyacrylamide gels and statistical analysis were used in the research. **Results.** Using diagnostic molecular markers, the genotypes of 81 spring and winter durum wheat varieties from different geographical origins were identified by alleles of the *Ppd-A1* gene, which determines differences in photoperiodic sensitivity. Four alleles were found in spring varieties and three in winter varieties (the dominant allele *Ppd-A1a.2* was absent). The recessive allele *Ppd-A1_del303* was not found in any of the examined varieties. **Conclusions.** No significant differences were found between winter and spring genotypes in the frequency of one or the other allele. In winter and spring varieties, the recessive allele *Ppd-A1_del2ex7* is the most frequent (68.5 and 47.9%, respectively). The recessive allele *Ppd-A1b* is significantly lower in winter varieties and almost identical in spring varieties. The frequencies of the dominant alleles *Ppd-A1a.2* and *Ppd-A1a.3* are lower than the two above and generally very low. The *Ppd-A1a.2* allele was detected only in the Georgian variety 'Merliuri' (spring type); *Ppd-A1a.3* – in the Ukrainian varieties 'Luhanska 7', 'Metyska' (spring) and 'Koralovyi' (winter). The possibility of using varieties carrying the dominant alleles *Ppd-A1a.2* and *Ppd-A1a.3* as donors in durum winter wheat breeding programmes is currently being discussed, in order to increase their adaptive potential in conditions of drought and high temperatures and to increase grain yield. The use of marker analysis will ensure the selection of breeding material with the optimal combination of alleles of the *Ppd-A1a* gene.

Keywords: *Triticum durum*; type of development; photoperiod; *Ppd-1* genes; genotype.

Introduction

Due to the significant variability of a trait such as heading time depending on seasonal conditions, wheat is able to minimise the impact of stress factors such as frost, heat, drought and others [1]. Optimising the heading time of plants by selecting appropriate alleles controlling this trait can improve adaptation and increase yield potential, and is a useful tool for selecting varieties suitable for cultivation in different conditions and geographical regions [2].

Photoperiodism is one of the most important natural mechanisms determining the length of the period before heading. The analysis of 79 modern varieties of winter durum wheat, originating from the Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation (PBGI – NCSCI), and foreign varieties adapted to the conditions of southern Ukraine, revealed only one variety with weak photoperiodic sensitivity, and most of the varieties studied had average or strong photoperio-

dic sensitivity [3]. Royo et al. [4] state that early flowering genotypes with the lowest photoperiodic sensitivity were the most productive when grown during several years of research in Spain, northern and southern Mexico. On the other hand, late flowering due to high photoperiodic sensitivity did not confer any advantage in grain yield. In durum wheat, photoperiod sensitivity is determined by the *Ppd-A1* and *Ppd-B1* genes located on chromosomes 2AS and 2BS, respectively [5]. Reduced photoperiod sensitivity in durum wheat results from promoter mutations in one of the two *Ppd-1* genes. It is thought that the main differences in photoperiod response in *T. durum* are related to variability in the *Ppd-A1* gene itself. Wilhelm et al. [6] identified two large deletions of 1027 and 1127 bp in the promoter of the tetraploid wheat varieties *T. durum* GS-100 and GS-105, which are designated as alleles *Ppd-A1a.2* and *Ppd-A1a.3*, respectively. Damage to the promoter structure results in altered expression parameters, which persist throughout the day with the highest levels observed during the dark phase. A comparison of the nucleotide sequences of photoperiod-insensitive *Ppd-A1a* alleles, found in tetraploid wheat varieties *T. durum* GS-100 and GS-105, revealed that they arose independently of each other [7]. The high

Viktor Fait

<https://orcid.org/0000-0001-9994-341X>

Irina Balashova

<https://orcid.org/0000-0001-7855-1134>

frequency of deletions of 1027 and 1127 bp in modern cultivated varieties, and their absence in wild tetraploid wheat, led to the conclusion that they arose during the domestication of wheat [8]. The wild-type *Ppd-A1b* allele, which is only expressed from dawn to the beginning of the dark phase, causes sensitivity to the shortening of the day length [6]. At the same time, it was found that the *Ppd-A1* gene has mutations not only in the promoter, but also in the introns and exons. Such mutations can alter the genetic code, leading to the formation of Ppd proteins that partially or completely lose their function as inducers of the *FT* (*Vrn-3*) flowering locus. In particular, non-functional proteins are encoded by recessive alleles resulting from a 303-bp deletion, which covers the region of intron 5 and exons 5 and 6, as well as a 2-bp deletion in exon 7 of the *Ppd-A1* gene. We have designated these alleles as *Ppd-A1_del303* and *Ppd-A1_del2ex7*, respectively. In general, a significant number of mutations have been identified in the *Ppd-A1* gene, grouped into more than 60 haplotypes [9].

The frequency of the insensitive allele *Ppd-A1a.3* (variety GS105) was higher (34%) than alleles *Ppd-A1a.2* (20%; variety GS100) among varieties of spring durum wheat [10]. In Argentine durum wheat varieties, the *Ppd-A1a.3* allele (GS105 variety) had a frequency of only 25%, while the *Ppd-A1b* allele was present in 75% of genotypes [11]. Royo et al. [12] found the *Ppd-A1_del303* allele in 20% of local varieties, but not in any of the modern ones. Only 1.3% of landraces possessed the photoperiod-insensitive allele *Ppd-A1a.3* (variety GS105), and the allele *Ppd-A1a.2* (GS100) was entirely absent. The group of modern varieties contained both sensitive and insensitive alleles.

The genotypes of carriers of individual alleles of the *Ppd-A1* gene can be arranged in the following order based on the duration of the period before heading: *Ppd-A1_del303*, *Ppd-A1b*, *Ppd-A1a.3* (GS105), and *Ppd-A1a.2* (GS100) [12]. Furthermore, the *Ppd-A1a.3* (GS105) allele was associated with an increase in harvest index, a decrease in plant height, and a decrease of protein content in grain. An increase in the number of grains per spike is associated with *Ppd-A1a.3* (GS105), but also with smaller spikelets per spike [11]. Additionally, the *Ppd-A1a.2* allele (GS100) contributes to a slight increase in the weight of one thousand grains and yield [12].

Currently, there is limited information on the distribution of dominant and recessive alleles of the *Ppd-A1* locus in durum wheat varieties, as well as other cultivated types of wheat

in Ukraine. Additionally, the influence of these alleles on the rates of development before heading has not been assessed to date.

The purpose of the research. Identification and evaluation of the frequencies of dominant and recessive alleles of the *Ppd-A1* gene in winter and spring durum wheat varieties of different geographical origins.

Materials and methods

The starting material for this study consisted of ancient and modern varieties of durum wheat (*Triticum durum* Desf.). A total of 35 winter and 46 spring development types of different origins were used. Among the winter varieties, there were 33 varieties of Ukrainian breeding, including almost all of PBGI – NCSCI and the Plant Production Institute named after V. Ya. Yuriev, as well as single varieties from Romania ('Pandur') and Austria ('Lupidur'). The spring sample included 23 breeding varieties from various Scientific Research Institutions in Ukraine, along with four varieties from Russia ('Beloturka', 'Voronezhskaya 7', 'Donskaya Elegia', 'Novodonskaya'), three from Portugal ('Marzaga', 'Presto De Tavira', 'Tremis'), three Italy ('Gumillo', 'Lumillo', 'Maliani 2'), two varieties from Georgia ('Merliuri' and 'Tbilisuri 9'), two varieties from France ('Brindur' and 'Megadur'), several varieties from Azerbaijan ('Shirvan 5'), Algeria ('Oued Zenati 368'), Yemen ('Mestna'), Kazakhstan ('Ema'), Mexico ('Oviachic 65'), USA ('Wells'), Tajikistan ('Saodat') and Hungary ('Gk Basa').

To determine the recessive and dominant alleles of the *Ppd-A1* gene in *T. durum*, a multiplex polymerase chain reaction (PCR) was used (Table 1). The presence of an amplification fragment of 452 bp indicates the absence of any deletion in the promoter of the *Ppd-A1* gene and, accordingly, the presence of a recessive allele. Fragments of 380 bp and 290 bp determine the dominant alleles *Ppd-A1a.2* and *Ppd-A1a.3*, respectively [6]. Detection of a recessive allele with a 303 bp deletion in exons 5 and 6, designated as *Ppd-A1_del303*, and the allele *Ppd-A1_del2ex7*, which has a 2 bp deletion in exon 7, was carried out using the PCR markers recommended by S. Takenaka and T. Kawahara [14]. The sequence of primers is shown in Table 1. The presence of the *Ppd-A1_del303* allele is detected by a fragment of 220 bp, with the Capelle-Desprez variety being the reference sample that has such a mutation. The presence of the *Ppd-A1_del2ex7* allele in the genotype is indicated by the presence of a 170 bp amplification fragment.

Table 1

Primer sequences and expected sizes of PCR products for marking alleles of the *Ppd-A1* gene

Gene	Primer	Primer sequence	Amplifier size
<i>Ppd-A1b</i> / <i>Ppd-A1a.2</i> / <i>Ppd-A1a.3</i>	durum_AglF1	gtatgcgattcgctgaagt	452/380/290 bp [6]
	durum_AglF2	cgtcacccatgcactctgtt	
	durum_AglR2	ctggctccaagaggaacac	
<i>Ppd-A1_del303</i>	303 bp_del_F2	cttacatctgtgagaagtatctgcatc	220 bp [14]
	303 bp_del_R3	cagatcagcagctcgaacaattac	
<i>Ppd-A1_del2ex7</i>	2 bp_del_F1	gccgccgtgaacaagttg	170 bp [14]
	2 bp_del_R1	ggtaacgcacctgcaaaatgag	

The reaction buffer for multiplex PCR amplification consisted of 50 mM KCl; 20 mM Tris-HCl, pH 8.4; 2.0 mM MgCl₂; 0.01% Tween-20, 0.15 mM of each dNTP; 5 pM of each primer; 20 ng of DNA, and 1 unit of Taq polymerase. The reaction mixture volume was 20 µl. Amplification conditions: denaturation – 94 °C – 2 min, then – 20 s; annealing – 60 °C – 30 s; synthesis – 72 °C – 50 s. 35 cycles; the last elongation – 72 °C – 3 min.

Agarose and polyacrylamide (PAA) gels were used to test amplification products. The PCR products were separated on agarose gels, stained with ethidium bromide, and photographed under UV light. The PAA gel consisted of 10% acrylamide and 1 × TVE buffer, which is composed of 50 mM Tris-H₃BO₃ and 2 mM Na₃EDTA at a pH of 8.0. Electrophoresis was carried out at a voltage of 500 V for 120 minutes at 60 °C. The gel was prepared by mixing 10 ml of 30% polyacrylamide solution, 3 ml of 10× TVE buffer, 25 µl of TMED, and 50 µl of 10% PSA. To control the movement of DNA fragments in the gel, each DNA sample was mixed with 4 µl of a 0.2% (w/v) solution of bromophenol blue and 0.2% (w/v) xylene cyanol. Ladder 1000 or pUC19/MspI was used to control the molecular weight of the amplified fragments.

Results and discussion

The genotypes of 35 durum winter wheat varieties and 46 spring wheat varieties were identified based on the alleles of the *Ppd-A1* gene. Polymorphism of amplification fragments was observed among both winter and spring varieties (Fig. 1) The winter variety 'Koralovyi' and the spring varieties 'Luhanska 7' and 'Metyska' produced a PCR product with a size of 290 bp, while the spring variety 'Merliuri' produced a 380 bp product. The first three genotypes carry the dominant allele *Ppd-A1a.3*, while the 'Merliuri' variety carries the *Ppd-A1a.2* allele (Table 2). There is no significant difference in the proportion of varieties carrying either the *Ppd-A1a.2* or *Ppd-A1a.3* allele between winter and spring varieties. The difference in the pro-

portion of varieties with different types of development was only $2.2 \pm 3.40\%$ in the first case and $1.4 \pm 5.18\%$ in the second. The electropherogram showed the presence of a 452 bp amplification fragment in all 77 other genotypes, regardless of their developmental type. This suggests that one of the recessive alleles of the *Ppd-A1* gene is present in their genotypes.

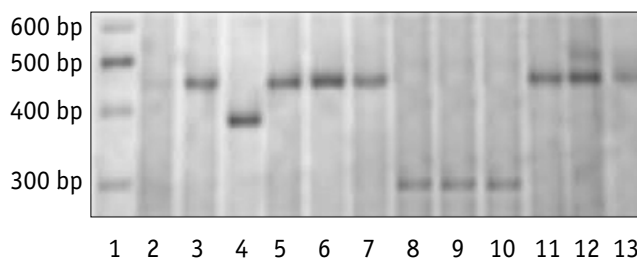


Fig. 1. Electropherogram of multiplex PCR products detecting *Ppd-A1b*, *Ppd-A1a.2*, *Ppd-A1a.3* alleles in *T. durum* varieties:

1 – Ladder 1000; 2 – 'Kolektyvna 2', 3 – 'Kharkivska 46', 4 – 'Merliuri', 5 – 'Spadshchyna', 6 – 'Chado', 7 – 'Narodna', 8 – 'Metyska', 9 – 'Luhanska 7', 10 – 'Koralovyi', 11 – 'Akveduk', 12 – 'Blyskuchyi', 13 – 'Linkor'

The PCR test was unable to detect the presence of the mutant recessive allele, *Ppd-A1_del303*, which results in a non-functional protein due to a violation of the structure of intron 5 and exons 5 and 6 of the *Ppd-A1* gene, in any of the varieties in the general sample. However, Royo et al. [12] reported the presence of this allele in local varieties of spring durum wheat in Mediterranean countries, but not in any modern commercial variety. The *Ppd-A1_del303* allele is prevalent in modern soft winter wheat from north-western Europe, particularly in Sweden, as well as in old local varieties [15]. This suggests that the allele may have been selected for these growing conditions. However, it is possible that this prevalence is due to the founder effect or historical selection of linked genes with favourable alleles for other traits. Further study is required to determine the effects of this allele in different conditions. The *Ppd-A1_del2ex7* allele is prevalent among the studied varieties

Table 2

Genotypes of durum winter and spring wheat varieties from different geographical regions and their allele frequencies at the *Ppd-A1* locus

Genotype	Type of development	Variety	n	$P \pm S_p, \%$	Together	
					n	$p \pm S_p, \%$
<i>Ppd-A1a.2</i>	winter		0	0.0 ± 2.63	1	1.2 ± 1.21
	spring	'Merliuri'	1	2.2 ± 2.16		
<i>Ppd-A1a.3</i>	winter	'Koralovyi'	1	2.9 ± 2.84	3	3.7 ± 2.09
	spring	'Luhanska 7', 'Metyska'	2	4.3 ± 2.99		
<i>Ppd-A1b</i>	winter	'Akveduk', 'Arhonavt', 'Burshtyn', 'Hordeiforme 3', 'Kontynent', 'Kreiser', 'Lainer', 'Prestyzhnyi', 'Kharkivska 1', 'Yaskravyy'	10	28.6 ± 7.64	31	38.3 ± 5.40
	spring	'Donskaya elegiya', 'Ema', 'Zhyzel', 'Izolda', 'Mestna', 'Kharkivska 3', 'Kharkivska 13', 'Kharkivska 15', 'Kharkivska 25', 'Kharkivska 51', 'Chado', 'Shyrvan 5', 'Shovkovysta', 'Brindur', 'Gk Basa', 'Gumillo', 'Marzaga', 'Megadur', 'Oviachic 65', 'Presto De Tavira', 'Oued Zenati 368'	21	45.7 ± 7.34		
<i>Ppd-A1_del2ex7</i>	winter	'Aysberh', 'Alyy parus', 'Almaznyy', 'Areal', 'Afina', 'Blyskuchyi', 'Bosfor', 'Havan', 'Hardemaryn', 'Delfin', 'Zolote Runo', 'Lahuna', 'Linkor', 'Makar', 'Nadiinyi', 'Parus', 'Perlyna', 'Prybutkova', 'Prozoryi', 'Tur', 'Faktor Odeskyi', 'Shliakhetnyi', 'Lupidur', 'Pandur'	24	68.5 ± 7.85	46	56.8 ± 5.50
	spring	'Arnautka', 'Beloturka', 'Voronezhskaya 7', 'Dunyasha', 'Kolektyvna 2', 'Kuchumivka', 'Lumillo', 'Narodna', 'Novodonskaya', 'Prykrasa', 'Saodat', 'Tbilisuri 9', 'Tera', 'Kharkivska 21', 'Kharkivska 33', 'Kharkivska 37', 'Kharkivska 39', 'Kharkivska 46', 'Chornokoloska', 'Maliani 2', 'Tremis', 'Wells'	22	47.8 ± 7.36		
Total	winter	–	35	100	81	100
	spring	–	46	100		

(Fig. 2). It was identified in 57% (46 samples), with a share of 47.8% in spring varieties and 68.5% in winter varieties. However, the differences between these two groups of varieties were not significant ($t = 1.92$ at $t_{0.05} = 2.01$).

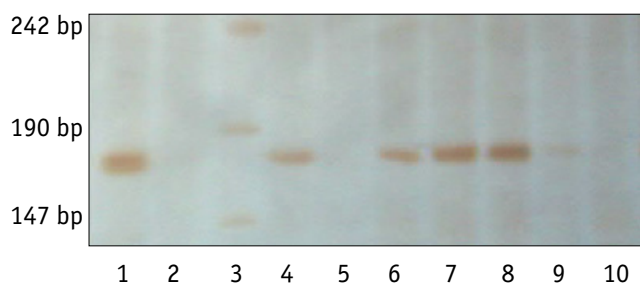


Fig. 2. Marking of the allele *Ppd-A1_del2ex7* of durum wheat varieties:

1, 4, 6, 7, 8 – the presence of a mutant allele in the varieties 'Parus', 'Aisberh', 'Kolektyvna 2', 'Kharkivska 46', 'Biloturka'; 2, 5, 9, 10 – the absence of a mutant allele in the varieties 'Metyska', 'Merliuri', 'Yaskravyy', 'Chado'; 3 – molecular weight marker pUC19/Msp1

Of the remaining studied varieties, 31 or 38.3% possess the "classic" recessive *Ppd-A1b* allele in their genotype. The number of these genotypes in winter varieties is more than two times less than in spring varieties. However, the differences in the frequency of *Ppd-A1b* allele distribution between groups of varieties of different developmental types are not significant ($t = 1.61$ at $t_{0.05} = 2.04$). Based on marker analysis of 81 durum wheat varieties, it was found that 77 of them (95.1%) carry two diffe-

rent recessive alleles, while only four samples (4.9%) carry two different dominant alleles of the *Ppd-A1* gene. The proportions of the two groups of genotypes of carriers of different dominant alleles *Ppd-A1a.2* or *Ppd-A1a.3* did not differ from each other in the general sample ($t = 1.04$ with $t_{0.05} = 2.78$) or in the samples of winter ($t = 0.75$ with $t_{0.05} = 17.71$) and spring ($t = 0.57$ with $t_{0.05} = 3.18$) varieties. Meanwhile, the proportion of genotypes carrying the recessive allele *Ppd-A1_del2ex7* significantly exceeds that of the *Ppd-A1b* genotype by almost 40% ($t = 3.64$ at $t_{0.05} = 2.04$) in the winter varieties. However, in the spring varieties, this advantage is only 2.1% and is not significant ($t = 0.19$ at $t_{0.05} = 2.02$). It is important to note that in durum wheat, which has a photoperiodic response controlled by only two *Ppd-1* genes, nearly half of the varieties examined had the *Ppd-A1* gene with a mutation that results in the loss of Ppd protein functionality. In the same time, the frequencies of the recessive alleles *Ppd-A1_del2ex7* and *Ppd-A1b* significantly exceeded those of the dominant alleles *Ppd-A1a.2* or *Ppd-A1a.3* by 41.4–45.6% in spring varieties ($t = 5.23$ – 7.50 with $t_{0.05} = 2.07$) and by 25.7–68.5% in winter varieties ($t = 2.24$ – 7.86 with $t_{0.05} = 2.06$ – 2.23).

Out of the 57 Ukrainian durum wheat varieties, 33 are winter and 24 are spring. None of these varieties were found to carry the dominant *Ppd-A1a.2* allele. The percentage of carriers of the dominant *Ppd-A1a.3* allele is very low, at around 8% for spring and 3% for win-

ter. Therefore, over 90% of genotypes for both spring and winter varieties of durum wheat carry recessive alleles. The presented findings contradict the previous results on the ratio of sensitive and insensitive photoperiod genotypes in samples of winter and spring varieties of bread wheat of Ukrainian breeding [16]. Specifically, the proportion of varieties carrying recessive alleles of *Ppd-1* genes is several times higher in spring varieties of bread wheat than in winter varieties, and vice versa in the sample of winter varieties – dominant alleles. The absence of dominant alleles in spring varieties of durum wheat and bread wheat may be due to the cultivation area and sowing time. In Ukraine, spring wheat is usually cultivated in the northern regions with sowing taking place between late March and early April. The primary stages of spring wheat development occur during late spring and summer, with longer natural daylight hours (15–16 hours), which largely eliminates differences in the effects of photoperiod genes. Under these conditions, genotypes with dominant alleles of *Ppd-1* genes no longer have a significant advantage in terms of grain yield.

The growth and development of winter varieties, both bread and durum, falls on the autumn-winter and early spring periods, when the length of the natural day in all regions of our country is insufficient (9–11 hours) for the development of wheat. As a result, the transition to heading in photoperiod-sensitive varieties occurs quite late, which increases the probability of winter durum wheat plants falling under the influence of heat and drought in the second part of the growing season, which is significantly intensified during the period of ripening and filling of grain throughout the territory of Ukraine, especially in the south. It has been proven that insensitivity to the photoperiod is useful for bread winter wheat in southern regions with high summer temperatures [17–19], including the south of Ukraine [20, 21]. At the same time, among Ukrainian winter durum wheat varieties, only ‘Koralovyi’ variety is a carrier of the dominant *Ppd-A1a.3* allele.

The absence of dominant alleles of the *Ppd-A1a* gene in winter durum wheat varieties may be attributed to their origin. Winter durum wheat is typically created through interspecific hybridization of spring durum and winter bread wheat, followed by intraspecific hybridization [22]. The distribution of dominant alleles of the *Ppd-A1* gene is significantly limited among spring varieties of durum wheat, and its share in different collections of winter varieties of bread wheat varies from 0 to 15% [23–25]. However, the introgression of dominant alleles

of the *Ppd-A1* gene into newly created varieties can reduce the negative impact of climate change on durum wheat grainfilling [26].

Conclusions

Genotypes of 81 varieties of spring and winter durum wheat were identified by alleles of the *Ppd-A1* gene. Four alleles were found in spring varieties and three in winter varieties. The latter lack the *Ppd-A1a.2* allele. No recessive allele *Ppd-A1_del303* was detected in any variety, regardless of the type of development.

No significant differences were found between winter and spring genotypes in the distribution frequency of each of the four alleles. In winter and spring varieties, the most frequent recessive allele was *Ppd-A1_del2ex7* (68.5 and 47.9%, respectively), whose frequency was significantly higher than the other recessive allele *Ppd-A1b* in winter varieties and almost equal to that in spring varieties.

The frequencies of the dominant alleles *Ppd-A1a.2* and *Ppd-A1a.3* are quite low and significantly lower than those of the alleles *Ppd-A1_del2ex7* and *Ppd-A1b*. The *Ppd-A1a.2* allele was detected only in the Georgian spring variety ‘Merliuri’ and the *Ppd-A1a.3* allele in the Ukrainian spring varieties ‘Luhanska 7’ and ‘Metyska’ and the winter variety ‘Koralovyi’.

The use of varieties carrying the dominant alleles *Ppd-A1a.2* and *Ppd-A1a.3* as donors in winter durum wheat breeding programmes will contribute to increasing the adaptive potential to heat and high temperature conditions and to increasing grain yield, and the use of marker analysis can ensure the selection of breeding material with an optimal combination of alleles of the *Ppd-A1a* gene.

References

1. Fjellheim, S., Boden, S., & Trevaskis, B. (2014). The role of seasonal flowering responses in adaptation of grasses to temperate climates. *Frontiers in Plant Science*, 5, Article 431. doi: 10.3389/fpls.2014.00431
2. Guedira, M., Xiong, M., Hao, Y. F., Johnson, J., Harrison, S., Marshall, D., & Drown-Guedira, G. (2016). Heading date QTL in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) coincide with major developmental genes *VERNALIZATION1* and *PHOTOPERIOD1*. *PLoS One*, 11(5), Article e0154242. doi: 10.1371/journal.pone.0154242
3. Palamarchuk, A. I. (2015). Especially frost- and winter-resistant on the winter durum wheat. *Factors in Experimental Evolution of Organisms*, 16, 147–151. [In Ukrainian]
4. Royo, C., Ammar, K., Alfaro, C., Dreisigacker, S., Garcia Del Moral, L. F., & Villegas, D. (2018). Effect of *Ppd-1* photoperiod sensitivity genes on dry matter production and allocation in durum wheat. *Field Crops Research*, 221, 358–367. doi: 10.1016/j.fcr.2017.06.005
5. Laurie, D. A. (1997). Comparative genetics of flowering time. *Plant Molecular Biology*, 35(1/2), 167–177. doi: 10.1023/A:1005726329248
6. Wilhelm, E. P., Turner, A. S., & Laurie, D. A. (2009). Photoperiod insensitive *Ppd-A1a* mutations in tetraploid wheat (*Triticum durum* Desf.). *Theoretical and Applied Genetics*, 118(2), 285–294. doi: 10.1007/s00122-008-0898-9

7. Maccaferri, M., Sanguineti, M. C., Corneti, S., Araus, J. L., Salem, M. B., Bort, J., ... Tuberosa, R. (2008). Quantitative trait loci for grain yield and adaptation of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) across a wide range of water availability. *Genetics*, 178(1), 489–511. doi: 10.1534/genetics.107.077297
8. Bentley, A. R., Turner, A. S., Gosman, N., Leigh, F. J., Maccaferri, M., Dreisigacker, S., ... Laurie, D. A. (2011). Frequency of photoperiod-insensitive *Ppd-A1a* alleles in tetraploid, hexaploid and synthetic hexaploid wheat germplasm. *Plant Breeding*, 130(1), 10–15. doi: 10.1111/j.1439-0523.2010.01802.x
9. Takenaka, S., & Kawahara, T. (2013). Evolution of tetraploid wheat based on variations in 5' UTR regions of *Ppd-A1*: evidence of gene flow between emmer and timopheevi wheat. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60(7), 2143–2155. doi: 10.1007/s10722-013-9983-2
10. Royo, C., Dreisigacker, S., Alfaro, C., Ammar, K., & Villegas, D. (2016). Effect of *Ppd-1* genes on durum wheat flowering time and grain filling duration in a wide range of latitudes. *The Journal of Agricultural Science*, 154(4), 612–631. doi: 10.1017/S0021859615000507
11. Achilli, A. L., Roncallo, P. F., Larsen, A. O., Dreisigacker, S., & Echenique, V. (2022). Population structure, allelic variation at *Rht-B1* and *Ppd-A1* loci and its effects on agronomic traits in Argentinian durum wheat. *Scientific Reports*, 12(1), Article 9629. doi: 10.1038/s41598-022-13563-w
12. Royo, C., Dreisigacker, S., Soriano, J. M., Lopes, M. S., Ammar, K., & Villegas, D. (2020). Allelic variation at the vernalization response (*Vrn-1*) and photoperiod sensitivity (*Ppd-1*) genes and their association with the development of durum wheat landraces and modern cultivars. *Frontiers in Plant Science*, 11, Article 838. doi: 10.3389/fpls.2020.00838
13. Arjona, J. M., Royo, C., Dreisigacker, S., Ammar, K., & Villegas, D. (2018). Effect of *Ppd-A1* and *Ppd-B1* allelic variants on grain number and thousand kernel weight of durum wheat and their impact on final grain yield. *Frontiers in Plant Science*, 9, Article 888. doi: 10.3389/fpls.2018.00888
14. Takenaka, S., & Kawahara, T. (2012). Evolution and dispersal of emmer wheat (*Triticum* sp.) from novel haplotypes of *Ppd-1* (photoperiod response) genes and their surrounding DNA sequences. *Theoretical and Applied Genetics*, 125(5), 999–1014. doi: 10.1007/s00122-012-1890-y
15. Shaw, L. M., Turner, A., Herry, L., Griffiths, S., & Laurie, D. A. (2013). Mutant alleles of Photoperiod-1 in wheat (*Triticum aestivum* L.) that confer a late flowering phenotype in long days. *PLoS One*, 8(11), Article e79459. doi: 10.1371/journal.pone.0079459
16. Fait, V., & Balashova, I. (2022). Diversity of *Ppd-1* genotypes of spring and winter bread wheat (*Triticum aestivum* L.) of Ukraine. *Visnyk of the Lviv University. Series Biology*, 87, 32–44. doi: 10.30970/vlubs.2022.87.03 [In Ukrainian]
17. Worland, A. J., Börner, A., Korzun, V., Li, W. M., Petrovic, S., & Sayers, E. J. (1998). The influence of photoperiod genes on the adaptability of European winter wheats. *Euphytica*, 100(1/3), 385–394. doi: 10.1023/A:1018327700985
18. Amo, A., Serikbay, D., Song, L., Chen, L., & Hu, Y-G. (2022). Photoperiod and vernalization alleles greatly affected phenological and agronomic traits in bread wheat under autumn and spring sowing conditions. *Crop and Environment*, 1(4), 241–250. doi: 10.1016/j.crope.2022.11.002
19. Lozada, D. N., Carter, A. H., & Mason, R. E. (2021). Unlocking the yield potential of wheat: influence of major growth habit and adaptation genes. *Crop Breeding, Genetics and Genomics*, 3(2), Article e210004. doi: 10.20900/cbgg20210004
20. Bakuma, A. O., Popovych, Yu. A., Motsnyi, I. I., Chebotar, G. O., & Chebotar, S. V. (2018). Effects of the *Ppd-D1a* allele on growth rates and agronomic traits in wheat detected by the application of analogous lines. *Cytology and Genetics*, 52(5), 343–352. doi: 10.3103/S009545271805002X
21. Fayt, V. I., Pogrebnyuk, E. A., Balashova, I. A., & Stelmakh, A. F. (2017). Identification and effects of alleles of *Ppd-B1* gene on agronomically valuable traits in recombinant-inbred lines of wheat. *Plant Physiology and Genetics*, 49(1), 36–46. doi: 10.15407/frg/2017.01.036 [In Russian]
22. Palamarchuk, A. I. (2016). Methods and results of winter durum wheat breeding in Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation. *Collected Scientific Articles Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivars Investigation*, 27, 54–66. [In Ukrainian]
23. Fait, V. I., & Balashova, I. A. (2022). Distribution of photoperiod-insensitive alleles *Ppd-D1a*, *Ppd-B1a* and *Ppd-B1c* in winter common wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) of various origin. *Cytology and Genetics*, 56(2), 109–117. doi: 10.3103/S0095452722020049
24. Grogan, S. M., Brown-Guedira, G., Haley, S. D., McMaster, G. S., Reid, S. D., Smith, J., & Byrne, P. F. (2016). Allelic variation in developmental genes and effects on winter wheat heading date in the US Great Plains. *PLoS One*, 11(4), Article e0152852. doi: 10.1371/journal.pone.0152852
25. Whittal, A., Kaviani, M., Graf, R., Humphreys, G., & Navabi, A. (2018). Allelic variation of vernalization and photoperiod response genes in a diverse set of North American high latitude winter wheat genotype. *PLoS One*, 13(8), Article e0203068. doi: 10.1371/journal.pone.0203068
26. Arjona, J. M., Royo, C., Dreisigacker, S., Ammar, K., Subirà, J., & Villegas, D. (2019). Effect of allele combinations at *Ppd-1* loci on durum wheat grain filling at contrasting latitudes. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 206, 64–75. doi: 10.1111/jac.12363

Використана література

1. Fjellheim S., Boden S., Trevaskis B. The role of seasonal flowering responses in adaptation of grasses to temperate climates. *Frontiers in Plant Science*. 2014. Vol. 5. Article 431. doi: 10.3389/fpls.2014.00431
2. Guedira M., Xiong M., Hao Y. F. et al. Heading date QTL in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) coincide with major developmental genes *VERNALIZATION1* and *PHOTOPERIOD1*. *PLoS One*. 2016. Vol. 11, Iss. 5. Article e0154242. doi: 10.1371/journal.pone.0154242
3. Паламарчук А. І. Особливості морозо- і зимостійкості пшениці твердої озимої. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2015. Т. 16. С. 147–151.
4. Royo C., Ammar K., Alfaro C. et al. Effect of *Ppd-1* photoperiod sensitivity genes on dry matter production and allocation in durum wheat. *Field Crops Research*. 2018. Vol. 221. P. 358–367. doi: 10.1016/j.fcr.2017.06.005
5. Laurie D. A. Comparative genetics of flowering time. *Plant Molecular Biology*. 1997. Vol. 35, Iss. 1/2. P. 167–177. doi: 10.1023/A:1005726329248
6. Wilhelm E. P., Turner A. S., Laurie D. A. Photoperiod insensitive *Ppd-A1a* mutations in tetraploid wheat (*Triticum durum* Desf.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2009. Vol. 118, Iss. 2. P. 285–294. doi: 10.1007/s00122-008-0898-9
7. Maccaferri M., Sanguineti M. C., Corneti S. et al. Quantitative trait loci for grain yield and adaptation of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) across a wide range of water availability. *Genetics*. 2008. Vol. 178, Iss. 1. P. 489–511. doi: 10.1534/genetics.107.077297
8. Bentley A. R., Turner A. S., Gosman N. et al. Frequency of photoperiod-insensitive *Ppd-A1a* alleles in tetraploid, hexaploid and synthetic hexaploid wheat germplasm. *Plant Breeding*. 2011. Vol. 130, Iss. 1. P. 10–15. doi: 10.1111/j.1439-0523.2010.01802.x
9. Takenaka S., Kawahara T. Evolution of tetraploid wheat based on variations in 5' UTR regions of *Ppd-A1*: evidence of gene flow between emmer and timopheevi wheat. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2013. Vol. 60, Iss. 7. P. 2143–2155. doi: 10.1007/s10722-013-9983-2
10. Royo C., Dreisigacker S., Alfaro C. et al. Effect of *Ppd-1* genes on durum wheat flowering time and grain filling duration in a wide

- range of latitudes. *The Journal of Agricultural Science*. 2016. Vol. 154, Iss. 4. P. 612–631. doi: 10.1017/S0021859615000507
11. Achilli A. L., Roncallo P. F., Larsen A. O. et al. Population structure, allelic variation at *Rht-B1* and *Ppd-A1* loci and its effects on agronomic traits in Argentinian durum wheat. *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12, Iss. 1. Article 9629. doi: 10.1038/s41598-022-13563-w
 12. Rojo C., Dreisigacker S., Soriano J. M. et al. Allelic variation at the vernalization response (*Vrn-1*) and photoperiod sensitivity (*Ppd-1*) genes and their association with the development of durum wheat landraces and modern cultivars. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. Article 838. doi: 10.3389/fpls.2020.00838
 13. Arjona J. M., Rojo C., Dreisigacker S. et al. Effect of *Ppd-A1* and *Ppd-B1* allelic variants on grain number and thousand kernel weight of durum wheat and their impact on final grain yield. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. Article 888. doi: 10.3389/fpls.2018.00888
 14. Takenaka S., Kawahara T. Evolution and dispersal of emmer wheat (*Triticum* sp.) from novel haplotypes of *Ppd-1* (photoperiod response) genes and their surrounding DNA sequences. *Theoretical and Applied Genetics*. 2012. Vol. 125, Iss. 5. P. 999–1014. doi: 10.1007/s00122-012-1890-y
 15. Shaw L. M., Turner A. S., Herry L. et al. Mutant alleles of Photoperiod-1 in wheat (*Triticum aestivum* L.) that confer a late flowering phenotype in long days. *PLoS One*. 2013. Vol. 8, Iss. 11. Article e79459. doi: 10.1371/journal.pone.0079459
 16. Файт В., Балашова І. Різноманіття *Ppd-1* генотипів сортів ярої та озимої м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L.) України. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2022. Вип. 87. С. 32–44. doi: 10.30970/vlubs.2022.87.03
 17. Worland A. J., Börner A., Korzun V. et al. The influence of photoperiod genes on the adaptability of European winter wheats. *Euphytica*. 1998. Vol. 100, Iss. 1/3. P. 385–394. doi: 10.1023/A:1018327700985
 18. Amo A., Serikbay D., Song L. et al. Photoperiod and vernalization alleles greatly affected phenological and agronomic traits in bread wheat under autumn and spring sowing conditions. *Crop and Environment*. 2022. Vol. 1, Iss. 4. P. 241–250. doi: 10.1016/j.crope.2022.11.002
 19. Lozada D. N., Carter A. H., Mason R. E. Unlocking the yield potential of wheat: influence of major growth habit and adaptation genes. *Crop Breeding, Genetics and Genomics*. 2021. Vol. 3, Iss. 2. Article e210004. doi: 10.20900/cbagg20210004
 20. Бакума А. О., Моцний І. І., Попович Ю. А. та ін. Вплив алеля *Ppd-D1a* на швидкість вегетації та агрономічні ознаки пшениці, визначений із застосуванням ліній-аналогів. *Цитологія і генетика*. 2018. Т. 52, № 5. С. 28–40. doi: 10.3103/S009545271805002X
 21. Файт В. И., Погребнюк Е. А., Балашова И. А., Стельмах А. Ф. Идентификация и эффекты аллелей гена *Ppd-B1* по хозяйственно-ценным признакам рекомбинантно-инбредных линий пшеницы. *Физиология растений и генетика*. 2017. Т. 49, № 1. С. 36–46. doi: 10.15407/frg/2017.01.036
 22. Паламарчук А. І. Методи та результати селекції пшениці твердої озимої в СГІ – НЦНС. *Збірник наукових праць СГІ – НЦНС*. 2016. Вип. 27. С. 54–66.
 23. Fait V. I., Balashova I. A. Distribution of photoperiod-insensitive alleles *Ppd-D1a*, *Ppd-B1a* and *Ppd-B1c* in winter common wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) of various origin. *Cytology and Genetics*. 2022. Vol. 56, Iss. 2. P. 109–117. doi: 10.3103/S0095452722020049
 24. Grogan S. M., Brown-Guedira G., Haley S. D. et al. Allelic variation in developmental genes and effects on winter wheat heading date in the US Great Plains. 2016. *PLoS One*. Vol. 11, Iss. 4. Article e0152852. doi: 10.1371/journal.pone.0152852
 25. Whittall A., Kaviani M., Graf R. et al. Allelic variation of vernalization and photoperiod response genes in a diverse set of North American high latitude winter wheat genotype. 2018. *PLoS One*. Vol. 13, Iss. 8. Article e0203068. doi: 10.1371/journal.pone.0203068
 26. Arjona J. M., Rojo C., Dreisigacker S. et al. Effect of allele combinations at *Ppd-1* loci on durum wheat grain filling at contrasting latitudes. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2019. Vol. 206, Iss. 1. P. 64–75. doi: 10.1111/jac.12363

УДК 577.2:631:581.115:542.1

Файт В. І.*, **Балашова І. А.** Різноманіття сортів ярої та озимої пшениці твердої (*Triticum durum* Desf.) за алелями гена *Ppd-A1*. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Т. 19, № 4. С. 232–238. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.292911>

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, Україна, 65036, *e-mail: faygen@ukr.net

Мета. Ідентифікувати та оцінити частоти домінантних і рецесивних алелів гена *Ppd-A1* в озимих та ярих сортів пшениці твердої різного географічного походження. **Методи.** Під час досліджень використовували методи виділення ДНК, алель-специфічної ПЛР, електрофорезу в агарозному й поліакриламідному гелях, статистичного аналізу. **Результати.** Завдяки застосуванню діагностичних молекулярних маркерів ідентифіковано генотипи 81 сорту твердої пшениці ярої та озимого типів розвитку різного географічного походження за алелями гена *Ppd-A1*, що визначає відмінності за фотоперіодичною чутливістю. В ярих сортів виявлено чотири алелі, в озимих – три (відсутній домінантний алель *Ppd-A1a.2*). В жодного сорту незалежно від типу розвитку не ідентифіковано рецесивного алеля *Ppd-A1_del303*. **Висновки.** Істотних відмінностей між озимими та ярими генотипами за частотою того чи іншого алеля не встановлено. Серед озимих і ярих сортів найпоширенішим є рецесивний алель

Ppd-A1_del2ex7 (68,5 і 47,9% відповідно). Значно йому поступається в озимих сортів і майже однаковий з ним за частотою розповсюдження в ярих рецесивний алель *Ppd-A1b*. Меншими за дві вищевказані й загалом дуже малими є частоти домінантних алелів *Ppd-A1a.2* і *Ppd-A1a.3*. Алель *Ppd-A1a.2* виявлено лише у грузинського сорту 'Мерліурі' (ярий тип розвитку); *Ppd-A1a.3* – в українських сортів 'Луганська 7', 'Метиска' (ярі) та 'Кораловий' (озимий). Натепер обговорюють можливість використання сортів-носіїв домінантних алелів *Ppd-A1a.2* і *Ppd-A1a.3* як донорів у програмах селекції пшениці твердої озимої з метою підвищення її адаптивного потенціалу в умовах посухи та високих температур і для збільшення врожаю зерна. Застосування маркерного аналізу дасть змогу забезпечити добір селекційного матеріалу з оптимальною комбінацією алелів гена *Ppd-A1a*.

Ключові слова: *Triticum durum*; тип розвитку; фотоперіод; *Ppd-1* гени; генотип.

Надійшла / Received 02.11.2023
Погоджено до друку / Accepted 20.11.2023

Урожайність та якість зерна сортів вівса посівного (*Avena sativa* L.) за вирощування на чорноземах типових

С. М. Каленська*, Р. В. Федів

Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, *e-mail: svitlana.kalenska@gmail.com

Мета. Встановити потенціал урожайності та якості зерна сортів вівса посівного (*Avena sativa* L.) залежно від живлення й погодних умов. **Методи.** Під час досліджень використовували польові, лабораторні (визначення якості зерна) та статистичні методи. **Результати.** Застосовуючи різні системи удобрення, дослідили сім сортів вівса посівного, найурожайнішими серед яких виявились 'Айворі', 'Легінь Носівський' і 'Зака́т'. Найбільший приріст урожаїв від використання добрив у 2022–2023 рр. (1,24–2,73 т/га за середніх приростів 0,32–2,83 т/га) спостерігали за вирощування сорту 'Айворі'. Додаткові прирости завдяки внесенню сірки, як порівняти з варіантами, де застосовували лише азот, фосфор і калій, отримано в сортів 'Нептун' – 0,26–0,39 т/га; 'Легінь Носівський' – 0,47–0,49; 'Світанок' – 0,23–0,66; 'Зака́т' – 0,39–0,64; 'Зубр' – 0,41–0,54; 'Альбатрос' – 0,58–0,78; 'Айворі' – 0,34–0,66 т/га. Середня врожайність контрольних варіантів у 2021–2023 рр. була такою: 2,28 т/га – 'Нептун'; 2,64 – 'Легінь Носівський'; 2,50 – 'Світанок'; 2,70 – 'Зака́т'; 2,71 – 'Зубр'; 2,60 – 'Альбатрос'; 2,81 т/га – 'Айворі'. Підвищення норми елементів живлення, що вносять у ґрунт, сприяло поліпшенню якості зерна. Так, за умови додавання $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}BBCH_{32}$ вміст протеїну в зерні був у межах 10,2–10,8%; $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}BBCH_{32}$ – 10,4–11,2; $N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}BBCH_{32}$ – 11,0–11,8; $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}BBCH_{32}$ – 11,4–12,4%. Додаткове внесення сірки в систему удобрень зумовило ефективніше використання азоту, а тому й збільшення частки білка в зерні на 1,3–1,8%, порівнюючи з варіантами, в яких норма макроелементів була однаковою для всіх сортів. Вміст альбумінів і глобулінів був вищим у зерні контрольного варіанта (17,0–19,3 та 20,1–21,6% відповідно), змінюючись несуттєво між сортами. Кількість запасних білків – проламінів і глютелінів – збільшувалася (від 28,4–30,2 до 34,8–36,2% відповідно) з підвищенням норми добрив, зокрема за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$. **Висновки.** Всі досліджені сорти вівса є високопродуктивними та залежно від норм добрив формують врожаї на рівні 3,33–5,54 т/га. Сорт 'Нептун' дещо поступається іншим за врожайністю, втім має зерно зі значним вмістом біологічно цінних фракцій білка. Внесення сірковмісних добрив забезпечує збільшення врожайності, поліпшення якості зерна та ефективніше використання азоту, що дає змогу знижувати базову норму додавання в ґрунт макроелементів.

Ключові слова: врожайність; сорт; сірковмісні добрива; макроелементи; протеїн; фракції білка.

Вступ

Овес посівний (*Avena sativa* L.) є важливою для людей, тварин і доквілля культурою [1–3]. Він поширений у регіонах з вологим кліматом та прохолодним літом, але краще ніж більшість зернових витримує і сухі умови [4–6]. Вважають, що овес менш вибагливий до ґрунту, оскільки використовує вологу з глибоких його горизонтів і поживні елементи з менш розчинних форм

завдяки добре розвинутій, ліпшій ніж у жита, ячменю та пшениці, кореневій системі [7]. Сорти вівса мають високу адаптивну здатність [8–10] та можуть формувати високоякісне зерно за різних умов вирощування [11–13]. Водночас сорти плівчастого різновиду характеризуються харчовою та кормовою цінністю [14–17].

Систему удобрення вівса досліджують недостатньо навіть попри її важливу роль у формуванні врожайності та якості зерна [18–20]. Втім, вносячи лише макроелементи, не завжди можливо забезпечити високий рівень реалізації потенціалу сортів [22]. Сірка – складник усіх рослинних білків і низки фітогормонів. Оптиміальне забезпечення нею рос-

Svitlana Kalenska
<https://orcid.org/0000-0002-3392-837X>
 Roman Fediv
<https://orcid.org/0009-0006-8946-358X>

лин гарантує функціонування в їхніх тканинах ферментів, синтез якісного рослинного білка й амінокислот. Без цього елементу ріст і розвиток сортів вівса неможливі, а його нестача лімітує використання доступного азоту, що зумовлює зниження врожайності й погіршення якості зерна [23, 24].

Мета досліджень – встановити потенціал урожайності та якості зерна сортів вівса посівного (*Avena sativa* L.) залежно від живлення й погодних умов.

Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження проводили впродовж 2021–2023 рр. у стаціонарному досліді кафедри рослинництва відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП України) «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне, Васильківський р-н, Київська обл.). Ця територія, відповідно до природно-кліматичного районування України, належить до зони Північного Лісостепу, Середньодніпровсько-Бузького природного округу, Фастівського району.

Ґрунтовий покрив господарства дослідної станції складається з декількох ґрунтових різновидностей. Найголовнішими з них є типові малогумусні, крупнопилувато-середньосуглинкові за гранулометричним складом чорноземи, на яких розташована переважна більшість полів сівозміни. Ґрунти цього типу добре гумусовані, тому мають темне забарвлення й значну глибину, досить оструктурені. Вони багаті на поживні елементи, їхні фізичні та механічні якості сприятливі для вирощування культурних рослин. Вміст гумусу в орному шарі становить 4,4%; рН – 6,8–7,3; ємність вбирання – 30,7–32,5 мг-екв на 100 г ґрунту. Отже, ґрунтова відміна є типовою для зони Лісостепу та займає 54,6% її території.

Чорнозем типовий малогумусний характеризується значним вмістом валових і рухомих форм поживних речовин. За вмістом у шарі глибиною 0–20 см легкогідролізованого азоту (7,6 мг на 100 г) ґрунт є малозабезпеченим; рухомого фосфору (10,0 мг на 100 г) – середнім; обмінного калію (7,8 мг на 100 г) – середньозабезпеченим. Частка загального азоту в шарі 0–20 см становить 0,21%.

Польові дослідні заклали відповідно до схеми, представленої в таблиці 1, лабораторні проводили в навчально-науковій лабораторії «Аналітичні дослідження в рослинництві» кафедри рослинництва НУБіП України.

Таблиця 1

Схема польового досліді

Сорт – фактор А	Удобрення – фактор В	
	НРК*	S
‘Нептун’ (контроль)	Контроль	–
‘Легінь Носівський’	$N_{30} P_{30} K_{30} + N_{30}$	–
‘Світанок’	$N_{60} P_{60} K_{60} + N_{30}$	–
‘Закат’	$N_{90} P_{90} K_{90} + N_{30}$	–
‘Зубр’	$N_{120} P_{120} K_{120} + N_{30}$	–
‘Альбатрос’	$N_{30} P_{30} K_{30} + N_{30}$	11,25
‘Айворі’	$N_{60} P_{60} K_{60} + N_{30}$	22,5
	$N_{90} P_{90} K_{90} + N_{30}$	33,75
	$N_{120} P_{120} K_{120} + N_{30}$	45,0

*Підживлення N_{30} проводили на всіх варіантах, окрім контролю, у мікростадії ВВСН 32.

Для дослідження обрали сорти вівса посівного вітчизняної селекції, виведені селекціонерами Носівської селекційно-дослідної станції Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України. А саме: ‘Нептун’ (рік реєстрації – 2005), ‘Легінь Носівський’ (2018), ‘Світанок’ (2016), ‘Закат’ (2009) і ‘Зубр’ (2018). Також вивчали два сорти іноземної селекції – ‘Альбатрос’ (KWS, Німеччина; рік реєстрації – 2019) та ‘Айворі’ (Заатен-Уніон ГмбХ, Німеччина; рік реєстрації – 2011). Контрольним був широко поширений у виробництві та найстаріший серед досліджуваних сорт ‘Нептун’. У процесі сівби використовували базове насіння, отримане від установ-оригінацій.

Відповідно до схеми досліді, вносили мінеральне добриво «Поліфоска 8» з вмістом елементів живлення $N_{8} P_{24} K_{24} S_{9}$. За його додавання вирівнювали дозу азоту, вносячи «Аміачну селітру», або нітрат амонію (сумарний вміст азоту – 34,4%). Це добриво також використовували для проведення підживлення азотом на мікростадії ВВСН 31–32, що відповідає фазі початку виходу в трубку.

Площа облікової ділянки становила 25 м² за чотириразового повторення. Розміщення варіантів систематичне. Норма висіву – 4,5 млн схожих насінин/га. Сівбу здійснювали за настання технологічної стиглості ґрунту: 1 квітня 2021 р., 5 квітня 2022 р. та 22 березня 2023 року.

Закладання дослідів, оцінювання матеріалу, фенологічні спостереження та біометричні вимірювання рослин, збирання врожаю виконували відповідно до «Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні».

Урожайність основної та побічної продукції визначали поділянково, методом суцільного обліку, відбираючи середню пробу зерна для встановлення вологи, фізичних і хіміч-

них показників його якості. Одержану масу зерна вівса перелічували на врожай з 1 га, враховуючи засміченість і вологість у перерахунку на 14% вологості. Перед обмолочуванням відбирали «пробний сніп» з одного погонного метра кожного варіанта для визначення структури врожаю. Польові дослідження здійснювали відповідно до методик дослідної справи [24, 25].

Для порівняльного аналізу погодних умов років проведення досліджень розраховували коефіцієнти суттєвості відхилень (K_c) елементів агрометеорологічного режиму поточного року від середніх багаторічних, використовуючи формулу:

$$K_c = \frac{(X_i - \bar{X})}{\sigma}$$

де K_c – коефіцієнт суттєвості відхилень; X_i – елементи поточної погоди; \bar{X} – показник середньої багаторічної величини; σ – середнє квадратичне відхилення. Рівень коефіцієнтів суттєвості відхилень відповідає такій градації: $K_c < 1$ – умови, наближені до звичайних; $K_c = 1,2$ – умови, що суттєво відрізняються від середніх багаторічних; $K_c > 2$ – умови, наближені до рідкісних [26].

Якість зерна визначали в лабораторії «Аналітичні дослідження в рослинництві» кафедри рослинництва НУБіП України, використовуючи метод інфрачервоної спектрометрії, на приладі «Infratec 1241 FOSS». Для аналізування з кожного окремого варіанта відбирали очищену пробу зерна, яку поміщали в кювет. Його вставляли у прилад і після «сканування» отримували дані щодо вмісту в зерні протеїну. Фракційний склад білків з'ясовували за методикою Осборна [27].

Математичне оброблення результатів дослідження проводили, застосовуючи програмний пакет Statistica 10.

Результати досліджень

Для порівняльного аналізу погодних умов років проведення досліджень, які різнилися за середньодобовими температурами та кількістю опадів, було розраховано коефіцієнти суттєвості відхилення показників від багаторічних даних.

Середньодобова температура у 2021–2023 рр. переважно відповідала усередненим багаторічним даним, втім значно перевищувала їх у 12 декадах (16,7%) і суттєво знижувалася в 11 (15,3%) (табл. 2).

Таблиця 2

Коефіцієнти суттєвості відхилень середньодобових температур від багаторічних даних

Рік	Декада	Місяць							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2021	1	0,4	-1,2	-0,2	-1,0	-0,1	-1,0	1,1	-1,1
	2	0,7	-1,6	0,0	0,4	-0,6	0,6	1,0	-1,0
	3	1,1	0,4	-1,2	-1,1	-0,6	1,1	0,9	-1,1
2022	1	0,7	1,3	-0,9	0,1	1,1	1,0	-0,4	0,5
	2	0,2	1,5	-1,0	-1,1	-0,6	0,6	-1,0	0,0
	3	1,0	0,5	0,5	0,7	-0,5	-0,2	0,2	0,4
2023	1	1,1	-0,1	1,1	1,0	-0,9	0,0	-0,7	0,7
	2	0,9	0,1	1,0	0,8	1,2	-1,2	0,0	1,0
	3	0,0	-0,9	0,6	0,4	1,2	-0,9	-1,1	0,7
Середня добова температура повітря, багаторічні дані		-5,9	-4,4	0,3	8,4	14,9	17,8	19,0	18,4

Опади впродовж досліджень були досить нерівномірними й загалом недостатніми (44 декади із 72). Суттєвою їх нестачею характеризувалася 21 декада, умови ще однієї були наближеними до рідкісних. Значно більшими за багаторічні дані були показники кількості опадів лише 10 декад (табл. 3). Загалом, посушливі умови переважали під час активної вегетації культури у 2022-му та в окремі періоди 2023 року.

Удобрення та погодні умови вегетації суттєво впливали на врожайність вівса (табл. 4). Найбільші її значення в усі роки досліджень демонстрували сорти 'Айворі', 'Легінь Носівський' і 'Закат'; найнижчі в контрольному варіанті (2,38; 2,02; 2,44 т/га у 2021, 2022,

2023 рр. відповідно) – 'Нептун'. Середній рівень урожайності за 2021–2023 рр. у контрольному варіанті був таким: 'Нептун' – 2,28 т/га; 'Легінь Носівський' – 2,64; 'Світанок' – 2,50; 'Закат' – 2,70; 'Зубр' – 2,71; 'Альбатрос' – 2,60; 'Айворі' – 2,81 т/га. А її усереднений приріст від використання добрив, на які позитивно реагують усі сорти, становив 0,32–2,83 т/га; максимальний – 1,24–2,73 т/га в 'Айворі' за збільшення доз добрив. Додаткові прирости врожайності від внесення сірки для сорту 'Нептун' становили 0,26–0,39 т/га; 'Легінь Носівський' – 0,47–0,49; 'Світанок' – 0,23–0,66; 'Закат' – 0,39–0,64; 'Зубр' – 0,41–0,54; 'Альбатрос' – 0,58–0,78; 'Айворі' – 0,34–0,66 т/га.

Таблиця 3

Коефіцієнти суттєвості відхилень суми опадів від багаторічних даних

Рік	Декада	Місяць							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2021	1	1,3	1,8	-1,7	-0,1	0,7	0,8	-0,1	-0,4
	2	-1,6	0,7	0,7	-0,8	1,4	-0,1	1,6	-1,6
	3	1,7	-1,3	-0,6	-0,5	1,6	-1,2	-0,9	1,5
2022	1	0,8	-0,1	0,0	0,2	-1,0	-1,0	-2,0	-0,3
	2	-0,1	-1,0	-1,1	-0,9	-0,3	-1,9	0,0	-1,3
	3	0,6	-1,2	-0,5	1,3	-1,0	-1,4	-1,1	-0,5
2023	1	-0,6	0,3	-1,8	1,7	-1,0	0,6	-1,6	-2,1
	2	-2,0	-1,0	0,5	0,9	-0,4	-1,8	-0,2	-3,2
	3	0,3	0,5	1,2	-0,2	-0,4	0,5	0,7	0,5
Середня місячна кількість опадів, багаторічні дані		30,0	33,0	29,0	38,4	43,3	73,9	72,9	57,8

Таблиця 4

Урожайність сортів вівса, т/га (2021–2023 рр.)

Удобрення* – фактор В	Сорт – фактор А						
	‘Нептун’	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
2021 р.							
Контроль	2,38	2,72	2,68	2,92	2,74	2,78	2,96
$N_{30} P_{30} K_{30}$	2,78	3,91	3,42	3,92	3,88	3,64	4,04
$N_{60} P_{60} K_{60}$	3,12	4,21	3,78	4,26	4,16	3,98	4,46
$N_{90} P_{90} K_{90}$	3,48	4,48	3,99	4,66	4,42	4,12	4,98
$N_{120} P_{120} K_{120}$	3,96	4,94	4,36	5,04	4,82	4,54	5,04
$N_{30} P_{30} K_{30} S_{11,25}$	3,04	4,49	3,98	4,32	4,46	4,24	4,52
$N_{60} P_{60} K_{60} S_{22,5}$	3,44	4,84	4,54	4,8	4,78	4,48	4,98
$N_{90} P_{90} K_{90} S_{33,75}$	3,96	5,18	4,88	5,22	5,12	5,08	5,32
$N_{120} P_{120} K_{120} S_{45}$	4,38	5,64	5,12	5,58	5,45	5,32	5,66
2022 р.							
Контроль	2,02	2,32	2,2	2,31	2,3	2,21	2,38
$N_{30} P_{30} K_{30}$	2,34	3,26	3,02	3,56	3,23	3,04	3,64
$N_{60} P_{60} K_{60}$	2,58	3,69	3,32	3,88	3,61	3,66	3,98
$N_{90} P_{90} K_{90}$	3,06	4,02	3,68	4,12	3,98	3,94	4,23
$N_{120} P_{120} K_{120}$	3,34	4,48	3,98	4,39	4,28	4,24	4,38
$N_{30} P_{30} K_{30} S_{11,25}$	2,56	3,72	3,26	3,89	3,68	3,84	3,98
$N_{60} P_{60} K_{60} S_{22,5}$	2,98	4,23	3,56	4,27	4,17	4,02	4,37
$N_{90} P_{90} K_{90} S_{33,75}$	3,21	4,64	3,88	4,66	4,51	4,41	4,61
$N_{120} P_{120} K_{120} S_{45}$	3,66	4,92	4,04	4,84	4,82	4,74	4,99
2023 р.							
Контроль	2,44	2,88	2,62	2,88	3,08	2,82	3,1
$N_{30} P_{30} K_{30}$	2,68	4,32	3,56	4,04	4,28	3,68	4,48
$N_{60} P_{60} K_{60}$	3,02	4,68	3,88	4,42	4,68	4,08	4,82
$N_{90} P_{90} K_{90}$	3,64	4,99	4,12	4,87	4,96	4,56	5,14
$N_{120} P_{120} K_{120}$	4,04	5,26	4,48	4,98	5,02	4,88	5,24
$N_{30} P_{30} K_{30} S_{11,25}$	2,99	4,69	3,46	4,48	4,48	4,62	4,68
$N_{60} P_{60} K_{60} S_{22,5}$	3,43	5,09	4,48	4,96	4,88	4,98	5,08
$N_{90} P_{90} K_{90} S_{33,75}$	4,06	5,44	5,02	5,5	5,14	5,12	5,51
$N_{120} P_{120} K_{120} S_{45}$	4,48	5,84	5,22	5,92	5,48	5,34	5,98
NIP _{0,05} : фактор А – 0,26; фактор В – 0,31 т/га							

*Підживлення N_{30} проводили на всіх варіантах, окрім контролю, у мікростадії ВВСН 32.

Важливою ознакою якості зерна є вміст у ньому білків, який може суттєво змінюватися залежно від екологічних і технологічних чинників [12, 23]. За результатами аналізу, кількість протеїну в зерні істотно варіювалася через вплив погодних умов та системи удобрення (табл. 5). Сорти вівса позитивно реагували

на підвищення норм внесення макроелементів. Уміст білка в контрольному варіанті був у межах від 9,4 (‘Закат’) до 10,5% (‘Айворі’) й значно різнився за використання $N_{30} P_{30} K_{30} + N_{30} ВВСН32$ – 10,2–10,8%; $N_{60} P_{60} K_{60} + N_{30} ВВСН32$ – 10,4–11,2%; $N_{90} P_{90} K_{90} + N_{30} ВВСН32$ – 11,0–11,8%; $N_{120} P_{120} K_{120} + N_{30} ВВСН32$ – 11,4–12,4%. Додаткове

внесення сірки дало змогу збільшити кількість протеїну на 1,3–1,8%, порівнюючи з варіантами з однаковою нормою макроелементів для всіх сортів.

За ознакою абсолютного вмісту протеїну та реакцією на додаткове живлення сорти можуть належати до різних градацій. Так, 'Нептун' і 'Закат' мали показники білка в зерні

9,4–12,4%; 'Легінь Носівський' і 'Світанок' – 10,2–12,8; 'Зубр', 'Альбатрос' та 'Айворі' – 10,2–14,1%. Ефективність накопичення протеїну за підвищення норм внесення добрив також неоднакова в різних сортів. Кількість білка в 'Айворі' за використання $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}BVCH_{32}$ становила 12,4%; в сорту 'Нептун' – 11,4%.

Таблиця 5

Вміст сирого протеїну в зерні сортів вівса, % (2021–2023 рр.)

Норма добрив* – фактор В	Сорт – фактор А							Середній вміст
	'Нептун'	'Легінь Носівський'	'Світанок'	'Закат'	'Зубр'	'Альбатрос'	'Айворі'	
Контроль	9,6	10,3	10,2	9,4	10,2	10,4	10,5	10,1 ± 0,33
$N_{30}P_{30}K_{30}$	10,2	10,5	10,6	10,4	10,4	10,6	10,8	10,5 ± 0,14
$N_{60}P_{60}K_{60}$	10,4	10,9	11,0	10,9	10,8	11,1	11,2	10,9 ± 0,17
$N_{90}P_{90}K_{90}$	11,0	11,4	11,5	11,3	11,4	11,6	11,8	11,4 ± 0,18
$N_{120}P_{120}K_{120}$	11,4	11,8	11,7	11,7	12,1	12,1	12,4	11,9 ± 0,27
$N_{30}P_{30}K_{30}S_{11,25}$	11,8	12,0	12,1	11,9	12,7	12,5	12,8	12,3 ± 0,35
$N_{60}P_{60}K_{60}S_{22,5}$	12,0	12,1	12,4	12,0	13,1	13,0	13,7	12,6 ± 0,56
$N_{90}P_{90}K_{90}S_{33,75}$	12,2	12,5	12,6	12,3	13,7	13,8	13,9	13,0 ± 0,69
$N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}$	12,4	12,7	12,8	12,5	14,0	14,1	14,0	13,2 ± 0,70

*Підживлення N_{30} проводили на всіх варіантах, окрім контролю, у мікростадії BVCH 32.

Введення в систему удобрення достатньої кількості сірки та безпосередній її вплив зумовлюють ефективніше використання азоту, що сприяє підвищенню вмісту протеїну в зерні.

Білки зерна вівса суттєво відрізняються від білків зерна пшениці, жита та ячменю за фракційним складом. Останній, що визначено в процесі його встановлення та аналізування, більшою мірою змінюється під впливом системи удобрення, ніж сорту (табл. 6). Переважальною фракцією в зерні вівса є

глютеліни, потім – проламіни та глобуліни. З'ясовано, що вміст фракцій запасних білків збільшується за підвищення норм добрив і додаткового внесення сірки.

Аналіз фракційного складу білків показав, що у контрольному варіанті (без добрив) вміст альбумінів (17,0–19,3%) і глобулінів (20,1–21,6%) був найвищим і несуттєво змінювався залежно від сорту.

Частка таких запасних білків, як проламіни та глютеліни, суттєво підвищилася (до 28,4–30,2 та 34,8–36,2% відповідно), порів-

Таблиця 6

Вміст фракцій білків у зерні сортів вівса посівного, % (2021–2023 рр.)

Показник	Сорт						
	'Нептун'	'Легінь Носівський'	'Світанок'	'Закат'	'Зубр'	'Альбатрос'	'Айворі'
	Альбуміни						
Контроль	16,3	15,3	16,6	14,5	15,4	15,3	15,6
$N_{120}P_{120}K_{120}$	16,6	15,1	15,9	14,2	15,2	15,2	16,0
$N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}$	13,3	12,1	14,1	12,3	13,0	12,4	12,2
	Глобуліни						
Контроль	20,5	20,8	20,9	20,9	21,0	21,0	20,6
$N_{120}P_{120}K_{120}$	20,7	21,3	21,4	22,2	21,6	21,5	20,3
$N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}$	21,4	21,9	21,6	21,8	22,0	22,2	21,8
	Проламіни						
Контроль	29,1	29,1	28,0	28,9	29,5	29,2	29,2
$N_{120}P_{120}K_{120}$	29,0	29,2	28,2	28,7	29,5	29,3	29,4
$N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}$	29,9	30,0	28,4	29,8	30,2	29,8	29,8
	Глютеліни						
Контроль	33,8	34,4	34,3	34,9	33,4	33,9	34,3
$N_{120}P_{120}K_{120}$	33,7	34,4	34,5	34,9	33,7	34,0	34,3
$N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}$	35,4	36,0	35,9	36,1	34,8	35,6	36,2

нюючи з контрольним варіантом, за збільшення норм внесення добрив, зокрема $N_{120} P_{120} K_{120} S_{45} + N_{30}$.

Висновки

Отримані результати досліджень дають змогу оптимізувати сортову систему удобрення вівса для управління формуванням врожайності та якості зерна залежно від напрямів його використання.

Усі досліджені сорти вівса є високопродуктивними та залежно від норм добрив формують врожаї на рівні 3,33–5,54 т/га. Сорт 'Нептун' дещо поступається іншим за врожайністю, втім має зерно зі значним вмістом біологічно цінних фракцій білка.

Внесення сірковмісних добрив забезпечує збільшення врожайності, поліпшення якості зерна та ефективніше використання азоту, що дає змогу знижувати базову норму додавання в ґрунт макроелементів.

Використана література

- World Oat Production by country. URL: <https://www.atlasbig.com/en-us/countries-oat-production>
- Li R., Zhang Z., Tang W. et al. Common vetch cultivars improve yield of oat row intercropping on the Qinghai-Tibetan plateau by optimizing photosynthetic performance. *European Journal of Agronomy*. 2020. Vol. 117. Article 126088. doi: 10.1016/j.eja.2020.126088
- Kalenska S. Food security and innovation solutions in crop production. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 13, Iss. 2. P. 14–26. doi: 10.31548/agr.13(2).2022.14-26
- De Francisco A., Federizzi L. C., Setti T. Development of Oat Production in Brazil: Interaction between Agriculture, Academia, and Industry. *Cereal Foods World*. 2019. Vol. 64. P. 1–3.
- Sadras V. O., Mahadevan M., Zwer P. K. Oat phenotypes for drought adaptation and yield potential. *Field Crops Research*. 2017. Vol. 212. P. 135–144. doi: 10.1016/j.fcr.2017.07.014
- Finnan J. M., Hyland L., Burke B. The effect of seeding rate on radiation interception, grain yield and grain quality of autumn sown oats. *European Journal of Agronomy*. 2018. Vol. 101. P. 239–247. doi: 10.1016/j.eja.2018.09.008
- Hausherr Lüder R.-M., Qin R., Richner W. et al. Spatial variability of selected soil properties and its impact on the grain yield of oats (*Avena sativa* L.) in small fields. *Journal of Plant Nutrition*. 2018. Vol. 41. P. 2446–2469. doi: 10.1080/01904167.2018.1527935
- Buerstmayr H., Krenn N., Stephan U. et al. Agronomic performance and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin produced under Central European growing conditions. *Field Crops Research*. 2007. Vol. 101. P. 343–351. doi: 10.1016/j.fcr.2006.12.011
- Hisir Y., Kara R., Dokuyucu T. Evaluation of oat (*Avena sativa* L.) genotypes for grain yield and physiological traits. *Zemdirbystė – Agriculture*. 2012. Vol. 99, No. 1. P. 55–60.
- Mut Z., Akay H., Doğanay Ö., Köse E. Grain yield, quality traits and grain yield stability of local oat cultivars. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2018. Vol. 18, Iss. 1. P. 269–281.
- Dumlupınar Z., Kara R., Dokuyucu T., Akkaya A. Correlation and path analysis of grain yield and yield components of some Turkish oat genotypes. *Pakistan Journal of Botany*. 2012. Vol. 44, Iss. 1. P. 321–325.
- Đekić V., Jelić M., Popović V. et al. Parameters of grain yield and quality of spring oats. *Proceedings of the Journal of PKB Agroekonomik Institute*. 2018. Vol. 24, Iss. 1–2. P. 81–86.
- Rafique H., Dong R., Wang X. et al. Dietary-Nutraceutical Properties of Oat Protein and Peptides. *Frontiers in Nutrition*. 2022. Vol. 5, Iss. 9. Article 950400. doi: 10.3389/fnut.2022.950400
- Smulders M. J. M., van de Wiel C. C. M., van den Broeck H. C. et al. Oats in healthy gluten-free and regular diets: A perspective. *Food Research International*. 2018. Vol. 110. P. 3–10. doi: 10.1016/j.foodres.2017.11.031
- Yang Z., Xie C., Bao Y. et al. Oat: Current state and challenges in plant-based food applications. *Trends in Food Science & Technology*. 2023. Vol. 134. P. 56–71. doi: 10.1016/j.tifs.2023.02.017
- Sterna V., Zute S., Brunava L. Oat grain composition and its nutrition benefice. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2016. Vol. 8. P. 252–256. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.02.100
- Mut Z., Erbaş Kose Ö. D., Akay H. Grain yield and some quality traits of different oat (*Avena sativa* L.) genotypes. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*. 2016. Vol. 2, Iss. 2. P. 83–88.
- Duda M., Tritean N., Racz I. et al. Yield Performance of Spring Oats Varieties as a Response to Fertilization and Sowing Distance. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, Iss. 5. Article 815. doi: 10.3390/agronomy11050815
- Huza R., Duda M., Kadar F., Racz I. Results regarding the influence of technological factors on spring oat yields. *Research Journal of Agricultural Science*. 2016. Vol. 48, Iss. 1. P. 57–62.
- Li P., Mo F., Li D. et al. Exploring Agronomic Strategies to Improve Oat Productivity and Control Weeds: Leaf Type, Row Spacing, and Planting Density. *Canadian Journal of Plant Science*. 2018. Vol. 98, Iss. 5. P. 1084–1093. doi: 10.1139/cjps-2017-0354
- Kutlu I., Gulmezoglu N., Smoleń S. Comparison of Biologically Active Iodine and Potassium Iodide Treatments in Increasing Grain Iodine Content and Quality of Oats. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2023. Vol. 42, Iss. 5. P. 2776–2786. doi: 10.1007/s00344-022-10744-9
- Mahmoud R. M., Rezaq H., Al-Jayashi M. T. Effect Agricultural Sulfur and Nitrogen on Growth and Yield Stressed Oat (*Avena sativa* L.). *Annals of R.S.C.B.* 2021. Vol. 25, Iss. 1. P. 6073–6079.
- Wang S. P., Wang Y. F., Schnug E. et al. Effects of Nitrogen and Sulphur Fertilization on Oats Yield and Quality and Digestibility, Nitrogen and Sulphur Metabolism by Sheep in the Inner Mongolia Steppes of China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2002. Vol. 62. P. 95–202. doi: 10.1023/A:1015592423948
- Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії. Книга перша: Теоретичні аспекти дослідної справи. Харків : Майдан, 2016. 300 с.
- Рожков А. О., Каленська С. М., Пузік Л. М., Музафаров Н. М. Дослідна справа в агрономії. Книга друга: Статистична обробка результатів агрономічних досліджень. Харків : Майдан, 2016. 298 с.
- Логвінов К. Т., Дмитренко В. П., Грушка І. Г. Короткий агрокліматичний довідник України: Посібник по використанню гідрометеорологічної інформації в сільськогосподарському виробництві. Київ : Укр. НДІ гідрометеорології, 1976. 256 с.
- Moore S., Spackman D. H., Stein W. H. Chromatography of Amino Acid on Sulfonated Polystyrene Resins. *Analytical Chemistry*. 1958. Vol. 30, Iss. 7. P. 1185–1190. doi: 10.1021/ac60139a005

References

- World Oat Production by country. Retrieved from <https://www.atlasbig.com/en-us/countries-oat-production>
- Li, R., Zhang, Z., Tang, W., Huang, Y., Coulter, J. A., & Nan, Z. (2020). Common vetch cultivars improve yield of oat row intercropping on the Qinghai-Tibetan plateau by optimizing photosynthetic performance. *European Journal of Agronomy*, 117, Article 126088. doi: 10.1016/j.eja.2020.126088
- Kalenska, S. (2022). Food security and innovation solutions in crop production. *Plant and Soil Science*, 13(2), 14–26. doi: 10.31548/agr.13(2).2022.14-26

4. De Francisco, A., Federizzi, L. C., & Setti, T. (2019). Development of Oat Production in Brazil: Interaction between Agriculture, Academia, and Industry. *Cereal Foods World*, 64, 1–3.
5. Sadras, V. O., Mahadevan, M., & Zwer, P. K. (2017). Oat phenotypes for drought adaptation and yield potential. *Field Crops Research*, 212, 135–144. doi: 10.1016/j.fcr.2017.07.014
6. Finnan, J. M., Hyland, L., & Burke, B. (2018). The effect of seeding rate on radiation interception, grain yield and grain quality of autumn sown oats. *European Journal of Agronomy*, 101, 239–247. doi: 10.1016/j.eja.2018.09.008
7. Hausherr Lüder, R.-M., Qin, R., Richner, W., Stamp, P., & Noulas, C. (2018). Spatial variability of selected soil properties and its impact on the grain yield of oats (*Avena sativa* L.) in small fields. *Journal of Plant Nutrition*, 41, 2446–2469. doi: 10.1080/01904167.2018.1527935
8. Buerstmayr, H., Krenn, N., Stephan, U., Grausgruber, H., & Zechner, E. (2007). Agronomic performance and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin produced under Central European growing conditions. *Field Crops Research*, 101, 343–351. doi: 10.1016/j.fcr.2006.12.011
9. Hisir, Y., Kara, R., & Dokuyucu, T. (2012). Evaluation of oat (*Avena sativa* L.) genotypes for grain yield and physiological traits. *Žemdirbystė – Agriculture*, 99(1), 55–60.
10. Mut, Z., Akay, H., Doğanay, Ö., & Köse, E. (2018). Grain yield, quality traits and grain yield stability of local oat cultivars. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 18(1), 269–281.
11. Dumlupinar, Z., Kara, R., Dokuyucu T., & Akkaya, A. (2012). Correlation and path analysis of grain yield and yield components of some Turkish oat genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, 44(1), 321–325.
12. Đekić, V., Jelić, M., Popović, V., Đurić, N., Grčak, D., & Grčak, M. (2018). Parameters of grain yield and quality of spring oats. *Proceedings of the Journal of PKB Agroekonomik Institute*, 24(1–2), 81–86.
13. Rafique, H., Dong, R., Wang, X., Alim, A., Aadi, R. M., Li, L., Zou, L., & Hu, X. (2022). Dietary-Nutraceutical Properties of Oat Protein and Peptides. *Frontiers in Nutrition*, 5(9), Article 950400. doi: 10.3389/fnut.2022.950400
14. Smulders, M. J. M., van de Wiel, C. C. M., van den Broeck, H. C., van der Meer, I. M., Israel-Hoewelaken, T. P. M., Timmer, R. D., van Dinter, B.-J., Braun, S., & Gilissen, L. J. W. J. (2018). Oats in healthy gluten-free and regular diets: A perspective. *Food Research International*, 110, 3–10. doi: 10.1016/j.foodres.2017.11.031
15. Yang, Z., Xie, C., Bao, Y., Liu, F., Wang, H., & Wang, Y. (2023). Oat: Current state and challenges in plant-based food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 134, 56–71. doi: 10.1016/j.tifs.2023.02.017
16. Sterna, V., Zute, S., & Brunava, L. (2016). Oat grain composition and its nutrition benefice. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, 252–256. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.02.100
17. Mut, Z., Erbaş Kose, Ö. D., & Akay, H. (2016). Grain yield and some quality traits of different oat (*Avena sativa* L.) genotypes. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, 2(2), 83–88.
18. Duda, M., Tritean, N., Rac, I., Kadar, R., Russu, F., Fitiu, A., & Muntean, E. (2021). Yield Performance of Spring Oats Varieties as a Response to Fertilization and Sowing Distance. *Agronomy*, 11(5), Article 815. doi: 10.3390/agronomy11050815
19. Huza, R., Duda, M., Kadar, R., & Rac, I. (2016). Results regarding the influence of technological factors on spring oat yields. *Research Journal of Agricultural Science*, 48, 57–62.
20. Li, P., Mo, F., Li, D., Ma, B.-L., Yan, W., & Xiong, Y. (2018). Exploring Agronomic Strategies to Improve Oat Productivity and Control Weeds: Leaf Type, Row Spacing, and Planting Density. *Canadian Journal of Plant Science*, 98(5), 1084–1093. doi: 10.1139/cjps-2017-0354
21. Kutlu, I., Gulmezoglu, N., & Smoleń, S. (2023). Comparison of Biologically Active Iodine and Potassium Iodide Treatments in Increasing Grain Iodine Content and Quality of Oats. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42(5), 2776–2786. doi: 10.1007/s00344-022-10744-9
22. Mahmoud, R. M., Rezaq, H., & Al-Jayashi, M. T. (2021). Effect Agricultural Sulfur and Nitrogen on Growth and Yield tressed Oat (*Avena sativa* L.). *Annals of R.S.C.B.*, 25(1), 6073–6079.
23. Wang, S. P., Wang, Y. F., Schnug, E., Haneklaus, S., & Fleckenstein, J. (2002). Effects of Nitrogen and Sulphur Fertilization on Oats Yield and Quality and Digestibility, Nitrogen and Sulphur Metabolism by Sheep in the Inner Mongolia Steppes of China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 62, 95–202. doi: 10.1023/A:1015592423948
24. Rozhkov, A. O. (Ed). (2016). *Research case in agronomy. Book 1: Theoretical aspects of the research case*. Kharkiv: Maidan. [In Ukrainian]
25. Rozhkov, A. O. (Ed). (2016). *Research case in agronomy. Book 2: Statistical processing of the results of agronomic research*. Kharkiv: Maidan. [In Ukrainian]
26. Lohvinov, K. T., Dmytrenko V. P., & Hrushka, I. H. (1976). *Short agroclimatic guide of Ukraine: Guide to the use of hydrometeorological information in agricultural production*. Kyiv: Ukr. NDI hidrometeorolohii. [In Ukrainian]
27. Moore, S., Spackman, D. H., & Stein, W. H. (1958). Chromatography of Amino Acid on Sulfonated Polystyrene Resins. *Analytical Chemistry*, 30(7), 1185–1190. doi: 10.1021/ac60139a005

UDC 631.526.3:631.559:633.13

Kalenska, S. M.*, & **Fediv, R. V.** (2023). Yield and grain quality of oat (*Avena sativa* L.) varieties grown on typical chernozems. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4), 239–246. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.292910>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: svitlana.kalenska@gmail.com

Purpose. To determine the yield potential and grain quality of varieties of oat (*Avena sativa* L.) as a function of the nutritional and climatic conditions. **Methods.** Field, laboratory (grain quality determination) and statistical methods were used in the research. **Results.** Using different fertilization systems, seven oat varieties were studied, of which the most productive were 'Ayvori', 'Lehin Nosivskiy' and 'Zakat'. The greatest increase in yield due to the use of fertilizers in 2022–2023 (1.24–2.73 t/ha with average increases of 0.32–2.83 t/ha) was observed for the cultivation of the 'Ayvori' variety. Additional increases due to the introduction of sulphur, compared to the options where only nitrogen, phosphorus and potassium were used, were observed for the va-

rieties 'Neptun' – 0.26–0.39 t/ha; 'Lehin Nosivskiy' – 0.47–0.49; 'Svitanok' – 0.23–0.66; 'Zakat' – 0.39–0.64; 'Zubr' – 0.41–0.54; 'Albatros' – 0.58–0.78; 'Ayvori' – 0.34–0.66 t/ha. The average yield of the control varieties in 2021–2023 was as follows 2.28 t/ha – 'Neptun'; 2.64 – 'Lehin Nosivskiy'; 2.50 – 'Svitanok'; 2.70 – 'Zakat'; 2.71 – 'Zubr'; 2.60 – 'Albatros'; 2.81 t/ha – 'Ayvori'. Increasing the rate of nutrient application to the soil helped to improve grain quality. Thus, with the addition of $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}BBCH32$ the protein content in the grain was within 10.2–10.8%; $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}BBCH32$ – 10.4–11.2; $N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}BBCH32$ – 11.0–11.8; $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}BBCH32$ – 11.4–12.4%. The addition of sulphur to the fertilization system resulted in a more efficient use of nitro-

gen and therefore an increase in the protein content of the grain of 1.3–1.8% compared to the options where the rate of macronutrients was the same for all varieties. The content of albumins and globulins was higher in the grain of the control variant (17.0–19.3 and 20.1–21.6% respectively) and did not vary significantly between varieties. The amount of reserve proteins – prolamins and glutelins – increased (from 28.4–30.2 to 34.8–36.2%) with an increase in fertilizer rate, especially with the introduction of $N_{120}, P_{120}, K_{120}, S_{45} + N_{30}$.

Conclusions. All investigated oat varieties are highly

productive and give yields in the range of 3.33–5.54 t/ha, depending on the fertilizer rate. The variety 'Neptun' is slightly lower in yield than the others, but has grain with a significant content of biologically valuable protein fractions. The application of sulphur-containing fertilizers increases yield, improves grain quality and allows a more efficient use of nitrogen, which makes it possible to reduce the basic rate of addition of macronutrients to the soil.

Keywords: productivity; variety; sulphur fertilizer; macronutrients; protein; protein fractions.

Надійшла / Received 02.11.2023
Погоджено до друку / Accepted 23.11.2023

Продуктивність пшениці м'якої озимого типу розвитку сорту 'Дума одеська' залежно від особливостей стерньового обробітку ґрунту

М. М. Корхова^{1*}, І. В. Смірнова¹, Н. В. Нікончук¹, Б. М. Макарчук²

¹Миколаївський національний аграрний університет, вул. Г. Гонгадзе, 9, м. Миколаїв, 41400, Україна,

*e-mail: korhovattm@mnau.edu

²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, 69600, Україна

Мета. Визначити вплив поверхневого обробітку ґрунту, який виконують за допомогою різних сільськогосподарських машин, на його забур'яненість, інтенсивність розкладання рослинних решток ячменю озимого та врожайність наступної культури (пшениці озимої сорту 'Дума одеська'). **Методи.** У процесі досліджень послуговувалися загальнонауковими, спеціальними, польовими, математично-статистичними та розрахунково-порівняльними методами. **Результати.** В умовах перенасичення сівозмін зерновими культурами та застосування ресурсоощадних технологій вирощування актуальним є використання нових знарядь для поверхневого стерньового обробітку ґрунту з одночасним його кришенням, підрізанням кореневої системи бур'янів і поживних залишків, частковим їх загортанням і мульчуванням поверхні поля. Упродовж 2021–2022 рр. найбільше розкладання стерні ячменю озимого спостерігали через 21 добу після поверхневого обробітку ґрунту ротаційним подрібнювачем DUCAT RST-6 – у середньому на 5,1–6,5% вищі значення, ніж за використання борони вертикального обробітку DUCAT UVT-6 та короткої дискової борони-луцильника DUCAT-2,5. Найсильніше проростання насіння бур'янів і падалиці (30–37 шт./м²) провокував DUCAT RST-6, найслабше (13–18 шт./м²) – DUCAT-2,5. Максимальну врожайність зерна пшениці озимої сорту 'Дума одеська' (5,63 т/га) у 2022–2023 рр. отримано за поверхневого стерньового обробітку ґрунту агрегатом DUCAT-2,5. **Висновки.** За результатами проведених досліджень визначено, що стерньовий обробіток ґрунту ротаційним подрібнювачем (ножем-ротором) DUCAT RST-6 відразу після збирання попередника (ячменю звичайного озимого типу розвитку) є найсприятливішим для проростання насіння падалиці й бур'янів.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L.; ґрунтообробні агрегати; інтенсивність розкладання соломи; схожість падалиці та бур'янів; густина продуктивного стеблостою; маса зерна з одного колоса; врожайність зерна.

Вступ

Натепер, під час воєнного стану, в сільськогосподарському виробництві України суттєво зменшується використання мінеральних добрив і зростають ціни на пально-мастильні матеріали. Це призводить до низької економічної ефективності вирощування зернових культур, зокрема найголовнішої з них у світі – пшениці озимої [1, 2]. Водночас дедалі більше ґрунтів, особливо на півдні країни, потерпають від ерозії. Саме тому впровадження енергоощадних способів їхнього обробітку, яке дасть змогу збільшити продуктивність сільськогосподарської техніки та залучених ресурсів у процесі вирощування рослин, є особливо важливим в умовах сьогодення [3–5].

Одним зі способів посилення протиерозійної стійкості через зниження механічного навантаження на ґрунти є їхній поверхневий обробіток, що також передбачає створення вирівняного насінневого ложа, забезпечення якісного підрізання бур'янів і рослинних решток попередньої культури й рівномірне їх розподілення на поверхні ґрунту [6, 7].

Мінімальна система обробітку ґрунту передбачає зменшення кількості та глибини обробітків і поєднання декількох операцій в одному робочому процесі, що знижує витрати енергії й часу [8, 9]. Однією з її головних переваг є збереження вологи в посівному шарі, що сприяє вчасному отриманню сходів пшениці озимої [10]. Водночас зменшення глибини обробітку, за даними численних досліджень, спричинює зниження врожайності зерна [11–13].

Проводити обробіток ґрунту рекомендують одразу після збирання попередника, щоб спровокувати проростання насіння бур'янів для їх подальшого знищення та порушити цикли розвитку хвороб і шкідників з метою зменшення їхньої шкідливості в майбутньому [14].

Високій і сталій урожайності в сівозміні степової зони України, ефективній боротьбі з

Margaryta Korkhova

<https://orcid.org/0000-0001-6713-5098>

Iryna Smirnova

<https://orcid.org/0000-0002-8976-3818>

Natalia Nikonchuk

<https://orcid.org/0000-0002-9425-2684>

Bohdan Makarchuk

<https://orcid.org/0009-0003-4957-8399>

ерозією та відновленню родючості чорноземних ґрунтів сприяє їх беззмінний плоскорізний обробіток [15].

Мінімальна система обробітку є перспективною і має більше переваг у зоні Степу, адже передбачає мульчування поверхні післязбиральними рештками (прискорене розкладання яких є дуже важливим) та забезпечує збереження до 25–50 мм вологи [16].

Нульовий обробіток ґрунту, поєднаний зі збереженням у полі пожнивних решток або застосуванням їх як мульчі, допомагає поглинанню значної частини атмосферного CO₂ та підвищує ефективність використання води й поживних речовин [17].

Панфілова А. та ін. [18] установили, що врожайність зерна пшениці озимої після попередника ячменю ярого підвищується на 20,9% за умови дискування решток на глибину 10–12 см та застосування біодеструктора стерні.

Попередніми дослідженнями також визначено ефективність, з якою на агрофізичні властивості ґрунту впливає його поверхневий обробіток різними ґрунтообробними знаряддями. Водночас вплив на розкладання стерні попередника, провокування сходів бур'янів і формування продуктивності наступної куль-

тури (пшениці озимої сорту 'Дума одеська') не встановлено [19].

Мета досліджень – визначити вплив стерньового обробітку ґрунту різними сільськогосподарськими машинами на продуктивність пшениці м'якої озимого типу розвитку сорту 'Дума одеська'.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2021–2023 рр. у Навчально-науково-практичному центрі Миколаївського національного аграрного університету (с. Благодарівка, Миколаївський р-н, Миколаївська обл.), розташованому в зоні Південного Степу України. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем південний важкосуглинковий малогумусний.

Схема дослідів складалася з варіантів стерньового обробітку ґрунту різними сільськогосподарськими машинами, а саме: рублячим ротаційним подрібнювачем (ножем-ротатором) DUCAT RST-6; бороною вертикального обробітку Verti-till (турбодиском) DUCAT UVT-6; короткою дисковою бороною-луцильником (варіодиском) DUCAT-2,5; бороною зубовою пружинною важкою (штригелем) LIRA XL-21. Їхній короткий опис наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Особливості технологічного процесу сільськогосподарських машин для поверхневого обробітку ґрунту

Сільськогосподарські машини	Особливості технологічного процесу
DUCAT RST-6	Суцільне поперечне підрізання рослинних решток і поверхневого шару ґрунту, часткове укриття поверхні добре сплуненими агрегатами, подрібнення та розщеплення стерні.
DUCAT UVT-6	Різальна та розпушувальна дія на поверхневому шарі ґрунту зі стернею, її подрібнення та розщеплення, загортання і розуцільнення нижніх шарів.
DUCAT-2,5	Підрізання ґрунтової скиби зі стернею та бур'янами, інтенсивне кришення ґрунту та перемішування його з рослинними рештками.
LIRA XL-21	Руйнація ґрунтових капілярів, вичісування сходів бур'янів, перерозподіл рослинних решток.

Польові дослідження здійснювали за «Методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин» [20]. Загальна площа ділянки становила 600 м², облікової – 100 м². Повторність дослідів триразова. Варіанти для порівняння розміщували в один ярус у записаній в схемі дослідів послідовності, послуговуючись найпростішим систематичним (послідовним) методом розташування ділянок без стандарту. Цей метод також можна використовувати для земельних масивів з рівномірною родючістю ґрунту, що переважає на полі, де проводили дослідження.

Переважно типові умови випробувань сприяли якісному поверхневому обробітку (глибина – 2,6–4,5 см) ґрунту. Агрофон – стерня ячменю озимого висотою 16,0–16,6 см.

Інтенсивність розкладання пожнивних решток визначали на однотипних ділянках площею 1 м² у поверхневому шарі (0–5 та 0–10 см) у чотирьох повтореннях через 7, 14 і 21 день після підрізання та зароблення в ґрунт.

Відповідно до програми досліджень, кількість насіння падалиці встановлювали методом промивання водою (через сито з отворами 0,25 мм) зразків ґрунту, відібраних буром (об'єм циліндра – 90,4 см³) на двох діагоналях поля з шаром 0–5 см у трьох повтореннях. Облік сходів бур'янів і падалиці проводили кількісно-ваговим методом через 5, 10 і 15 діб після обробітку ґрунту.

Для аналізу впливу стерньового обробітку ґрунту на врожайність пшениці м'якої озимої використали сорт універсального типу для сівби на різних агрофонах і попередниках

‘Дума одеська’ (різновидність – *erythrospermum*), внесений у 2017 р. до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні та вирощування в усіх ґрунтово-кліматичних зонах. Сорт короткостеблового типу, ранньостиглий, виколошується і досягає на два-три дні пізніше ніж ‘Антонівка’; має підвищену потребу в яровизації (50 діб) і відносну чутливість до фотоперіоду, високостійкий проти вилягання та осипання.

Основні елементи продуктивності та врожайність пшениці озимої визначали за Методикою проведення експертизи сортів рослин [21]. Статистично результати досліджень – аналітичний цифровий матеріал – обробляли методом дисперсійного аналізу, використовуючи комп’ютерні програми Microsoft Excel та Agrostat.

Результати досліджень

Результати вивчення особливостей розкладання рослинних решток ячменю озимого в шарі ґрунту (0–5 см) в динаміці (через 7, 14 та 21 добу після поверхневого обробітку різними сільськогосподарськими машинами) представлено в таблиці 2. Так, найінтенсивніше розкладання спостерігали за стерньового обробітку рублячим ротаційним подрібнювачем DUCAT RST-6 – на 0,8; 1,1 і 5,1% та 1,3; 1,9 і 2,3% більше, ніж за умови використання борони вертикального обробітку DUCAT UVT-6 і короткої дискової борони-луцильника DUCAT-2,5 відповідно. Застосування зубової важкої штригельної борони LIRA XL-21 не впливало на розкладання рослинних решток.

Таблиця 2

Динаміка розкладання рослинних решток ячменю звичайного озимого типу розвитку в шарі ґрунту 0–5 см, % від необробленого ґрунту (середнє за 2022–2023 рр.)

Кількість діб після обробітку ґрунту	Сільськогосподарські машини			
	DUCAT RST-6	DUCAT UVT-6	DUCAT-2,5	LIRA XL-21
2021				
7	5,2	3,6	3,1	0,0
14	10,4	8,9	6,9	0,0
21	11,4	10,0	7,8	0,0
2022				
7	1,2	1,0	0,7	0,0
14	2,7	2,9	2,2	0,0
21	7,1	7,8	6,2	0,0
Середнє за 2022–2023 рр.				
7	3,2	2,4	1,9	0,0
14	6,5	5,4	4,6	0,0
21	9,3	4,2	7,0	0,0

Середньодобова температура за звітний період (6–26 липня) 2022 р. становила 25,4 °С, максимальна – 33,5 °С, мінімальна – 17,5 °С;

2023-го – 22,3; 34,8; 8,5 °С відповідно. Кількість опадів – 14,2 мм у 2022-му та 3,6 мм у 2023 р. Отже, умови 2022 р. більше сприяли розкладанню рослинних решток, яке мало показник 7,8–11,4% через 21 добу після стерньового обробітку ґрунту досліджуваними знаряддями.

Найінтенсивніше (4,7–21,7%) ячмінь озимий розкладався в шарі ґрунту 0–10 см (табл. 3); найменше (0,3–0,4% в середньому за роки досліджень) – у варіанті обробітку зубовою важкою штригельною бороною LIRA XL-21. За умови використання короткої дискової борони-луцильника DUCAT-2,5 показники розкладання становили від 5,6 до 11,9%; борони вертикального обробітку DUCAT UVT-6 – 6,1–13,3%; рублячого ротаційного подрібнювача DUCAT RST-6 – від 9,2 до 18,4% у шарі ґрунту 0–1 см через 21 добу після обробітку.

Таблиця 3

Динаміка розкладання рослинних решток ячменю звичайного озимого типу розвитку в шарі ґрунту 0–10 см, % (середнє за 2022–2023 рр.)

Кількість діб після обробітку ґрунту	Сільськогосподарські машини			
	DUCAT RST-6	DUCAT UVT-6	DUCAT-2,5	LIRA XL-21
2021 р.				
7	10,9	7,0	6,4	0,5
14	14,4	9,4	9,8	0,7
21	21,7	15,4	14,3	0,8
2022 р.				
7	7,4	5,2	4,7	0,0
14	11,7	9,8	7,2	0,0
21	15,1	11,1	9,5	0,0
Середнє за 2022–2023 рр.				
7	9,2	6,1	5,6	0,3
14	15,6	11,1	9,0	0,4
21	18,4	13,3	11,9	0,4

Найбільшу кількість (2338,8–2853,3 шт./м²) насіння падалиці, бур’янів та їхніх вегетативних органів, яке разом із насінням плодів є основним джерелом забур’яненості полів, виявлено у варіанті обробітку бороною-луцильником (варіодиском) DUCAT-2,5 в усі дати відбору проб ґрунту; найменшу (2111,5–1981,6 шт./м²) – за використання ножа-ротора DUCAT RST-6 (табл. 4).

Найчисленніші (30 шт./м²) сходи бур’янів і падалиці через 5 днів після обробітку ґрунту були у варіанті з використанням рублячого ротаційного подрібнювача DUCAT RST-6 з трирядним рублячим котком; найменші (13 шт./м²) – варіодиска борони-луцильника DUCAT-2,5 (табл. 5).

Серед досліджуваних сільськогосподарських машин виокремлено ті, що найбільше провокують проростання падалиці (за воло-

Таблиця 4

Засміченість ґрунту насінням падалиці та бур'янів за стерньового обробітку різними сільськогосподарськими машинами (середнє за 2022–2023 рр.)

Сільськогосподарські машини	Кількість днів після обробітку ґрунту	Показники	
		Засміченість ґрунту насінням падалиці та бур'янів у зразку (в шарі 0–10 см), шт.	Кількість насіння падалиці та бур'янів, шт./м ²
DUCAT RST-6	5	67	2111,5
	10	65	2046,5
	15	63	1981,6
DUCAT UVT-6	5	71	2273,9
	10	70	2208,9
	15	68	2143,9
DUCAT-2,5	5	73	2338,8
	10	72	2306,3
	15	70	2853,3
LIRA XL-21	5	70	2208,9
	10	67	2111,4
	15	64	2046,5

Таблиця 5

Схожість насіння падалиці та бур'янів залежно від поверхневого обробітку ґрунту різними сільськогосподарськими машинами (середнє за 2022–2023 рр.)

Сільськогосподарські машини	Кількість днів після обробітку ґрунту	Показники		
		Кількість сходів падалиці та бур'янів, шт./м ²	Маса сходів падалиці та бур'янів (сира), г/м ²	Схожість насіння падалиці та бур'янів, %
DUCAT RST-6	5	30	185,4	4,91
	10	33	277,5	
	15	37	392,1	
DUCAT UVT-6	5	19	163,0	3,14
	10	23	258,9	
	15	27	363,7	
DUCAT-2,5	5	13	67,9	1,84
	10	15	91,5	
	15	18	109,7	
LIRA XL-21	5	21	36,5	3,65
	10	27	73,1	
	15	29	129,7	

гої погоди проростає впродовж 10 днів після збору врожаю та стерньового обробітку) й бур'янів. Зокрема, найефективнішим був рублячий ротаційний подрібнювач DUCAT RST-6 з трирядним котком, схожість насіння за використання якого становила 4,91%; пружинна зубова борона LIRA XL-21 мала показник 3,65%; варіодиск борона-луцильник DUCAT-2,5 – 1,84%.

Найбільшу масу бур'янів через 5 і 10 днів після обробітку ґрунту отримали завдяки використанню рублячого ротаційного подрібнювача DUCAT RST-6 з трирядним котком (185,4 та 277,5 г/м² відповідно). Найнижчу вагу (36,5 і 71,3 г/м²) спостерігали через 5 і 10 днів після застосування борони зубової пружинної LIRA XL-21, а через 15 днів – короткої борони-луцильника DUCAT-2,5.

Сільськогосподарські машини для обробітку ґрунту також по-різному впливають на продуктивність рослин пшениці озимої сорту 'Дума одеська'. Зокрема, найбільше продуктивних стебел (634 шт./м² у 2023 р.) сформовано за використання короткої дискової борони-луцильника DUCAT-2,5; най-

менше (459 шт./м² у 2022 р.) – рублячого ротаційного подрібнювача DUCAT RST-6 та важкої пружинної зубової борони LIRA XL-21 (табл. 6).

Таблиця 6

Густина продуктивного стеблостою пшениці озимої сорту 'Дума одеська' залежно від поверхневого обробітку ґрунту різними сільськогосподарськими машинами, шт./м² (середнє за 2022–2023 рр.)

Сільськогосподарські машини	2022 р.	2023 р.	Середнє за 2022–2023 рр.
DUCAT RST-6	459	617	538
DUCAT UVT-6	478	598	538
DUCAT-2,5	499	634	567
LIRA XL-21	459	582	521
Середнє	474	474	608
НІР _{0,05} (шт./м ²)	13,8	14,5	14,0

Отже, в середньому за 2022–2023 рр. найвищу густоту продуктивного стеблостою рослин пшениці озимої (567 шт./м²) одержано за поверхневого обробітку ґрунту короткою бороною-луцильником DUCAT-2,5; найнижчу (521 шт./м²) – зубовою пружинною бороною LIRA XL-21.

Залежно від варіантів обробітку ґрунту та року досліджень маса зерна з одного колоса рослин пшениці варіювалася від 0,96 до 1,06 г/колос та в середньому у 2023 р. була на 9,4% вищою ніж у 2022 р. (табл. 7). Найбільше усереднене значення (1,02 г/колос) отримано у варіанті з обробітком трирядним рублячим котком DUCAT RST-6; найменше (1,00 г/колос) – короткою бороною-луцильником DUCAT-2,5.

Таблиця 7

Маса зерна з одного колоса пшениці озимої сорту 'Дума одеська' залежно від поверхневого обробітку ґрунту різними сільськогосподарськими машинами, г/колос (середнє за 2022–2023 рр.)

Сільськогосподарські машини	2022 р.	2023 р.	Середнє за 2022–2023 рр.
DUCAT RST-6	0,98	1,05	1,02
DUCAT UVT-6	0,97	1,05	1,01
DUCAT-2,5	0,96	1,04	1,00
LIRA XL-21	0,96	1,06	1,01
Середнє	0,97	0,97	1,05
HIP _{0,05} (г/колос)	0,01	0,01	0,01

Установлено вплив стерньового обробітку ґрунту різними сільськогосподарськими машинами на врожайність наступної культури – пшениці озимої сорту 'Дума одеська'. Зокрема, у середньому за два роки досліджень найбільші показники (5,63 т/га) сформовано завдяки обробітку короткою дисковою бороною-луцильником DUCAT-2,5 – на 0,20; 0,22; 0,38 т/га більше, ніж за використання рублячого ротаційного подрібнювача DUCAT RST-6, борони вертикального обробітку DUCAT UVT-6 та борони зубової важкої LIRA XL-21 відповідно. Поступався іншим на 0,05–0,41 т/га й загалом продемонстрував найнижчу врожайність (4,39 т/га у 2022 р. та 6,10 т/га у 2023 р.) варіант, де застосовували агрегат LIRA XL-21 (табл. 8).

Таблиця 8

Урожайність зерна пшениці озимої сорту 'Дума одеська' залежно від поверхневого обробітку ґрунту різними сільськогосподарськими машинами, т/га (середнє за 2022–2023 рр.)

Сільськогосподарські машини	2022 р.	2023 р.	Середнє за 2022–2023 рр.
DUCAT RST-6	4,44	6,41	5,43
DUCAT UVT-6	4,57	6,24	5,41
DUCAT-2,5	4,75	6,51	5,63
LIRA XL-21	4,39	6,10	5,25
Середнє	4,54	6,32	5,43
HIP _{0,05} (т/га)	0,16	0,09	0,10

Висновки

За результатами проведених досліджень визначено, що для формування більшої про-

дуктивності пшениці озимої сорту 'Дума одеська' (попередник – ячмінь озимий) в умовах Південного Степу України під час мінімального стерньового обробітку ґрунту варто застосовувати коротку дискову бороною-луцильником DUCAT-2,5, оскільки саме цей агрегат сприяв одержанню максимальної кількості продуктивних стебел (567 шт./м²) і врожайності зерна (5,63 т/га).

Використана література

- Mbah R. E. Wasum D. F. Russian-Ukraine 2022 War: A Review of the Economic Impact of Russian-Ukraine Crisis on the USA, UK, Canada, and Europe. *Advances in Social Sciences Research Journal*. 2022. Vol. 9, Iss. 3. P. 144–153. doi: 10.14738/ass-rj.93.12005
- Li S., Wang S., Shi J. et al. Economic, energy and environmental performance assessment on wheat production under water-saving cultivation strategies. *Energy*. 2022. Vol. 261. Article 125330. doi: 10.1016/j.energy.2022.125330
- Alimova F. A., Primkulov B. Sh. Investigations of technological process work of the energy-saving combination aggregate for re-sowing the seeds. *International Journal of Advanced Science and Technology*. 2020. Vol. 29, Iss. 9s. P. 5770–5779.
- Kucher A., Kucher L., Sysoieva I., Pohrishchuk V. Economics of soil erosion: case study of Ukraine. *Agricultural and Resource Economics International Scientific E-Journal*. 2021. Vol. 7, Iss. 4. P. 27–41. doi: 10.51599/are.2021.07.04.02
- Цилюрик О. І., Горщар В. І., Румбах М. Ю., Котченко М. В. Системи сівозмін та обробітку ґрунту у Степу України. *Розвиток Придніпровського регіону: агроекологічний аспект / за заг. ред. А. С. Кобця*. Дніпро: Ліра, 2021. С. 467–510.
- Silva T. P., Bressiani D., Ebling E. D., Reichert J. M. Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production. *International Soil and Water Conservation Research*. 2023. doi: 10.1016/j.iswcr.2023.06.003 [In Press]
- Hou S., Wang S., Ji Z., Zhu X. Design and Test of the Clearing and Covering of a Minimum-Tillage Planter for Corn Stubble. *Agriculture*. 2022. Vol. 12, Iss. 8. Article 1209. doi: 10.3390/agriculture12081209
- Volt V., Wollnerova J., Fuksa P., Hruska M. Influence of Tillage on the Production Inputs, Outputs, Soil Compaction and GHG Emissions. *Agriculture*. 2021. Vol. 11, Iss. 5. Article 456. doi: 10.3390/agriculture11050456
- Rouge A., Adeux G., Busset H. et al. Carry-over effects of cover crops on weeds and crop productivity in no-till systems. *Field Crops Research*. 2023. Vol. 295. Article 108899. doi: 10.1016/j.fcr.2023.108899
- Польовий В. М., Фурманець М. Г., Сніжок О. В. Вплив обробітку ґрунту та побічної продукції на врожайність пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 3. С. 28–34. doi: 10.31073/agrovisnyk202303-04
- Центило Л. В., Шило С. Л. Продуктивність пшениці озимої на чорноземі типовому Правобережного Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 92–96. doi: 10.32848/agrar.innov.2021.10.15
- Wang Y., Liu H., Huang Y. et al. Effects of cultivation management on the winter wheat grain yield and water utilization efficiency. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9, Iss. 1. Article 12733. doi: 10.1038/s41598-019-48962-z
- Wozniak A., Rachon L. Effect of Tillage Systems on the Yield and Quality of Winter Wheat Grain and Soil Properties. *Agriculture*. 2020. Vol. 10, Iss. 9. Article 405. doi: 10.3390/agriculture10090405
- Li J., Wang Y.-k., Guo Z. et al. Effects of Conservation Tillage on Soil Physicochemical Properties and Crop Yield in an Arid

- Loess Plateau, China. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10, Iss. 1. Article 4716. doi: 10.1038/s41598-020-61650-7
15. Prymak I., Grabovskyi M., Fedoruk Y. et al. Productivity of grain ear crops and post-harvest white mustard on green fertilizer depending on the systems of soil basic tillage in the forest Steppe of Ukraine. *Scientific Papers. Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2023. Vol. 23, Iss. 1. P. 669–681.
 16. Tsyliuryk O. I., Kotchenko M. V., Horshchar V. I., Rumbakh M. Y., Izhboldin O. O., Izhboldina O. O. Mulch tillage – principle of preservation of chernozem of the northern steppe of Ukraine. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2022. Vol. 118, Iss. 4. P. 1–12. doi: 10.14720/aas.2022.118.4.1957
 17. Hussain S., Hussain S., Guo R. et al. Carbon Sequestration to Avoid Soil Degradation: A Review on the Role of Conservation Tillage. *Plants*. 2021. Vol. 10, Iss. 10. Article 2001. doi: 10.3390/plants10102001
 18. Панфілова А. В., Гамаюнова В. В., Дробітько А. В. Урожайність пшениці озимої залежно від попередника та біодеструктора стерні. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 3. С. 18–25. doi: 10.31210/visnyk2019.03.02
 19. Nikonchuk N., Korkhova M., Pismenniy O., Smirnova I., Shustik L. Agrophysical Properties of the Soil Depending on the Surface Treatment with Various Tillage Units. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. Vol. 26, Iss. 2. P. 16–23. doi: 10.56407/2313-092X/2022-26(2)-2
 20. Ткачик С. О., Присажнюк О. І., Лещук Н. В. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 119 с.
 21. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 82 с.
- ## References
1. Mbah, R. E., & Wasum, D. F. (2022). Russian-Ukraine 2022 War: A Review of the Economic Impact of Russian-Ukraine Crisis on the USA, UK, Canada, and Europe. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 9(3), 144–153. doi: 10.14738/assrj.93.12005
 2. Li, S., Wang, S., Shi, J., Tian, X., & Wu, J. (2022). Economic, energy and environmental performance assessment on wheat production under water-saving cultivation strategies. *Energy*, 261, Article 125330. doi: 10.1016/j.energy.2022.125330
 3. Alimova, F. A., & Primkulov, B. Sh. (2020). Investigations of technological process work of the energy-saving combination aggregate for re-sowing the seeds. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(9s), 5770–5779.
 4. Kucher, A., Kucher, L., Sysoieva, I., & Pohrishchuk, B. (2021). Economics of soil erosion: case study of Ukraine. *Agricultural and Resource Economics International Scientific E-Journal*, 7(4), 27–41. doi: 10.51599/are.2021.07.04.02
 5. Tsyliuryk, O. I., Horshchar, V. I., Rumbakh, M. Yu., & Kotchenko, M. V. (2021). Systems of crop rotation and soil cultivation in the Steppe of Ukraine. In *Rozvytok Prydniprovskoho rehionu: ahroekologichnyi aspekt* [Development of the Dnipro region: agroecological aspect] (pp. 467–510). Dnipro: Lira. [In Ukrainian]
 6. Silva, T. P., Bressiani, D., Ebling, E. D., & Reichert, J. M. (2023). Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production. *International soil and water conservation research*. doi: 10.1016/j.iswcr.2023.06.003 [In Press]
 7. Hou, S., Wang, S., Ji, Z., & Zhu, X. (2022). Design and Test of the Clearing and Covering of a Minimum-Tillage Planter for Corn Stubble. *Agriculture*, 12(8), Article 1209. doi: 10.3390/agriculture12081209
 8. Volt, V., Wollnerova, J., Fuksa, P., & Hruska, M. (2021). Influence of Tillage on the Production Inputs, Outputs, Soil Compaction and GHG Emissions. *Agriculture*, 11(5), Article 456. doi: 10.3390/agriculture11050456
 9. Rouge, A., Adeux, G., Busset, H., Hugard, R., Martin, J., Matejicek, A., Moreau, D., Guillemain, J.-P., & Cordeau, S. (2023). Carry-over effects of cover crops on weeds and crop productivity in no-till systems. *Field Crops Research*, 295, Article 108899. doi: 10.1016/j.fcr.2023.108899
 10. Polovyi, V. M., Furmanets, M. H., & Snizhok, O. V. (2023). The influence of tillage and by-products on the yield of winter wheat in the conditions of the Western Forest Steppe. *Bulletin of Agricultural Science*, 3, 28–34. doi: 10.31073/agrovisnyk202303-04
 11. Tsentylo, L. V., & Shylo, S. L. (2021). Productivity of winter wheat on chernozem typical soil Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Agrarian Innovations*, 10, 92–96. doi: 10.32848/agra.innov.2021.10.15
 12. Wang, Y., Liu, H., Huang, Y., Wang, J., Wang, Z., Gu, F., Xin, M., Kang, G., Feng, W., & Guo, T. (2019). Effects of cultivation management on the winter wheat grain yield and water utilization efficiency. *Scientific Reports*, 9, Article 12733. doi: 10.1038/s41598-019-48962-z
 13. Wozniak, A., & Rachon, L. (2020). Effect of Tillage Systems on the Yield and Quality of Winter Wheat Grain and Soil Properties. *Agriculture*, 10(9), Article 405. doi: 10.3390/agriculture10090405
 14. Li, J., Wang, Y., Guo, Z., Li, J., Tian, C., Hua, D., Shi, C., Wang, H., Han, J., & Xu, Y. (2020). Effects of Conservation Tillage on Soil Physicochemical Properties and Crop Yield in an Arid Loess Plateau, China. *Scientific Reports*, 10, Article 4716. doi: 10.1038/s41598-020-61650-7
 15. Prymak, I., Grabovskyi, M., Fedoruk, Y., Lozynskyi, M., Panchenko, T., Yezerkovska, L., ... Shubenko, I. (2023). Productivity of grain ear crops and post-harvest white mustard on green fertilizer depending on the systems of soil basic tillage in the forest Steppe of Ukraine. *Scientific Papers. Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 23(1), 669–681.
 16. Tsyliuryk, O. I., Kotchenko, M. V., Horshchar, V. I., Rumbakh, M. Y., Izhboldin, O. O., & Izhboldina, O. O. (2022). Mulch tillage – principle of preservation of chernozem of the northern steppe of Ukraine. *Acta Agriculturae Slovenica*, 118(4), 1–12. doi: 10.14720/aas.2022.118.4.1957
 17. Hussain, S., Hussain, S., Guo, R., Sarwar, M., Ren, X., Krstic, D., ... El-Esawi, M. A. (2021). Carbon Sequestration to Avoid Soil Degradation: A Review on the Role of Conservation Tillage. *Plants*, 10(10), Article 2001. doi: 10.3390/plants10102001
 18. Panfilova, A. V., Gamayunova, V. V., & Drobotko, A. V. (2019). The yield of winter wheat depending on its fore-crop and stubble biodestructor. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 18–25. doi: 10.31210/visnyk2019.03.02
 19. Nikonchuk, N., Korkhova, M., Pismenniy, O., Smirnova, I., & Shustik, L. (2022). Agrophysical Properties of the Soil Depending on the Surface Treatment with Various Tillage Units. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 26(2), 16–23. doi: 10.56407/2313-092X/2022-26(2)-2
 20. Tkachyk, S. O., Prysazhniuk, O. I., & Leshchuk, N. V. (2017). *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna* [Methodology for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part] (4th ed. and enl.). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
 21. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methodology for examination of plant varieties of the cereal, grain and leguminous group for suitability for distribution in Ukraine]. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]

UDC 633.11:631.559.811

Korkhova, M. M.^{1*}, Smirnova, I. V.¹, Nikonchuk, N. V.¹, & Makarchuk, B. M.² (2023). Productivity of the soft winter wheat cultivar 'Duma Odeska' depending on the characteristics of stubble tillage. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4), 247–253. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291230>

¹Mykolaiv National Agrarian University, 9 H. Honhadze St., Mykolaiv, 41400, Ukraine, *e-mail: korhovamm@mnau.edu

²Dmytro Motomyi Tavria state agrotechnological university St. Zhukovsky, 66, Zaporizhzhia, 69600, Ukraine

Purpose. To determine the effect of surface soil tillage, carried out with the help of various agricultural machines, on its weediness, the intensity of decomposition of plant residues of winter barley and the yield of the next crop (winter wheat variety 'Duma Odeska'). **Methods.** General scientific, special, field, mathematical-statistical and computational-comparative methods were used in the research. **Results.** In the conditions of oversaturation of crop rotations and application of resource-saving cultivation technologies, the use of new tools for surface tillage with its simultaneous crushing, cutting of the root system of weeds and crop residues, their partial wrapping and mulching of the field surface is relevant. In 2021–2022, the greatest decomposition of winter barley stubble was observed 21 days after surface tillage with the DUCAT RST-6 rotary harrow – on average 5.1–6.5%

higher values than when using the DUCAT UVT-6 vertical tillage harrow and the DUCAT-2.5 short disc harrow. The DUCAT RST-6 caused the highest weed and carrion seed germination (30–37 pcs/m²), the DUCAT-2.5 the lowest (13–18 pcs/m²). The highest grain yield of winter wheat of the variety 'Duma Odeska' (5.63 t/ha) in the years 2022–2023 was achieved by surface stubble cultivation with the DUCAT-2.5 implement. **Conclusions.** According to the results of the conducted researches it was established that the stubble tillage with the rotary harvester DUCAT RST-6 immediately after the harvest of the preceding crop (winter barley) is the most favourable for the germination of carrion and weed seeds.

Keywords: *Triticum aestivum L.*; tillage units; intensity of straw decomposition; carrion and weed germination; density of productive stem; grain weight of one ear; grain yield.

Надійшла / Received 09.10.2023

Погоджено до друку / Accepted 21.11.2023

Формування врожайності та якості насіння сортів льону олійного (*Linum humile* Mill.) в умовах Західного Лісостепу України

П. П. Ляльчук^{1*}, М. І. Бахмат¹, Б. М. Макаrchук²

¹Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», вул. Шевченка, 13, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., 32316, Україна, *e-mail: mr.lialchuk@gmail.com

²Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна

Мета. Встановити особливості формування врожайності та якості насіння сортів льону олійного (*Linum humile* Mill.) в умовах Західного Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили впродовж 2020–2021 рр. на дослідному полі Хмельницької філії Українського інституту експертизи сортів рослин (с. Требухівці, Летичівський р-н, Хмельницька обл.). Сівбу здійснювали в другій декаді квітня, норма висіву насіння – 8 млн шт./га. Предметом досліджень були сорти льону олійного 'Орфей', 'Світлозір' і 'Водограй'. Закладання дослідів, оцінювання матеріалу, фенологічні спостереження та біометричні вимірювання рослин, збирання врожаю виконували відповідно до «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин групи технічних і кормових на придатність до поширення в Україні». Показники якості насіння льону олійного визначали згідно з «Методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні». **Результати.** Оптимальні умови Західного Лісостепу України сприяли своєчасному настанню фенологічних фаз росту та розвитку, а також несуттєвому варіюванню тривалості періоду вегетації (від 96 до 99 діб) рослин льону олійного. Їхню продуктивність оцінювали за такими показниками, як кількість коробочок і маса насіння з однієї рослини. За умови сівби 25 квітня та норми висіву насіння 8,0 млн шт./га найвищою врожайністю характеризувався сорт 'Світлозір' (1,45 т/га), найнижчою – 'Орфей' (0,8 т/га). Оцінювання за біохімічними показниками та визначення вмісту сирого протеїну, олії й жирних кислот (пальметинової, стеаринової, олеїнової, лінолевої, ліноленової, гондоїнової, ейкозенової та ерукової) здійснювали для сортів 'Орфей', 'Світлозір' і 'Водограй'. Так, 'Орфей' характеризувався найбільшою кількістю білка в насінні – 24,15%; 'Світлозір' мав показник 22,74%; 'Водограй' – 22,26%. Високою часткою олії в перерахунку на абсолютно суху речовину відзначився 'Водограй' – 45,6%, що на 2,19% більше ніж в сорту 'Орфей'. Уміст ліноленової кислоти варіювався від 45,703 ('Орфей') до 48,261% ('Світлозір'), а ерукову протягом досліджень не виявлено в жодному з сортів. **Висновки.** Сорти 'Орфей', 'Світлозір' і 'Водограй' характеризувалися понад 35%-м умістом олії в насінні, що відповідає вимогам ДСТУ 7577:2014, та забезпечили якість товарної продукції льону олійного.

Ключові слова: сорт; насіння; продуктивність; біохімічні показники; протеїн; олійність; жирні кислоти.

Вступ

Льон – найдавніша культивована людиною рослина, яку початково використовували у промисловості для створення фарб, лаків, волокна й натуральних виробів. Ляняне волокно є цінним компонентом для автомобільної та будівельної галузей, зокрема його застосовують у процесі виготовлення вторинного композитного матеріалу [1].

З агрономічного погляду льон здатний адаптуватися до локальних умов і формувати високі та якісні врожаї навіть за негативного впливу природних факторів [2, 3]. Також з цієї культури отримують цінні, широко застосовувані в переробній, лікар-

ській і харчовій галузях технічну та харчову олії [4–7].

Нині особливо актуальними є дослідження якісного складу насіння льону, що слугує для споживачів природним джерелом найважливіших жирних кислот, понад 50% від загального вмісту яких становлять омега-6 та омега-3, необхідні для покращення й підтримання здоров'я людини [5, 6]. За кількістю ненасичених жирних кислот ляняна олія удвічі переважає рибацький жир. Вона є особливо корисною для живлення мозку та покращення розумової діяльності [7].

Загальна площа льону олійного у світі становить орієнтовно 6 млн га. Найбільше його вирощують у США, Індії, Канаді та Аргентині. Середня світова врожайність насіння – 0,5–0,6 т/га. В Україні ця культура поширена в степовій і лісостеповій зонах, а її врожаї в кращих господарствах можуть досягати понад 2,0 т/га [3]. Через велику контрастність ґрунтово-кліматичних і погодних умов у період вегетації рослин за роками необхідно мати кілька типів

Petro Lialchuk

<https://orcid.org/0000-0002-2550-6871>

Mykola Bakhmat

<https://orcid.org/0000-0001-6119-9218>

Bohdan Makarchuk

<https://orcid.org/0009-0003-4957-8399>

сортів льону олійного для забезпечення стабільної врожайності та якості [8–14].

На думку багатьох дослідників, зовнішні фактори, зокрема й ґрунтово-кліматичні умови, в період інтенсивного росту рослин сильно впливають на формування якості насіння та можуть значно обмежувати реалізацію потенційних можливостей сорту [15]. Льон не дуже вимогливий до температурного режиму, проте в умовах Передкарпаття високі температури під час вегетації сприяють формуванню більшої кількості коробочок, а тому й значної маси насіння з рослини [10]. Високі середні значення морфологічних показників прямо пов'язані з урожайністю, що свідчить про великі потенційні можливості сортів.

Вчені вважають, що використовуючи селекційну стратегію, базовану на відборі рослин за кількістю на них розгалужень і коробочок, а також за масою 1000 насінин і чисельністю останніх в коробочці, можна збільшити врожай льону олійного [16–22]. Оскільки ця цінна культура є досить пластичною та стійкою проти низьких температур повітря (особливо в початковий період вегетації), актуальним є розроблення основних технологічних заходів для її вирощування в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [20, 21].

Висока чутливість окремих сортів до несприятливих факторів помітно звужує ареал їхнього поширення в різні екологічні зони. Саме тому збільшення можливостей реакції сортів на умови зовнішнього середовища є основним завданням селекціонерів [19–22]. Продуктивність льону олійного – комплексна ознака, яка значною мірою залежить від його насінневої продуктивності – кількості коробочок на рослині та насінин у коробочці, а також маси 1000 насінин і насіння з однієї рослини. Тому вив-

чення взаємозв'язків між елементами продуктивності відіграє важливу роль у селекційній роботі з досліджуваною культурою для одержання її високих урожаїв [3]. Останні можна збільшити й поліпшити за якістю, створивши оптимальні умови для росту та розвитку рослин, що також сприятиме реалізації біологічного потенціалу льону олійного [15].

Звернути увагу науки та виробництва на основні елементи технології вирощування, а також визначити стабільність сортів льону олійного можна, випробовуючи та оцінюючи їх за якісними показниками товарної продукції в конкретних умовах вирощування [20, 21].

Мета досліджень – встановити особливості формування врожайності та якості насіння сортів льону олійного (*L. humile*) в умовах Західного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2020–2021 рр. на дослідному полі Хмельницької філії Українського інституту експертизи сортів рослин (с. Требухівці, Летичівський р-н, Хмельницька обл.), що за сумою середніх добових температур понад 10 °С і ступенем зволоження належить до північного помірно-теплого вологого агрокліматичного району Хмельницької області. Клімат помірно континентальний, середньорічна температура – 6–7 °С, сума опадів – 510–580 мм.

Ґрунти – чорноземи типові малогумусні слабозмиті легкосуглинкові на карбонатних лесоподібних суглинках, що характеризуються такими показниками: рН – 5,9, вміст гумусу – 2,9%, азоту – 112,0 мг/кг, фосфору – 106,0, калію – 84 мг/кг. Згідно з агрохімічним обстеженням і паспортизацією земель, ґрунти господарства є середніми за якістю (VI клас).

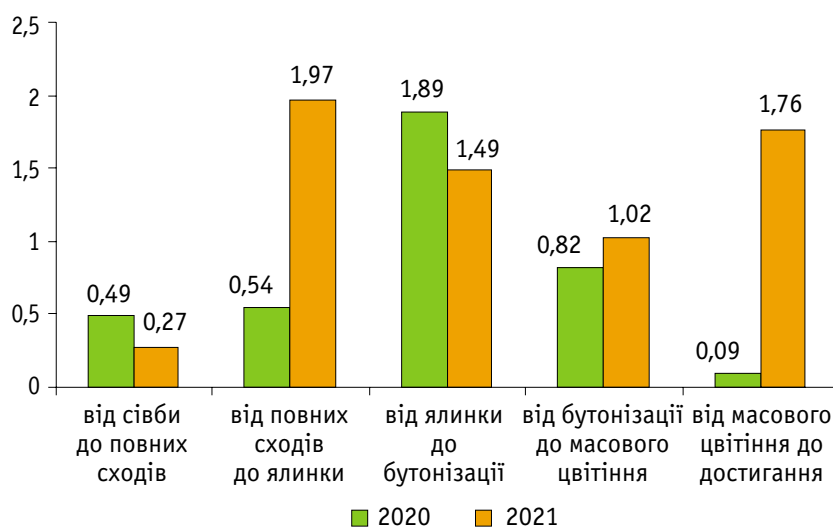


Рис. 1. Гідротермічний коефіцієнт у розрізі фенологічних стадій росту й розвитку сортів льону олійного за період 2020–2021 рр.

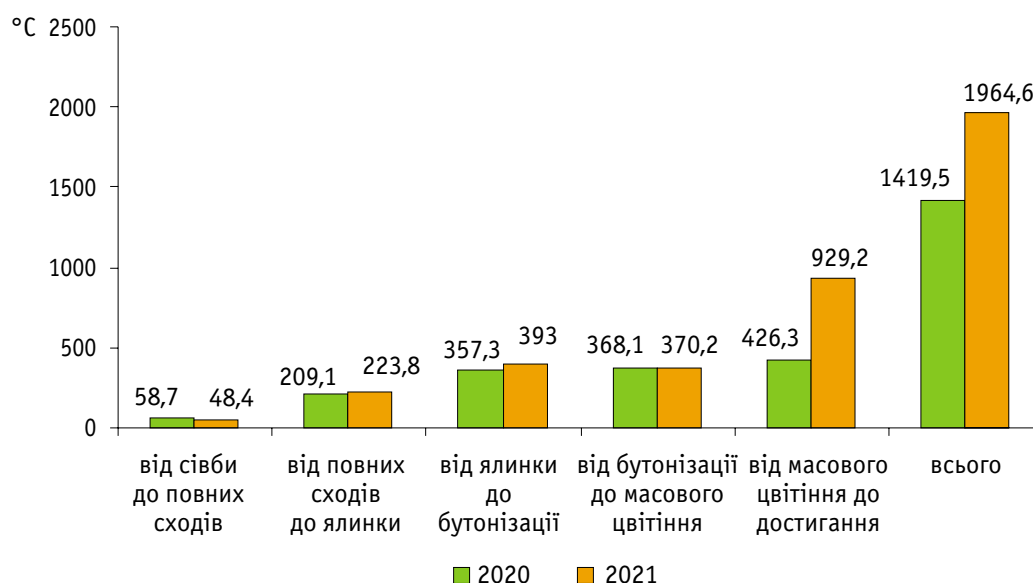


Рис. 2. Сума активних температур у розрізі фенологічних стадій росту й розвитку сортів льону олійного за період 2020–2021 рр.

Погодні умови за роки досліджень були сприятливими для росту та розвитку рослин льону олійного, про що свідчать подані на рис. 1, 2 і в табл. 1 результати метеорологічних спостережень у міжфазні періоди та в період вегетації загалом.

Таблиця 1

Кількість опадів у розрізі фенологічних фаз росту й розвитку

Код	Назва фенологічної стадії	Рік	
		2020	2021
1	Від сівби до повних сходів	2,9	23,5
2	Від повних сходів до ялинки	30,4	45,4
3	Від ялинки до бутонізації	67,7	58,7
4	Від бутонізації до масового цвітіння	30,3	37,9
5	Від масового цвітіння до досягання	3,7	163,9

Предметом досліджень були сорти льону олійного вітчизняної селекції 'Орфей', 'Водограй' і 'Світлозір' (оригінація – Інститут олійних культур НААН), внесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

'Орфей' – середньостиглий сорт. Тривалість періоду вегетації – 87–89 днів. Квітка блакитна, середньої величини, насіння помірно коричневе. Висота рослин – 55–58 см. Маса 1000 насінин – 7,5–7,9 г. Урожайність – 1,8–2,0 т/га. Вміст олії в насінні – 47–48%.

'Водограй' – середньостиглий сорт. Тривалість періоду вегетації – 87–89 днів. Квітка середньої величини, забарвлення пелюсток віночка блакитне, пиляки сині, насіння помірно коричневе. Висота рослин – 54–60 см. Маса 1000 насінин – 7,5–8,0 г. Урожайність – 2,0–2,5 т/га. Вміст олії в насінні – 48–50%, ліноленової кислоти в олії – понад 70%.

'Світлозір' – середньостиглий сорт із чіткими маркерними ознаками, а саме: білим забарвленням пелюсток віночка і жовтим насінням. Тривалість періоду вегетації – 86–87 днів. Висота рослин – 53–57 см. Маса 1000 насінин – 9,0–9,5 г. Вміст олії в насінні – 48–50%, ліноленової кислоти в олії – 68–70%. Урожайність – 2,0–2,5 т на гектар.

Сівбу здійснювали у другій декаді квітня звичайним рядковим способом з міжряддям 15 см. Норма висіву насіння – 8 млн шт./га. Загальна посівна площа ділянки – 57,2 м² (2,86 × 20 м), облікова – 50 м² (2,50 × 20 м). Повторність дослідів чотириразова; варіанти розміщували, послуговуючись методом розщеплених ділянок. Агротехніка вирощування культури була загальноприйнятною для зони Лісостепу. Попередником слугувала озима пшениця. Фенологічні спостереження у процесі росту та розвитку рослин льону олійного проводили в такі фази:

Сівба (20.04)	Сходи (25.04–28.04)
Сходи (25.04–28.04)	Ялинка (15.05–18.05)
Ялинка (15.05–18.05)	Бутонізація (08.06–12.06)
Бутонізація (08.06–12.06)	Цвітіння (25.06–30.06)
Цвітіння (25.06–30.06)	Досягання (30.07–05.08)

Закладання дослідів, оцінювання матеріалу, фенологічні спостереження та біометричні вимірювання рослин, збирання врожаю виконували відповідно до «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин групи технічних і кормових на придатність до поширення в Україні» [23].

Визначення показників якості насіння льону олійного здійснювали згідно з ДСТУ

Таблиця 2

Фенологічні фази росту й розвитку рослин льону олійного (середнє за 2020–2021 рр.)

Міжфазний період	Роки досліджень	Календарні дати настання фаз	Тривалість міжфазного періоду, діб
Сівба – сходи	2020	20.04–25.04	5
	2021	20.04–28.04	8
Сходи – ялинка	2020	25.04–15.05	20
	2021	28.04–18.05	20
Ялинка – бутонізація	2020	15.05–08.06	24
	2021	18.05–12.06	25
Бутонізація – цвітіння	2020	08.06–25.06	17
	2021	12.06–30.06	18
Цвітіння – досягання	2020	25.06–30.07	35
	2021	30.06–05.08	36
Вегетаційний період загалом	2020	25.04–30.07	96
	2021	28.04–05.08	99

4967-2008 за «Методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва» [24, 25].

Для статистичного аналізу отриманих результатів використовували сучасні комплекси дисперсійного та кореляційного аналізів, розроблені вітчизняними й іноземними науковцями. Статистичне оброблення результатів експериментальних досліджень виконували методом дисперсійного аналізу, застосовуючи комп'ютерні програми Agrostat і Statistica 10.0 [15].

Результати досліджень

Встановлено, що на ріст і розвиток рослин льону олійного впливають не лише спадкові ознаки сортів, але й умови зони вирощування. Сорти 'Орфей', 'Водограй' і 'Світлозір' належать до степового еко типу (тривалість періоду вегетації – від 96 до 99 діб) та можуть бути рекомендовані до вирощування в західних регіонах України, зокрема Західному Лісостепу, де біологічні особливості ботанічного таксона *L. humile* сприяли завершенню повного циклу росту та розвитку рослин (від насіння до насіння).

Погодні умови 2020 року характеризувалися суттєвим варіюванням середньодобових температур повітря та їхніми високими значеннями (15 °C) у другій і третій декадах квітня, що за повної відсутності (друга декада квітня) або малої кількості опадів (3,8 мм у третій декаді квітня) негативно вплинуло на ріст і розвиток рослин льону олійного на початковій стадії.

Сприятливішим для формування врожайності та якості насіння був 2021 р. Середньодобові температури (8,5 і 7,4 °C) та кількість опадів (52,6 і 49,7 мм) двох декад квітня майже не відрізнялися від середньобагаторічних величин. Це позитивно вплинуло на отримання дружних сходів і забезпечило формування оптико-біологічної структури посіву.

З травня до червня відбувається інтенсивний ріст льону олійного. Саме в цей період споживання води рослинами досягає свого максимуму, тому для отримання високих та якісних врожаїв необхідне достатнє й рівномірне зволоження [26, 29–31, 34–36].

Сівба льону в другій декаді квітня спричинила незначне варіювання тривалості періоду вегетації – від 96 до 99 діб. Умови Лісостепу були оптимальними для росту та розвитку рослин, про що свідчать календарні дати настання відповідних фенологічних фаз (табл. 2).

Досліджено такі елементи продуктивності льону олійного, як кількість коробочок на одній рослині, маса насіння з рослин і врожайність (табл. 3).

Таблиця 3

Продуктивність сортів льону олійного (середнє за 2020–2021 рр.)

Сорти	Кількість коробочок на рослині, шт.	Маса насіння з рослини, г	Урожайність, т/га
'Орфей'	15,7	0,62	0,8
'Водограй'	18,2	1,64	1,1
'Світлозір'	33,8	3,71	1,45
НІР _{0,05}	0,9	0,04	0,18

Так, кількість коробочок на одній рослині варіювалася від 15,7 ('Орфей') до 33,8 шт. ('Світлозір').

Одна рослина залежно від сорту в середньому забезпечувала від 0,62 до 3,71 г насіння. Найвищою масою 1000 насінин відзначився 'Світлозір' – 8,6 г, що на 1,7 г більше ніж в сорту 'Орфей'.

2020 рік характеризувався менш сприятливими погодними умовами, порівнюючи з 2021-м, а тому й нижчою врожайністю: від 0,8 до 1,45 т/га в сортів 'Орфей' і 'Світлозір' відповідно (за строку сівби 25 квітня та норми висіву насіння 8,0 млн шт. га).

Загалом, умови зовнішнього середовища сильно впливають не лише на процес олієутворення та кількість жиру, накопичувану в насінні олійних рослин [27, 28, 32, 33], а й на формування врожайності товарної продукції та якості насіння [33, 35]. На рисунку 3 продемонстровано, якою була частка впливу досліджуваних чинників на формування вмісту олії в насінні льону.

Формування хімічного складу жирів, накопичення більшої кількості ненасичених кислот, про що свідчить підвищення йодного числа, відбуваються в період дозрі-

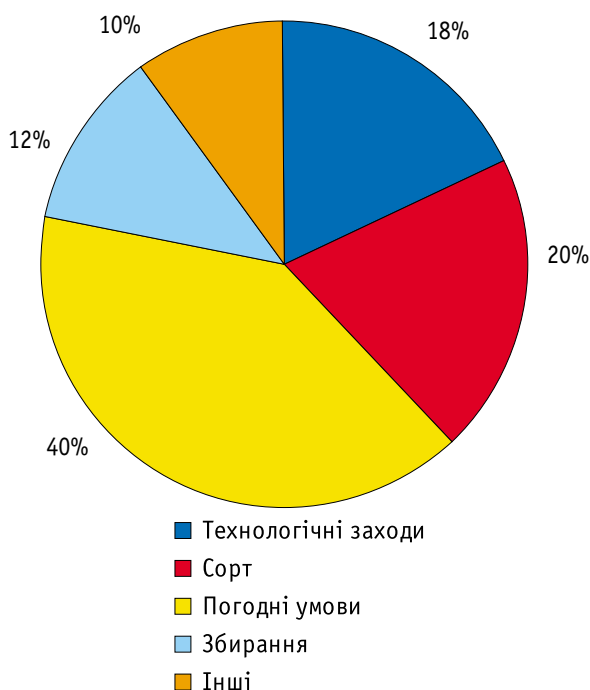


Рис. 3. Частка впливу досліджуваних чинників на врожайність льону олійного (2020–2021 рр.)

вання насіння під впливом мінливості температури.

Сорти льону олійного ‘Орфей’, ‘Світлозір’ і ‘Водограй’ оцінили за такими біохімічними показниками, як вміст сирого протеїну, олії та жирних кислот (пальметинової, стеаринової, олеїнової, лінолевої, ліноленової, гондоїнової, ейкозенової та ерукової) (табл. 4). Так, ‘Орфей’ характеризувався найбільшою кількістю білка в насінні – 24,15%, ‘Світлозір’ мав показник 22,74%, ‘Водограй’ – 22,26%. Найвищою олійністю відзначився ‘Водограй’ – 45,60%, що на 2,19% більше ніж в сорту ‘Орфей’. Загалом, у всіх досліджуваних сортах уміст олії на абсолютно суху речовину був на рівні 43,41–45,24%, що значно перевищило встановлену стандартну норму (35% за ДСТУ 7577-2014) [37].

Цінність лляної олії та її ефективне використання в харчовій промисловості зумовлені вмістом у ній (від 45,703 (‘Орфей’) до 48,261% (‘Світлозір’)) лінолевої ненасиченої жирної кислоти, багатой на омега-3 (n-3) та омега-6 (n-6). Ерукову кислоту протягом досліджень не виявлено в жодному з сортів і варіантів.

За результатами досліджень встановлено, що біохімічні показники льону олійного, вирощеного в західних регіонах України, не суттєво відрізнялися від тих, за якими було проведено державну реєстрацію сортів, селекцію яких здійснювали в умовах, характерних для Степу України [28, 33, 34].

Таблиця 4

Біохімічні показники насіння сортів льону олійного (середнє за 2020–2021 рр.)

Показники якості	Сорти		
	‘Орфей’	‘Водограй’	‘Світлозір’
Маса 1000 насінин, г	6,9	7,4	8,6
Вміст сирого протеїну, % на абсолютно суху речовину	24,15	22,26	22,74
Вміст олії, % на абсолютно суху речовину	43,41	45,60	45,24
Вміст жирних кислот, %			
пальметинова	4,101	3,958	3,725
стеаринова	0,611	0,730	0,716
олеїнова	17,404	14,811	15,436
лінолева	17,241	15,820	16,812
ліноленова	45,703	45,589	48,261
гондоїнова	13,098	13,230	13,175
ейкозенова	1,841	1,861	1,875
ерукова	0,00	0,00	0,00

Отже, сорти льону олійного ‘Орфей’, ‘Світлозір’ і ‘Водограй’ в умовах Західного Лісостепу України за біохімічними показниками, олійністю та відсутністю ерукової кислоти продемонстрували високу якість насіння. Остання, як і продуктивність, сформувалася під впливом різних чинників. Зокрема, частка впливу технологічних заходів становила 18%, сорту – 20, погодних умов років досліджень – 40, збирання – 12, інших факторів – 10%.

Висновки

За результатами експериментальних досліджень з формування біохімічних показників насіння можна зробити висновок, що ріст і розвиток сортів льону олійного відбувалися в оптимальних умовах Західного Лісостепу України. Це забезпечило своєчасність настання фенологічних фаз росту та розвитку рослин і несуттєве варіювання тривалості періоду вегетації – від 96 до 99 діб.

Продуктивність сортів льону олійного оцінили за такими елементами, як кількість корбочок на одній рослині – варіювалася від 15,7 (‘Орфей’) до 33,8 шт. (‘Світлозір’); маса зерна з однієї рослини – від 0,62 до 3,71 г; урожайність – від 0,8 до 1,45 т/га в сортів ‘Орфей’ і ‘Світлозір’ відповідно (за строку сівби 25 квітня та норми висіву насіння 8,0 млн шт./га).

Сорт ‘Орфей’ характеризувався найбільшою кількістю сирого протеїну в насінні – 24,15%, ‘Світлозір’ мав показник 22,74%, ‘Водограй’ – 22,26%. Найвищою олійністю відзначився ‘Водограй’ – 45,60%, що на 2,19% більше ніж в сорту ‘Орфей’. Загалом, у всіх досліджуваних сортах уміст олії на абсолютно суху речовину був на рівні 43,41–45,24%, що значно перевищило встановле-

ну стандартну норму (35% за ДСТУ 7577-2014).

Вміле використання біологічних особливостей сортів у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України, а також дотримання й своєчасне здійснення рекомендованих агротехнологічних заходів забезпечують оптимальний ріст і розвиток рослин льону олійного, формування показників продуктивності та якості насіння.

Використана література

- Zahir A., Ahmad W., Nadeem M. et al. *In vitro* cultures of *Linum usitatissimum* L.: Synergistic effects of mineral nutrients and photoperiod regimes on growth and biosynthesis of lignans and neolignans. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2018. Vol. 187. P. 141–150. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2018.08.009
- Quéro A., Molinié R., Elboutachfaiti R. et al. Osmotic stress alters the balance between organic and inorganic solutes in flax (*Linum usitatissimum*). *Journal of Plant Physiology*. 2014. Vol. 171, Iss. 1. P. 55–64. doi: 10.1016/j.jplph.2013.07.006
- Rudik O. L. Influence of agrotechnical methods on yield formation and quality of seeds of oil-bearing flax. *Agrology*. 2019. Vol. 2, Iss. 1. P. 3–9. doi: 10.32819/2617-6106.2018.14011
- Kulma A., Zukab M., Long S. H. et al. Biotechnology of fibrous flax in Europe and China. *Industrial Crops and Products*. 2014. Vol. 68. P. 50–59. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.08.032
- Lalaleo L., Alcazar R., Palazon J. et al. Comparing aryltetralin lignan accumulation patterns in four biotechnological systems of *Linum album*. *Journal of Plant Physiology*. 2018. Vol. 228. P. 197–207. doi: 10.1016/j.jplph.2018.06.006
- Lalaleo L., Testillano P., Risueño M.-C. et al. Effect of *in vitro* morphogenesis on the production of podophyllotoxin derivatives in callus cultures of *Linum album*. *Journal of Plant Physiology*. 2018. Vol. 228. P. 47–58. doi: 10.1016/j.jplph.2018.05.007
- Куприянова А. А. Целебные растительные масла. Харьков, 2015. С. 56–63.
- Вишнівська Ю. С. Вплив системи удобрення на формування продуктивності льону олійного. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 5. С. 77–78.
- Дрозд І. Ф., Лях В. О. Інтервал варіювання ознак продуктивності льону олійного в умовах Львівщини. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2012. Вип. 17. С. 60–66.
- Лях В. О., Дрозд І. Ф. Мінливість господарсько-цінних ознак у льону олійного в умовах Передкарпаття. *Бюлетень Інституту сільськогосподарства степової зони НААН України*. 2012. № 2. С. 66–72.
- Махова Т. В., Поляков О. І. Врожайність льону олійного в умовах південного Степу України в залежності від строків сівби та норм висіву. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2012. Вип. 17. С. 116–120.
- Оккерт А. В. Вплив норм висіву на формування продуктивності льону олійного сорту Водограй. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2013. Вип. 18. С. 118–121.
- Шеремет Ю. В., Дідора В. Г., Шваб С. Б. Сортові особливості технології вирощування льону олійного в умовах Полісся України. *Луб'яні та технічні культури*. 2014. Вип. 3. С. 102–106.
- Ровна О. В. Продуктивність льону олійного залежно від позакореневого підживлення. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*. 2014. Вип. 9. С. 97–100.
- Шеремет Ю. В., Деробон І. Ю., Дідора В. Г. Факторний аналіз польового дослідження на прикладі льону олійного. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 4. С. 19–23.
- Товстановська Т. Г. Мінливість елементів насінневої продуктивності льону олійного в умовах Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2015. Вип. 22. С. 90–97.
- Адамень Ф. Ф., Лазер П. Н., Рудік О. Л., Патраков О. І. Вплив строків посіву та норм висіву на врожайність і водоспоживання льону олійного. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 81. С. 14–18.
- Березовський Ю. В. Використання нових технічних рішень у промисловому виробництві лляної продукції. *Наука та інновації*. 2016. Т. 12, № 4. С. 53–68. doi: 10.15407/scin12.04.051
- Онюх Ю. М., Дідух В. Ф., Тараймович І. В. Дослідження умов вирощування льону олійного. *Сільськогосподарські машини*. 2016. Вип. 34. С. 104–110.
- Рудік О. Л. Формування урожаю льону олійного залежно від терміну посіву та норм висіву в зоні Сухого Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2016. Вип. 95. С. 79–86.
- Дрозд І. Ф. Вплив біологічних особливостей сорту на якісні показники льону олійного в умовах Передкарпаття України. *Вісник Львівського аграрного університету: Агронія*. 2017. Вип. 21. С. 142–147.
- Кононенко Л. М. Продуктивність посівів льону олійного за різних норм висіву насіння в умовах південної частини Правобережного Лісостепу. *Вісник Житомирського національного аграрного університету*. 2017. № 1. С. 94–102.
- Методика проведення експертизи сортів рослин групи технічних та кормових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця, 2017. 74 с.
- 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.
- Насіння льону олійного для перероблення. Технічні умови: ДСТУ 4967-2008. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 12 с.
- Каленська С. М., Новицька Н. В., Степаненко Ю. П. та ін. Довговічність насіння олійних культур. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 12. С. 63–70.
- Столярчук Т. А., Кисильчук А. М. Порівняльна характеристика морфологічних особливостей сортів льону олійного в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. Вип. 4. С. 136–139.
- Рудік О. Л., Рудік Н. М. Оцінка технологій збирання льону олійного, призначеного для подвійного використання. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2017. Вип. 24. С. 208–213.
- Каленська С. М., Столярчук Т. А. Сортові особливості формування структури врожаю та врожайності льону олійного залежно від норми висіву та ширини міжрядь. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 4, № 3. С. 302–309. doi: 10.21498/2518-1017.14.3.2018.145302
- Поляков О. І., Нікітенко О. В., Махно О. О. Вплив агроприйомів вирощування на водоспоживання льону олійного сорту Водограй. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. Вип. 27. С. 117–124.
- Шувар А. М. Вплив строків сівби сортів льону олійного на продуктивність за різних норм висіву. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. Вип. 28. С. 160–167.
- Ягелюк С. В., Дідух В. Ф., Кірчук Р. В. Дослідження процесів збирання льону олійного з використанням стеблової частини врожаю. *Товарознавчий вісник*. 2019. Вип. 12. С. 282–295. doi: 10.36910/6775-2310-5283-2019-12-28
- Полякова І. О. Селекційна оцінка сортових ресурсів льону олійного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. Вип. 27. С. 79–87. doi: 10.36710/ioc-2019-27-09
- Рудік О. Л., Гальченко Н. М., Коновалова В. М. Моделювання рівнів продуктивності та аналіз ефективності технологій вирощування льону олійного в умовах Півдня Украї-

- ни. *Зрошуване землеробство*. 2019. Вип. 71. С. 119–122. doi: 10.32848/0135-2369.2019.71.25
35. Дрозд І. Ф. Вплив метеорологічних умов Передкарпаття на морфологічні та біохімічні показники льону олійного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2020. Вип. 29. С. 112–122. doi: 10.36710/іос-2020-29-11
 36. Шувар А. М., Рудавська Н. М., Дзюбайло А. Г. Продуктивність льону олійного залежно від впливу біопрепаратів та комплексних добрив. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69(1). С. 142–156. doi: 10.32636/01308521.2021-(69)-9
 37. Насіння олійне. Визначення вмісту олії методом екстракції в апараті Сокслета : ДСТУ 7577:2014. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 10 с.
- ## References
1. Zahir, A., Ahmad, W., Nadeem, M., Giglioli-Guivarc'h, N., Hano, C., & Haider Abbasi, B. (2018). *In vitro* cultures of *Linum usitatissimum* L.: Synergistic effects of mineral nutrients and photoperiod regimes on growth and biosynthesis of lignans and neolignans. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 187, 141–150. doi: 10.1016/j.jphoto.2018.08.009
 2. Quéro, A., Molinié, R., Elboutachfaiti, R., Petit, E., Pau-Roblot, C., Guillot, X., Mesnard, F., & Courtois, F. J. (2014). Osmotic stress alters the balance between organic and inorganic solutes in flax (*Linum usitatissimum*). *Journal of Plant Physiology*, 171, 55–64. doi: 10.1016/j.jplph.2013.07.006
 3. Rudik, O. L. (2019). Influence of agrotechnical methods on yield formation and quality of seeds of oil-bearing flax. *Agrology*, 2(1), 3–9. doi: 10.32819/2617-6106.2018.14011
 4. Kulma, A., Zuk, M., Long, S. H., Qiu, C. S., Wang, Y. F., Jankauskiene, S., Preisner, M., ... Szopa, J. (2014). Biotechnology of fibrous flax in Europe and China. *Industrial Crops and Products*, 68, 50–59. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.08.032
 5. Lalaleo, L., Alcazar, R., Palazon, J., Moyano, E., Cusido, R. M., & Bonfill, M. (2018). Comparing aryltetralin lignan accumulation patterns in four biotechnological systems of *Linum album*. *Journal of Plant Physiology*, 228, 197–207. doi: 10.1016/j.jplph.2018.06.006
 6. Lalaleo, L., Testillano, P., Risueño, M.-C., Cusido, R. M., Palazon, J., Alcazar, R., & Bonfill, M. (2018). Effect of *in vitro* morphogenesis on the production of podophyllotoxin derivatives in callus cultures of *Linum album*. *Journal of Plant Physiology*, 228, 47–58. doi: 10.1016/j.jplph.2018.05.007
 7. Kupriyana, A. A. (2015). *Medicinal vegetable oils* (pp. 56–63). Kharkiv: N.p.
 8. Vyshnivska, Yu. S. (2012). The influence of the fertilization system on the formation of oil flax productivity. *Bulletin of Agricultural Science*, 5, 77–78. [In Ukrainian]
 9. Drozd, I. F., & Lyakh, V. A. (2012). Variability interval of productivity traits for oil flax in Lvov region. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 17, 60–66. [In Ukrainian]
 10. Lyakh, V. A., & Drozd, I. F. (2012). Variability of economically valuable features in linseed oil in the conditions of the Precarpathian region. *Bulletin Institute of Agriculture of Steppe zone NAAS of Ukraine*, 2, 66–72. [In Ukrainian]
 11. Mahova, T. V., & Poliakov, O. I. (2012). Yield of flax is oily (*Linum humile* Mill) in the conditions of the southern steppe of Ukraine, depending on the sowing time and sowing rates. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 17, 116–120. [In Ukrainian]
 12. Okkert, A.V. (2013). Influence of sowing rates on the formation of flax productivity of the Vodograj oil variety. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 18, 118–121. [In Ukrainian]
 13. Sheremet, Yu. V., Didora, V. G., & Shvab, S. B. (2014). Varietal characteristics of linseed's growing technology in Ukrainian Polissia. *Journal Linseed and Technical Crops*, 3(8), 102–106. [In Ukrainian]
 14. Rovna, O. V. (2014). Productivity of linseed depending on foliar fertilization. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 9, 97–100. [In Ukrainian]
 15. Sheremet, Yu. V., Derebon, I. Yu., & Didora, V. G. (2014). Factor analysis of a field experiment on the example of linseed oil. *Bulletin of Agricultural Science*, 4, 19–23. [In Ukrainian]
 16. Tovstanovska, T. H. (2015). Variability of elements of seed productivity of flax is oily (*Linum humile* Mill) in the conditions of the Steppe of Ukraine. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 22, 90–97. [In Ukrainian]
 17. Adamen, F. F., Lazer, P. N., Rudik, O. L., & Patrakov O. I. (2012). Influence of sowing dates and sowing rates on yield and water consumption of oilseed flax. *Tavria Scientific Bulletin*, 81, 14–18. [In Ukrainian]
 18. Berezovsky, Yu. V. (2016). Application of New Technical Decisions in the Industrial flax Production. *Science and Innovation*, 12(4), 51–68. doi: 10.15407/scin.12.04.051 [In Ukrainian]
 19. Onyukh, Yu. M., Didukh, V. F., & Taraymovych, I. V. (2016). Investigation of the conditions of growing flax oil. *Agricultural Machines*, 34, 104–110. [In Ukrainian]
 20. Rudik, O. L. (2016). Peculiarities of yield formation of oil-bearing flax depending on sowing dates and seeding rates in dry steppe zone of Ukraine. *Tavria Scientific Bulletin*, 95, 79–86. [In Ukrainian]
 21. Drozd, I. F. (2017). Influence of biological characteristics of a variety on qualitative indicators of flax is oily (*Linum humile* Mill) in conditions of Precarpathian Ukraine. *Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agronomy*, 21, 142–147. [In Ukrainian]
 22. Kononenko, L. M. (2017). Productivity of sowing of linseed oil at different rates of sowing of seeds in wombs of the southern part of the Right-bank Forest Steppe. *Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University*, 1, 94–102. [In Ukrainian]
 23. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2017). *Methodology of conducting qualitative examination of plant varieties of technical and fodder group for suitability for distribution in Ukraine*. Vinnytsia: N.p. [In Ukrainian]
 24. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Methodology for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods of determining plant production quality indicators*. Vinnytsia: N.p. [In Ukrainian]
 25. Seeds of oil flaxseed for processing. Specifications: State standart of Ukraine 4967-2008. (2010). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [In Ukrainian]
 26. Kalenska, S. M., Novytska, N. V., Stepanenko, Yu. P., Stoliarchuk, T. A., Taran, V. G., Ryzhenko, A. S., & Yeremenko, O. A. (2017). Longevity of seed of oily crops. *Bulletin of Agricultural Science*, 12, 63–70. [In Ukrainian]
 27. Stoliarchuk, T. A., & Kysilchuk, A. M. (2017). Comparative characteristics of morphological features of linseed oil in the conditions of the Right-bank Forest Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 136–139. doi: 10/31210/visnyk2017.04.27 [In Ukrainian]
 28. Rudik, O. L., & Rudik, N. M. (2017). Evaluation of technologies for collecting oil flax intended for dual use. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 24, 208–213. [In Ukrainian]
 29. Kalenska, S. M., & Stoliarchuk, T. A. (2018). Varietal features of oil linseed yield formation depending on sowing rate and inter-row spacing in the conditions of Right-bank Forest-Steppe zone of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14(3), 302–309. doi: 10.21498/2518-1017.14.3.2018.145302 [In Ukrainian]
 30. Poliakov, O. I., Nikitenko, O. V., & Makhno, O. O. (2019). Influence of cultivation techniques on water consumption of oil flax varieties. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 27, 117–124. [In Ukrainian]

31. Shyvar, A. M. (2019). Influence of sowing dates of oil flax varieties on the productivity at different seeding rates. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 28, 160–167. [In Ukrainian]
32. Yaheliuk, S. V., Didukh, V. F., & Kirchuk, R. V. (2019). Picking up the oil flax yield with the stem part usage investigation. *Tovarovnavchiiy Visnik*, 12, 282–295. doi: 10.36910/6775-2310-5283-2019-12-28 [In Ukrainian]
33. Poliakova, I. O. (2019). Breeding assessment of oil flax. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 27, 79–87. [In Ukrainian]
34. Rudik, O. L., Galchenko, N. M., & Konovalova, V. M. (2019). Modeling of productivity levels and analysis of the effectiveness of flax cultivation technologies in Southern Ukraine. *Irrigated Agriculture*, 71, 119–122. doi: 10.32848/0135-2369.2019.71.25 [In Ukrainian]
35. Drozd, I. F. (2020). Influence of meteorological conditions in Precarpathian on morphological and parameters of oil flax. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 29, 112–122. doi: 10.36710/ioc-2020-29-11 [In Ukrainian]
36. Shuvar, A. M., Rudavska, N. M., & Dziubailo, A. G. (2021). The impact of biopreparations and complex microfertilizers on the productivity of oil flax. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 69(1), 142–156. [In Ukrainian]
37. *Oil seeds. Determination of the oil content by the extraction method in Sokslet apparatus: State standart of Ukraine 7577:2014*. (2015). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [In Ukrainian]

UDC 633.854.54: 631.5 (477.43 + 477.4)

Lialchuk, P. P., Bakhmat, M. I., & Makarchuk, B. M.² (2023). Formation of yield and seed quality of linseed varieties (*Linum humile* Mill.) in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4), 254–261. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291228>

¹Higher educational institution “Podillia State University”, 13 Shevchenko St., Kamianets-Podilskyi, Khmelnytskyi Region, 32316, Ukraine, *e-mail: mr.lialchuk@gmail.com

²Ukrainian Institute of Plant Varieties Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine

Purpose. To determine the peculiarities of yield and seed quality formation of varieties of linseed (*Linum humile* Mill.) in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine.

Methods. The research was conducted in 2020–2021 at the experimental field of the Khmelnytskyi branch of the Ukrainian Institute for Plant Varieties Examination (Trebukhivtsi village, Letychivskyi district, Khmelnytskyi region). Sowing was carried out in the second decade of April, the sowing rate was 8.0 million seeds per hectare. Subjects of the research were oil flax varieties ‘Orfei’, ‘Svitlozir’ and ‘Vodohrai’. The experimental design, evaluation of material, phenological observations and biometric measurements of plants, harvesting were carried out in accordance with the “Methodology for the qualification examination of plant varieties of the technical and fodder group for suitability for distribution in Ukraine”. The quality indicators of linseed were determined according to the “Methodology of qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine”. **Results.** The optimal conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine contributed to the timely onset of the phenological phases of growth and development, as well as to the insignificant variation in the duration of the vegetation period (from 96 to 99 days) of the

flax plants. Productivity was assessed using indicators such as the number of pods and the weight of seeds per plant. Under the condition of sowing on 25 April and the sowing rate of 8.0 million seeds per hectare, the highest yield was characterised by the variety “Svitlozir” (1.45 t/ha), the lowest – ‘Orfei’ (0.8 t/ha). The varieties ‘Orfei’, ‘Svitlozir’ and ‘Vodohrai’ were evaluated by biochemical indicators and the content of crude protein, oil and fatty acids (palmitic, stearic, oleic, linoleic, linolenic, gondoic, eicosapentaenoic and erucic) was determined. Thus, ‘Orfei’ was characterised by the highest amount of protein in the seeds – 24.15%; ‘Svitlozir’ had an indicator of 22.74%; ‘Vodohrai’ – 22.26%. A high percentage of oil in the total dry matter was found in ‘Vodohrai’ – 45.6%, which is 2.19% more than in ‘Orfei’. The content of linolenic acid varied from 45.703 (‘Orfei’) to 48.261% (‘Svitlozir’) and erucic acid was not detected in any of the varieties during the study. **Conclusions.** The varieties ‘Orfei’, ‘Svitlozir’ and ‘Vodohrai’ were characterised by more than 35% oil content in seeds, which meets the requirements of State Standard 7577:2014 and ensures the quality of marketable oil flax products.

Keywords: variety; seed; productivity; biochemical indicators; protein; oiliness; fatty acids.

Надійшла / Received 12.10.2023
Погоджено до друку / Accepted 29.11.2023

Формування продуктивності сортів амаранту в Правобережному Лісостепу України за дії абсорбенту MaxiMarin

В. В. Яценко*, Н. В. Яценко, С. В. Рогальський, А. О. Січкарь, Ю. В. Новак

Уманський національний університет садівництва, вул. Інститутська, 1, м. Умань, 20301, Україна,
*e-mail: slaviksklavin16@gmail.com

Мета. Провести господарську оцінку сортів амаранту 'Харківський-1', 'Геліос' і 'Сем' за внесення абсорбенту торгової марки MaxiMarin, використовуюваного для нівелювання нестачі опадів і нерівномірного зволоження в Лісостепу України. **Методи.** Впродовж 2021–2023 рр. у польових умовах (м. Умань, 48°46'N, 30°14'E) досліджували три сорти амаранту й абсорбент торгової марки MaxiMarin у формі гранул, норма внесення якого становила 25 кг/га. Оцінювання сортів здійснювали за такими параметрами: маса листків, суцвіття й коріння, врожайність зеленої маси у фазах цвітіння та повної стиглості. Також визначали врожайність зерна амаранту та вміст у ньому протеїну, жирів і крохмалю. У процесі роботи послуговувались методами дисперсійного й кореляційного аналізів. **Результати.** Застосований абсорбент істотно вплинув на показники продуктивності, яка характеризувалася значною міжсортвою різницею. Зокрема, середнє збільшення маси листків з однієї рослини для досліджуваних сортів амаранту становило 12,2%, маси суцвіття – 8,9%, або 3,6 г/роsl. Найкраще на внесення абсорбенту, що вдосконалило умови вирощування, зреагував сорт 'Харківський-1', маса суцвіття якого підвищилася на 12,6%, або 5,3 г/роsl. Посилення ростових процесів стало можливим завдяки поліпшеному розвитку кореневої системи та підвищенню її маси залежно від варіанта на 12,3–24,6% (2,1–3,0 г/роsl.). Водночас у середньому на 12,4% (11,2–13,3% у різних сортів) збільшився показник загальної маси рослин. Урожайність зеленої маси зростала на 13,6–16,5% (4,75–5,75 т/га) завдяки використанню абсорбенту й була в межах 33,0–40,0 т/га. Найвищими її значеннями характеризувався сорт 'Сем' – 34,3 т/га у контролі та 40,0 т/га в досліді з внесенням абсорбентом. Його застосування також спричинило збільшення врожайності різних сортів амаранту на 0,30–0,38 т/га, або 16,0–18,3% (найурожайнішим був сорт 'Сем' – 2,08 та 2,46 т/га залежно від варіанта досліді) й істотне зменшення концентрації протеїну (на 0,1–10,0%), жирів (на 7,4–19,5%) і крохмалю (на 3,2–8,2%). **Висновки.** Абсорбенти є ефективним засобом для нівелювання нерівномірного зволоження та забезпечення максимальної реалізації продуктивного потенціалу амаранту, проте поліпшення водного режиму негативно впливає на накопичення протеїну, жирів і крохмалю.

Ключові слова: врожайність; зелена маса; насіння; протеїн; крохмаль; жири.

Вступ

Застосування вологонабухальних полімерів розглядають як один з інноваційних нетрадиційних підходів у сучасних агротехнологіях. Полімерні гідрогелі – це гідрофільний полімерний матеріал акрилатної природи [1]. Під час внесення в ґрунт частинки гелю розташовуються в міжагрегатному просторі й вбирають у міру надходження вологу, утримують її в собі й живлять рослини. Висихаючи, абсорбент набуває первісної кристалічної форми й стає готовим до нового циклу за надходження вологи.

Viacheslav Yatsenko
<https://orcid.org/0000-0003-2989-0564>
Nataliia Yatsenko
<https://orcid.org/0000-0003-3752-314X>
Sergii Rogalskyi
<https://orcid.org/0009-0007-5739-8717>
Andriy Sichkar
<https://orcid.org/0009-0005-0169-8839>
Yuriy Novak
<https://orcid.org/0000-0003-2042-521X>

Об'єми абсорбції варіюють від 30 до 500 л/1 кг сухого полімеру [2]. Такою високою водопоглинальна здатність може бути впродовж 4–5–8 років, водночас водообмін між ґрунтом і полімером має зворотний характер. Циклічність поглинання та віддачі вологи протягом кількох років притаманна гідрогелям поліакриламідного типу, тому їх застосування є найдоцільнішим у сільському господарстві [3, 4].

В Україні останніми роками вийшов цикл досліджень, в яких встановлено ефективність абсорбентів і різний їх вплив на продуктивність овочевих культур, зокрема шпинату [5, 6], селери [7, 8], васильків справжніх [9], картоплі [10], помідора [11], гарбуза великоплідного [12], часнику озимого [13], бобів кормових [14] та огірка [15].

Отже, добір сортів амаранту з комплексом високих господарсько-біологічних показників та оптимізація технології вирощування через застосування абсорбентів є актуальними для овочівництва й кормовиробництва.

Метою досліджень є господарсько-біологічна оцінка сортів амаранту 'Харківський-1',

‘Теліос’ і ‘Сем’ за внесення абсорбенту торгової марки MaxiMarin, використовуюваного для нівелювання нестачі опадів і нерівномірного зволоження в Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження з агробіологічного оцінювання сортів амаранту в умовах Правобережного Лісостепу України проводили впродовж 2021–2023 рр. у навчально-виробничому відділі Уманського національного університету садівництва.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий із гумусовим горизонтом (гумусу – приблизно 1,5%) товщиною 40–45 см; рН (сольове) – 6,65; гідролітична кислотність – 2,6 мг-екв на 100 г ґрунту; ступінь насиченості основами – 90–95%; сума увібраних основ – 24,6 мг-екв на 100 г ґрунту. В орному шарі міститься 108,7 мг/кг легкогідролізованого азоту; 59 – рухомого фосфору; 120,5 мг/кг – обмінного калію. Об’ємна маса ґрунту становить 1,26–1,34 г/см³; найменша польова вологоємність – 16,2% в орному і 14,6% в підорному шарах. Отже, чорнозем опідзолений важкосуглинковий є родючим за своїми фізико-хімічними властивостями та відповідає вимогам культури.

Для аналізу метеорологічних умов у роки проведення досліджень використовували дані метеостанції «Умань». Вегетаційний період 2020–2021 рр. характеризувався сприятливим температурним фоном і достатньою кількістю опадів. Середня температура повітря становила 9,2 °С та була лише на 0,4 °С вищою за середньобогаторічну. У холодний період (грудень – березень) сумарне перевищення температури становило 1,4 °С, а загальне зменшення в теплий (квітень – вересень) – 1,9 °С. За рік випало 655,7 мм атмосферної вологи, що на 69 мм перевищило середньобогаторічну позначку [16].

Погодні умови 2021–2022 рр. характеризувалися істотно меншим рівнем опадів, порівнюючи з попередніми роками та середньобогаторічними даними. Водночас температурний режим був наближеним до середньобогаторічного. 2022–2023 рр. відзначилися підвищеними температурами, меншою кількістю та рівномірністю опадів.

Загалом, погодний фон істотно впливав на формування продуктивності амаранту. Так, вегетаційний період 2021 року був найсприятливішим завдяки значній кількості опадів, а тому й достатнім запасам продуктивної вологи у ґрунті, що створювало оптимальні умови впродовж інтенсивного росту рослин. 2022

і 2023 рр., навпаки, були несприятливими через тривалі посухи та нестачу атмосферної вологи, що випадала в критичні періоди. Оскільки умови періодів вегетації амаранту були неоднаковими, результати дослідження оцінено об’єктивно.

Досліди закладали методом рендомізації. Повторність чотириразова. Площа дослідної ділянки – 100 м². Посів амаранту здійснювали у другій декаді квітня (контроль), норма висіву – 1 млн насінин/га з подальшим доведенням густоти стояння до 150 тис. шт. росл./га для одержання насіння.

Сорти амаранту ‘Харківський-1’ (контроль), ‘Теліос’ і ‘Сем’ вирощували за загальноприйнятою технологією, без і зі внесенням 25 кг/га абсорбенту торгової марки MaxiMarin у формі гранул. Попередник – помідор. Посівний матеріал отримано від оригінаторів.

Таблиця 1

Походження досліджуваних сортів і наявність їх у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні

Сорт	Країна	Історія сорту
‘Харківський-1’*	Україна	Заявник і підтримувач – Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва. До Реєстру сортів рослин України внесено у 2001 р. як лікарський.
‘Теліос’	Україна	Заявник і підтримувач – Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН. До Реєстру сортів рослин України внесено у 2003 р.
‘Сем’	Україна	Заявник і підтримувач – Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва. Створено способом індивідуального добору зі зразка <i>A. hypochondriacus</i> (Panishmen). До Реєстру сортів рослин України внесено у 2002 р.

Абсорбент торгової марки MaxiMarin у формі гранул – аніонний поліакриламідний сополімер, здатний вбирати до 400% води від власного об’єму. Перед посівом його вносили локально в борозни на глибину 20–25 см.

У польових і лабораторних дослідах кафедри рослинництва Уманського НУС вивчали продуктивність та вміст протеїну, жирів і крохмалю в насінні різних сортів амаранту залежно від застосування абсорбенту.

Дослідження проводили згідно із загальноприйнятими методиками [17]:

– біометричні вимірювання здійснювали у фазі масового цвітіння на 10 типових рослинах у двох несуміжних повтореннях;

– масу рослини та окремих її частин визначали ваговим методом. Для цього відбирали 100 типових рослин і робили їхній морфологічний розбір, відділяючи суцвіття, стебла, листя та коріння;

– збір врожаю зернозбиральним комбайном розпочинали за умови досягання 80% насіння;

– сумарний вміст протеїну (у %) встановлювали фотометрично [18]. Для визначення кількісного вмісту протеїну, жирів і крохмалю в насінні застосовували аналізатор NIRS FOSS DS2500 (виробництво – Данія), який також вимірює вологість, золу, клітковину, а за використання додаткових калібрувань – амінокислоти [18].

Статистичне оброблення отриманих результатів проводили, розраховуючи за допомогою Microsoft Excel 2019 середнє арифметичне (\bar{x}) стандартного відхилення (SD). Кореляційні залежності встановлювали, застосовуючи програму Statistica 12.

Результати досліджень

Показники маси листків на одній рослині більшою мірою залежали від сортових особливостей і становили для сорту 'Геліос' 73,4 г у контролі та на 10,5% більше у варіанті з абсорбентом. Високопродуктивний 'Сем' формував листову масу на рівні 191,9 (контроль) і 218,9 г (абсорбент) – на 122,9 і 130,2% більше ніж 'Харківський-1'. За обома факторами досліду виявлено істотну різницю (табл. 1).

Таблиця 1

Показники індивідуальної продуктивності сортів амаранту за внесення абсорбенту (2021–2023 рр.)

Спосіб вирощування (фактор В)	Сорт (фактор А)	Маса, г/роsl.			
		листки та стебло	суцвіття	коренева система	рослини загалом
Контроль (без абсорбенту)	'Харківський-1'*	86,1	41,9	10,7	138
	'Геліос'	73,4	39,3	17,1	129,8
	'Сем'	191,9	41,5	12,2	245,2
Абсорбент у формі гранул (25 кг/га)	'Харківський-1'*	95,1	47,2	13,2	155,5
	'Геліос'	82,3	42,8	19,2	144,3
	'Сем'	218,9	43,6	15,2	277,7
	Xmed.	124,6	42,7	14,6	181,8
	SD	58,0	2,4	2,9	57,6
	CV, %	47	6	20	32
	HIP _{0,05} А	5,81	2,52	0,92	9,59
	В	4,74	2,06	0,75	7,83
	А × В	8,21	3,57	1,30	13,56

* контроль.

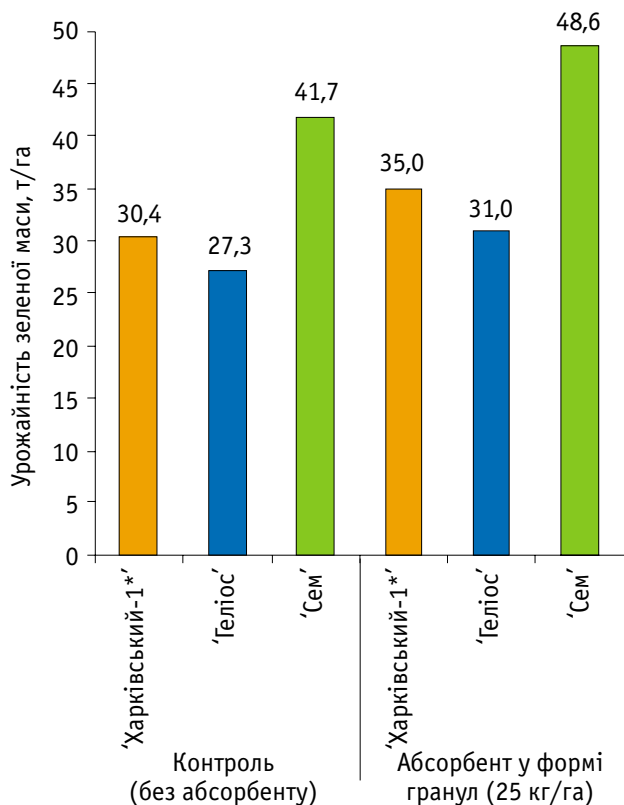
Ознакою, яка істотно впливає на величину зернової продуктивності амаранту, є маса суцвіття. Найбільшими її значеннями впродовж дослідження характеризувався сорт 'Харківський-1' – 41,9 та 47,2 г залежно від варіанта. За внесення абсорбенту показники маси суцвіття збільшувалися, як порівняти з контролем, на 12,6 ('Харківський-1'), 8,9 ('Геліос') і 5,1% ('Сем').

Маса коріння рослин сорту 'Геліос' становила 17,1 г/роsl. у варіанті з контролем та 19,2 г/роsl. за внесення абсорбенту. Показники сортів 'Харківський-1' і 'Сем' були суттєво нижчими – на 59,8 і 40,2% (контроль) та 45,5 і 26,3% (абсорбент) відповідно. Загалом, застосування абсорбенту сприяло збільшенню кореневої маси на 12,3–24,6% залежно від сорту.

Внесений абсорбент збільшував загальну масу рослин на 11,2–13,3% (варіація: CV = 32%), а найвищими її значеннями незалежно від варіанта досліду характеризувався сорт 'Сем' – 245,2 і 277,7 г/роsl.

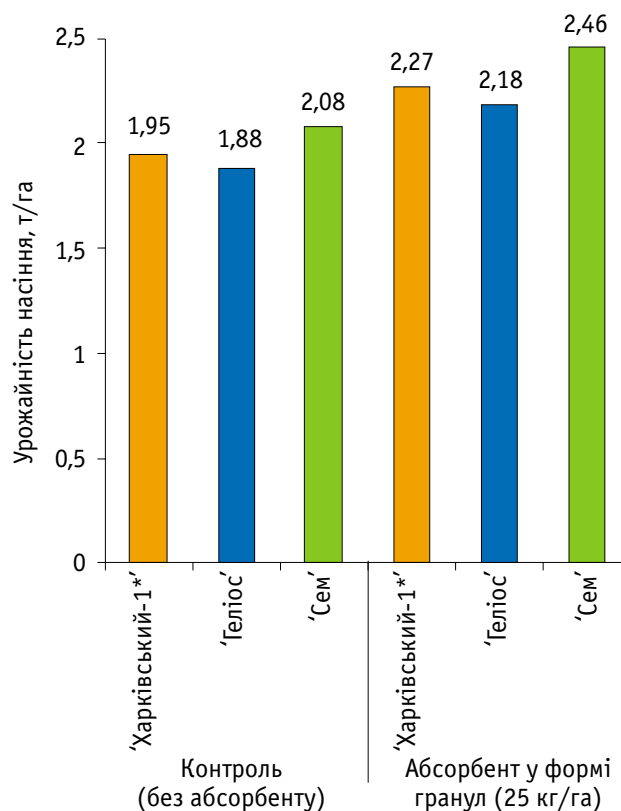
Оскільки амарант використовують у кормовиробництві, доцільним було вивчення продуктивності зеленої маси. За показниками її виходу у фазу цвітіння сорт 'Сем' значно переважав над іншими (41,7 і 48,6 т/га залежно від варіанта досліду), що підтверджує його належність до кормового типу. Істотно менші значення ніж у сорту 'Харківський-1' продемонстрував 'Геліос' – 27,3 і 31,0 т/га. Використання абсорбенту у процесі вирощування амаранту спричинило збільшення кількості зеленої маси на 13,6–16,5% (варіювання цього показника високе: CV = 21%) (рис. 1).

За показником врожайності насіння сорт 'Сем' також істотно переважав інші досліджувані – 2,08 (контроль) і 2,46 т/га (абсорбент). Найменші значення мав 'Геліос' – 1,88 (контроль) і 2,18 т/га (абсорбент). Загалом, внесення абсорбенту сприяло збільшенню врожайності на 16,0–18,3% залежно від сорту (рис. 2).



* контроль.

Рис. 1. Вплив абсорбенту на врожайність зеленої маси рослин різних сортів амаранту (2021–2023 рр.)
(НІР_{0,05}: А – 1,52; В – 1,26; АВ – 2,15)



* контроль.

Рис. 2. Вплив абсорбенту на врожайність насіння різних сортів амаранту (2021–2023 рр.)
(НІР_{0,05}: А – 0,13; В – 0,08; АВ – 0,19)

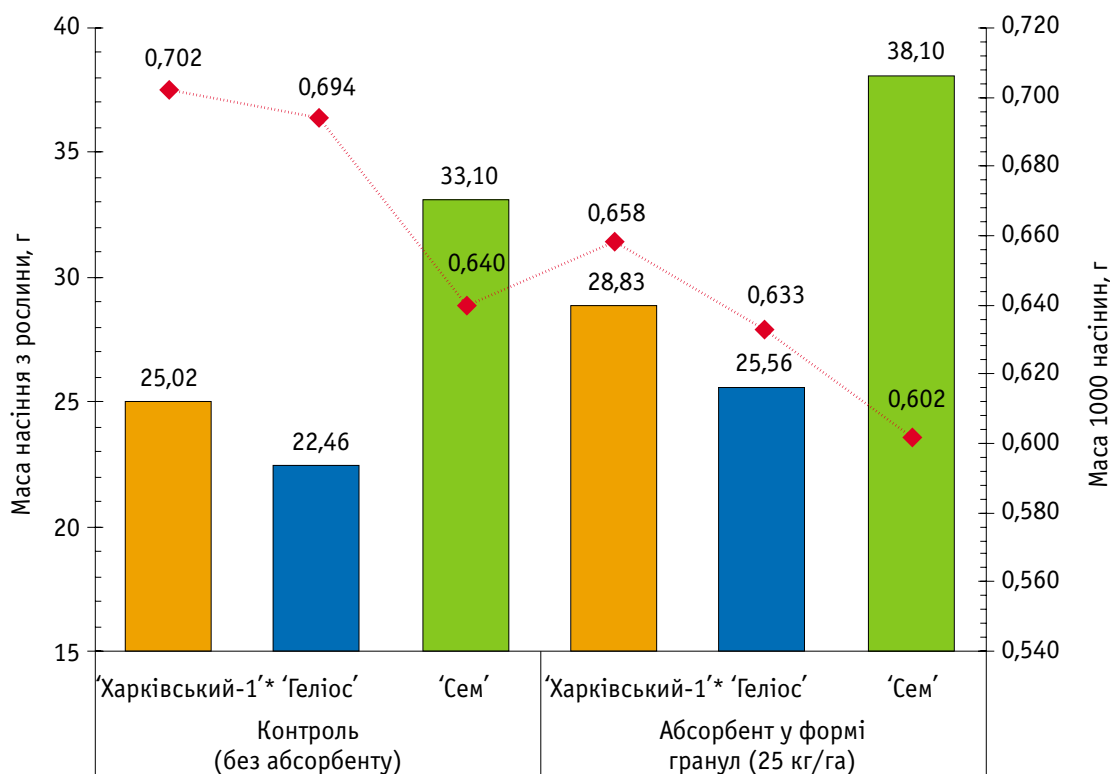


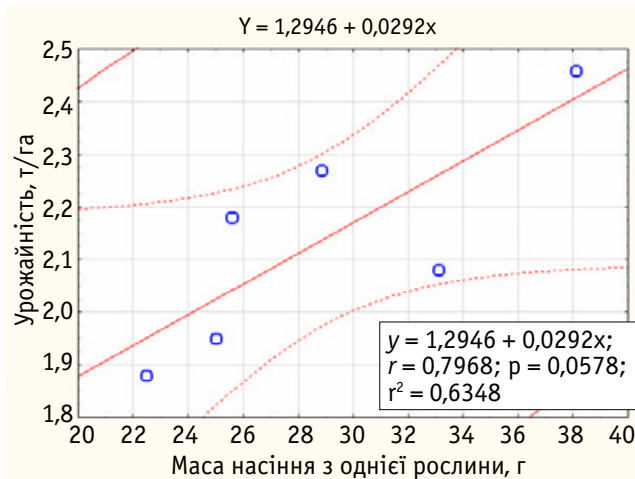
Рис. 3. Вплив абсорбенту на масу насіння з однієї рослини та масу 1000 насінин амаранту різних сортів (2021–2023 рр.)

(НІР_{0,05} маса насіння з рослини : А – 1,22; В – 0,96; АВ – 1,73; НІР_{0,05} маса 1000 насінин : А – 0,027; В – 0,020; АВ – 0,042)

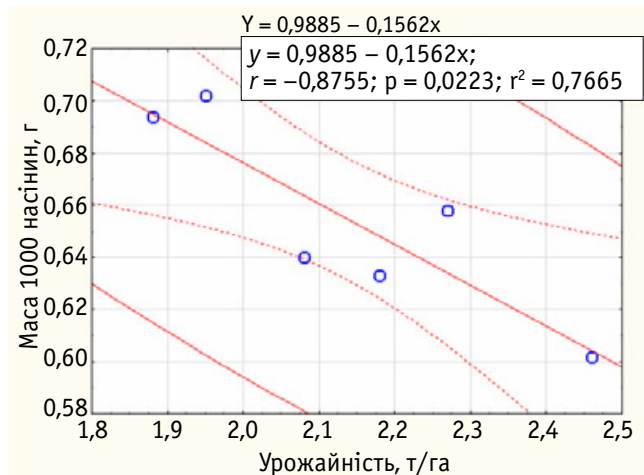
Дослідженнями визначено, що на показники структури врожаю суттєво впливають як сортові особливості, так і застосування абсорбенту. Встановлено, що маса насіння з однієї рослини неістотно збільшувалася, а маса 1000 насінин значно зменшувалася (рис. 3).

У процесі статистичного аналізу виявлено помітний зв'язок за шкалою Чеддока ($r = 0,79$; $r^2 = 0,63$) між врожайністю та масою насіння з однієї рослини: $y = 1,2946 + 0,0292x$, де x – маса насіння з рослини, г; y – урожайність, т/га (рис. 4А). Сильний зворотний

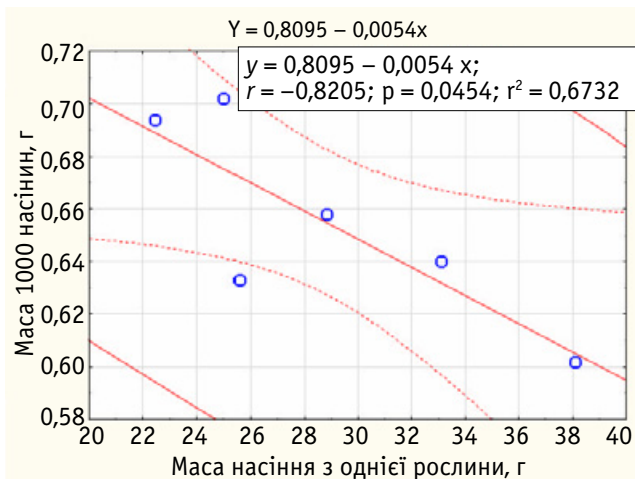
зв'язок встановлено між масою 1000 насінин і врожайністю [$r = -0,87$; $r^2 = 0,76$; рівняння регресії: $y = 0,9885 - 0,1562x$, де x – урожайність, т/га; y – маса 1000 насінин, г (рис. 4Б)], а також між масою 1000 насінин і масою насіння з однієї рослини [$r = -0,80$; $r^2 = 0,67$; рівняння регресії: $y = 0,8095 - 0,0054x$, де x – маса насіння з рослини, г; y – маса 1000 насінин, г (рис. 4В)]. З огляду на високі показники статистичної надійності рівнянь відповідну залежність зображено графічно на рисунку 4Г.



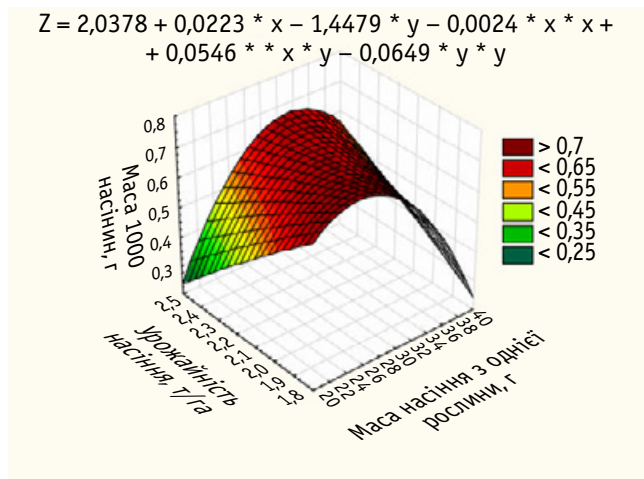
А



Б



В

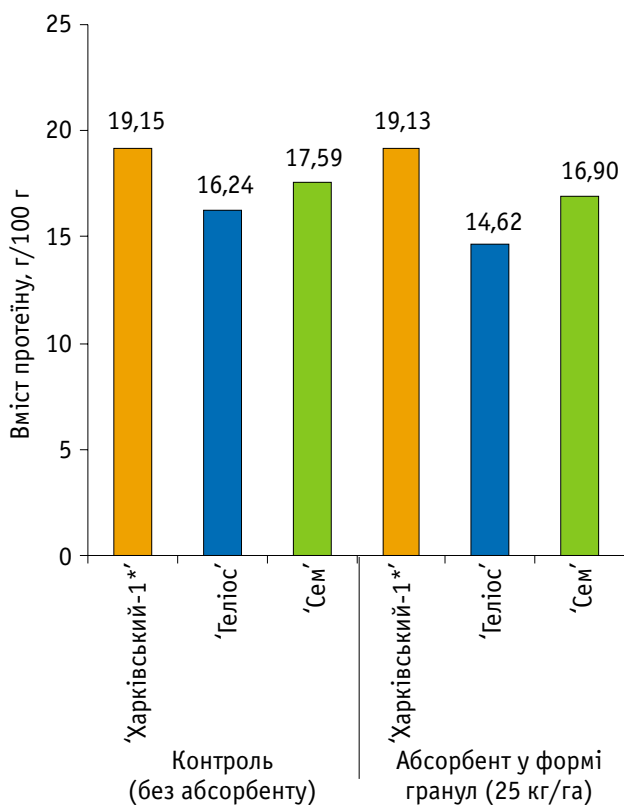


Г

Рис. 4. Статистичні моделі залежності між урожайністю та елементами структури врожаю амаранту (масою насіння з однієї рослини та масою 1000 насінин)

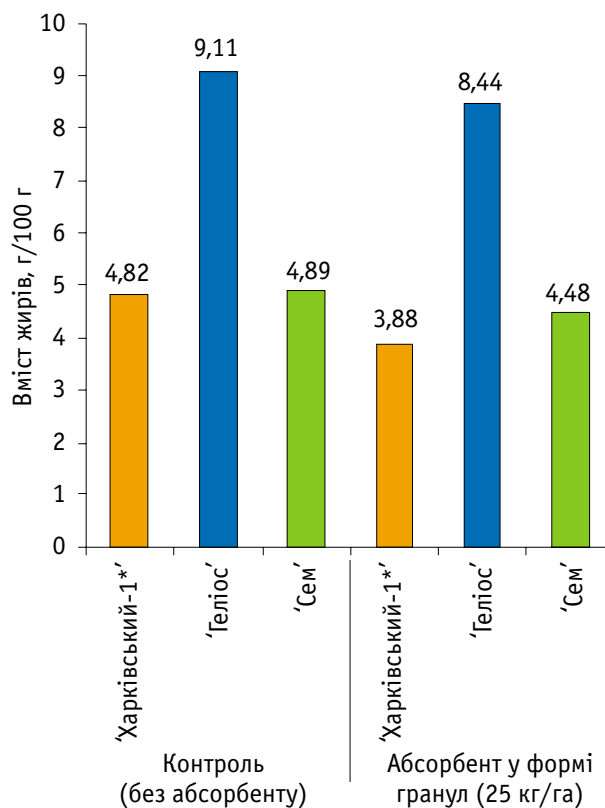
У процесі аналізу біохімічного складу насіння сортів амаранту встановлено високий вміст у ньому протеїну. Зокрема, найбільшою кількістю білка відзначився сорт 'Харківський-1' – 19,15 г/100 г в контролі та на 0,1% менше за дії абсорбенту. Також досить високі значення мав 'Сем' – 17,59–16,90 г/100 г. Сильною чутливістю до абсорбенту, а тому й зменшенням після його внесення концентра-

ції протеїну з 16,24 г/100 г (контроль) до 14,62 г/100 г (-10,0%) характеризувався 'Геліос'. Зниження значень за дії абсорбенту може бути пов'язане з тим, що білок вважають хорошим показником стійкості рослин проти дефіциту води, надходження якої спричиняє гідроліз і катаболізм білків, вивільняючи вільні амінокислоти (пролін) та аміак [19] (рис. 5).



* контроль.

Рис. 5. Вміст протеїну в насінні амаранту різних сортів і за умови застосування абсорбенту
($HIP_{0,05}$: A – 0,63; B – 0,51; AB – 0,89)



* контроль.

Рис. 6. Вплив абсорбенту на частку жирів у насінні амаранту різних сортів
($HIP_{0,05}$: A – 0,28; B – 0,24; AB – 0,41)

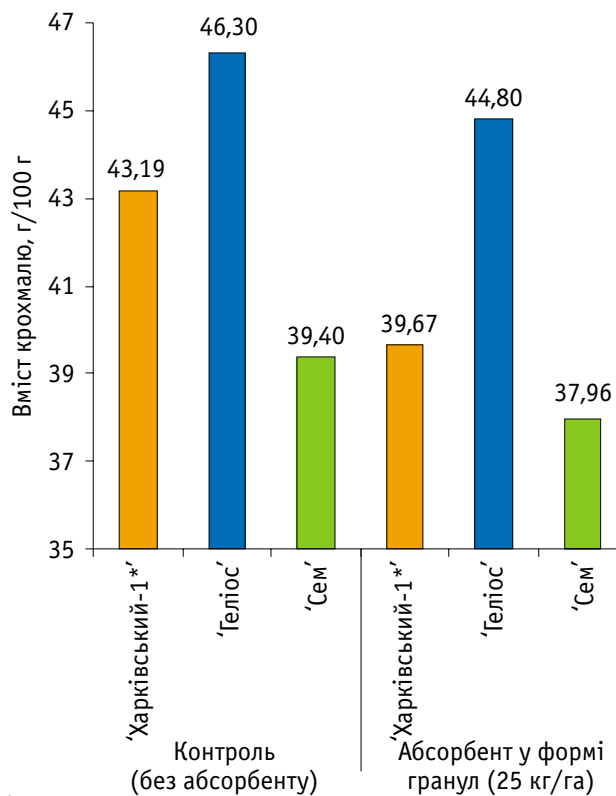
Насіння сорту 'Геліос' відрізнялося найбільшою часткою жирів – 8,4–9,1 г/100 г залежно від варіанта досліду. У сортів 'Харківський-1' і 'Сем' цей показник наближався до 5 г/100 г. За дії абсорбенту концентрація жирів зменшувалася на 7,4 ('Геліос'), 8,4 ('Сем') і 19,5% ('Харківський-1') (рис. 6).

Варіювання показника вмісту крохмалю між сортами було незначним ($CV = 7\%$). Найвищу концентрацію спостерігали у контрольному варіанті в сорту 'Геліос' (46,30 г/100 г), найнижчу – в сорту 'Сем' за умови внесення абсорбенту (37,96 г/100 г). Застосування останнього знижувало кількість крохмалю у зерні на 3,3–8,2% (рис. 7).

Максимальні втрати жирів, спричинені дією абсорбенту, відзначено в сорту 'Харківський-1'.

Висновки

За результатами проведених досліджень визначено, що застосування полімерного гідрогелю в ґрунт позитивно вплинуло на параметри індивідуальної продуктивності рослин амаранту та сприяло збільшенню врожайності насіння завдяки оптимізації водного режиму орного шару на 16,4 (сорт 'Харківський-1'), 16,0 ('Геліос') та 18,3% ('Сем'). Загалом, при-



* контроль.

Рис. 7. Вміст крохмалю в насінні амаранту залежно від сорту та абсорбенту
($HIP_{0,05}$: A – 2,29; B – 2,24; AB – 0,41)

ріст врожаю насіння був істотним (за взаємодією факторів А і В) лише у сорту 'Сем', вирошеного на фоні абсорбенту, – 2,46 т/га. Внесена норма полімерного гідрогелю акумулювала достатню кількість ґрунтової вологи для росту та розвитку рослин амаранту.

Оцінювання абсорбенту за вмістом окремих сполук біохімічного складу продемонструвало істотне зменшення концентрації протеїну, жирів і крохмалю за взаємодією двох факторів.

Використана література

- Abdallah A. M. The effect of hydrogel particle size on water retention properties and availability under water stress. *International Soil and Water Conservation Research*. 2019. Vol. 7, Iss. 3. P. 275–285. doi: 10.1016/j.iswcr.2019.05.001
- Gholamhoseini M., Habibzadeh F., Ataei R. et al. Zeolite and hydrogel improve yield of greenhouse cucumber in soil less medium under water limitation. *Rhizosphere*. 2018. Vol. 6. P. 7–10. doi: 10.1016/j.rhisph.2018.01.006
- Kabir S. M. F., Sikdar P. P., Haque B. et al. Cellulose based hydrogel materials: Chemistry, properties and their prospective applications. *Progress in Biomaterials*. 2018. Vol. 7, Iss. 3. P. 153–174. doi: 10.1007/s40204-018-0095-0
- Pereira B. D. J., Rodrigues G. A., Santos A. R. et al. Watermelon initial growth under different hydrogel concentrations and shading conditions. *Revista Caatinga*. 2019. Vol. 32, Iss. 4. P. 915–923. doi: 10.1590/1983-21252019v32n407rc
- Улянич О. І., Діденко І. А., Кухнюк О. В., Прудкий Р. І. Урожайність і якість шпинату і селери залежно від форми гідрогелю. *Збірник наукових праць Уманського НУС. Сільськогосподарські науки*. 2018. Вип. 93. С. 209–221. doi: 10.31395/2415-8240-2018-93-1-209-221
- Ulianych O., Kostetska K., Vorobiova N. et al. Growth and yield of spinach depending on absorbents' action. *Agronomy Research*. 2020. Vol. 18, Iss. 2. P. 619–627. doi: 10.15159/AR.20.012
- Улянич О. І., Діденко І. А. Продуктивність рослин селери черешкової за застосування різних форм гідрогелю. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва*. 2017. № 2. С. 214–218.
- Улянич О. І., Ковтунюк З. І., Воробйова Н. В. та ін. Ефективність вирощування розсади селери черешкової за застосування гідрогелю. *Овочівництво і баштанництво*. 2019. Вип. 65. С. 46–53.
- Havrilyuk M., Fedorenko V., Ulianych O. et al. Effect of superabsorbent on soil moisture, productivity and some physiological and biochemical characteristics of basil. *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19, Iss. 2. P. 394–407. doi: 10.15159/AR.21.080
- Улянич О. І., Воробйова Н. В., Наумчук В. М. Урожайність картоплі ранньої залежно від сорту та застосування абсорбентів. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2015. Вип. 19. С. 48–55.
- Яценко В. В., Воробйова Н. В. Продукційні процеси посівів помідора за використання абсорбуючих матеріалів в умовах Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 127. С. 186–191. doi: 10.32851/2226-0099.2022.127.23
- Яценко В. В., Воробйова Н. В., Яценко А. О. та ін. Формування продуктивності гарбуза великоплідного за післядії абсорбентів. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2023. Вип. 130. С. 301–306. doi: 10.32851/2226-0099.2023.130.41
- Yatsenko V., Poltoretskyi S., Mostoviak I. et al. The effect of superabsorbent and different rates of the local fertilizer on garlic productivity in the forest-steppe of Ukraine. *Agraartea-dus*. 2022. Vol. 33, Iss. 1. P. 209–221. doi: 10.15159/jas.22.21
- Багай Т. Вплив Максимуміну на ріст, розвиток та зернову продуктивність бобів кормових в умовах західного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2016. Вип. 31, № 2. С. 165–168.
- Ternavskiy A., Shchetyna S., Slobodiansky H. et al. Influence of various forms of absorbent and mulching materials on the yield of vining cucumber and fruit quality in the Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25, Iss. 3. P. 42–54. doi: 10.48077/scihor.25(3).2022.42-54
- Новак А. В., Новак В. Г. Агротемпературні умови 2020–2021 сільськогосподарського року за даними метеостанції Умань. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. № 1. С. 23–26. doi: 10.31395/2310-0478-2022-1-23-26
- Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. Харків : Основа, 2001. 369 с.
- Nielsen S. S. Food Analysis. New York, NY : Springer, 2010. 602 p. doi: 10.1007/978-1-4419-1478-1
- Fayed T. B., Abdrabbo M. A. A., Maha M. et al. Irrigation requirements of Faba-Bean under two climatic locations in Egypt. *Journal of General Virology*. 2018. Vol. 6, Iss. 2. P. 85–94. doi: 10.21608/ejar.2018.135777

References

- Abdallah, A. M. (2019). The effect of hydrogel particle size on water retention properties and availability under water stress. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(3), 275–285. doi: 10.1016/j.iswcr.2019.05.001
- Gholamhoseini, M., Habibzadeh, F., Ataei, R., Hemmati, P., & Ebrahimiyan, E. (2018). Zeolite and hydrogel improve yield of greenhouse cucumber in soil less medium under water limitation. *Rhizosphere*, 6, 7–10. doi: 10.1016/j.rhisph.2018.01.006
- Kabir, S. M. F., Sikdar, P. P., Haque, B., Bhuiyan, M. A. R., Ali, A., & Islam, M. N. (2018). Cellulose based hydrogel materials: Chemistry, properties and their prospective applications. *Progress in Biomaterials*, 7(3), 153–174. doi: 10.1007/s40204-018-0095-0
- Pereira, B. D. J., Rodrigues, G. A., Santos, A. R. D., Anjos, G. L. D., & Costa, F. M. (2019). Watermelon initial growth under different hydrogel concentrations and shading conditions. *Revista Caatinga*, 32(4), 915–923. doi: 10.1590/1983-21252019v32n407rc
- Ulianych, O. I., Didenko, I. A., Kuchnyuk O. V., & Prudky R. I. (2018). Yield and quality of spinach and celery depending on the form of the hydrogel. *Collected Works of Uman National University of Horticulture. Agricultural Sciences*, 93, 209–221. doi: 10.31395/2415-8240-2018-93-1-209-221 [In Ukrainian]
- Ulianych, O., Kostetska, K., Vorobiova, N., Shchetyna, S., Slobodyanyk, G., & Shevchuk, K. (2020). Growth and yield of spinach depending on absorbents' action. *Agronomy Research*, 18(2), 619–627. doi: 10.15159/AR.20.012
- Ulianych, O. I., & Didenko, I. A. (2017). Productivity of celery stalk plants using different forms of hydrogel. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*, 2, 214–218. [In Ukrainian]
- Ulianych, O. I., Kovtunyk, Z. I., Vorobiova, N. V., Didenko, I. A., & Yatsenko, V. V. (2019). Effectiveness of growing celery seedlings using hydrogel. *Vegetable and Melon Growing*, 65, 46–53. [In Ukrainian]
- Havrilyuk, M., Fedorenko, V., Ulianych, O., Kucher, I., Yatsenko, V., Vorobiova, N., & Lazariyev, O. (2021). Effect of superabsorbent on soil moisture, productivity and some physiological and biochemical characteristics of basil. *Agronomy Research*, 19(2), 394–407. doi: 10.15159/AR.21.080
- Ulianych, O. I., Vorobiova, N. V., & Naumchuk, V. M. (2015). The yield of early potatoes depends on the variety and the use of absorbents. *Journal of Lviv National Agrarian University. Agronomy*, 19, 48–55. [In Ukrainian]
- Yatsenko, V. V., & Vorobiova, N. V. (2022). Production processes of tomato crops using absorbent materials in the conditions of

- the forest-steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 127, 186–191. doi: 10.32851/2226-0099.2022.127.23 [In Ukrainian]
12. Yatsenko, V. V., Vorobiova, N. V., Yatsenko, A. O., Rogalsky, S. V., & Sichkar, A. O. (2023). Formation of the productivity of the large fruit pumpkin in the effect of the absorbent. *Taurian Scientific Herald*, 130, 301–306. doi: 10.32851/2226-0099.2023.130.41 [In Ukrainian]
 13. Yatsenko, V., Poltoretskyi, S., Mostoviak, I., Vorobiova, N., Lazariiev, O., & Kravchenko, V. (2022). The effect of superabsorbent and different rates of the local fertilizer on garlic productivity in the forest-steppe of Ukraine. *Agraarteadus*, 33(1), 209–221. doi: 10.15159/jas.22.21
 14. Bagai, T. (2016). The influence of Maksymarin on the growth, development and grain productivity of fodder beans in the conditions of the western forest-steppe of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 31(2), 165–168. [In Ukrainian]
 15. Ternavskiy, A., Shchetyna, S., Slobodianyuk, H., Ketskalov, V., & Zabolotnyi, O. (2022). Influence of various forms of absorbent and mulching materials on the yield of vining cucumber and fruit quality in the Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 25(3), 42–54. doi: 10.48077/sci-hor.25(3).2022.42-54
 16. Novak, A. V., & Novak, V. H. (2022). Agrometeorological conditions of the 2020–2021 agricultural year according to the Uman weather station. *Bulletin of the Uman National University of Horticulture*, 1, 23–26. doi: 10.31395/2310-0478-2022-1-23-26 [In Ukrainian]
 17. Bondarenko, H. L., & Yakovenko, K. I. (Eds.). (2001). *Methods of conducting experiments in vegetable and melon growing* (3rd ed., rev. and enl.). Kharkiv: Osnova. [In Ukrainian]
 18. Nielsen, S. S. (2010). *Food Analysis*. New York, NY: Springer. doi: 10.1007/978-1-4419-1478-1
 19. Fayed, T. B., Abdrabbo, M. A. A., Maha, M., Hamada, A., Hashem, F. A., & Hegab, A. S. (2018). Irrigation requirements of Faba-Bean under two climatic locations in Egypt. *Journal of General Virology*, 6(2), 85–94. doi: 10.21608/ejar.2018.135777

UDC 633.2 [631.526.3:631.559:66.022.34(477.46)]

Yatsenko, V. V.*, **Yatsenko, N. V.**, **Rogalskyi, S. V.**, **Sichkar, A. O.**, & **Novak, Yu. V.** (2023). Formation of productivity of amaranth varieties in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine under the influence of MaxiMarin absorbent. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4), 262–269. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291231>

*Uman National University of Horticulture, 1 Instytutska St., Uman, Cherkasy region, 20301, Ukraine, *e-mail: slaviksklav16@gmail.com*

Purpose. To carry out an economic evaluation of amaranth varieties 'Kharkivskiyi-1', 'Helios' and 'Sem' for the application of MaxiMarin absorbent used to compensate for lack of rainfall and uneven moisture in the forest steppe of Ukraine. **Methods.** During 2021–2023, three varieties of amaranth and MaxiMarin brand absorbent in the form of granules were studied in the field (Uman, 48°46'N, 30°14'E) at an application rate of 25 kg/ha. The varieties were evaluated according to the following parameters: weight of leaves, inflorescence and roots, yield of green mass in the flowering and full maturity phases. Amaranth grain yield, protein, fat and starch content were also determined. The methods of analysis of variance and correlation were used.

Results. The absorbent applied had a significant effect on the productivity indicators, which were characterized by a significant difference between varieties. In particular, the average increase in the mass of leaves per plant for the studied varieties of amaranth was 12.2%, the mass of inflorescence – 8.9%, or 3.6 g/plant. The variety 'Kharkivskiyi-1' responded best to the introduction of an absorbent that improved growth conditions, the weight of its inflorescence increased by 12.6%, or 5.3g/plant. The strengthening of

growth processes was made possible by the improved development of the root system and an increase in its mass, depending on the variety, of 12.3–24.6% (2.1–3.0 g/plant). At the same time, total plant weight increased by an average of 12.4% (11.2–13.3% in different varieties). Green mass yield increased by 13.6–16.5% (4.75–5.75 t/ha) due to the use of absorbent and was in the range of 33.0–40.0 t/ha. The highest values were characterized by the variety 'Sem' – 34.3 t/ha in the control and 40.0 t/ha in the experiments with added absorbent. Its application also caused an increase in the yield of different varieties of amaranth by 0.30–0.38 t/ha or 16.0–18.3% (the most productive was the variety 'Sem' – 2.08 and 2.46 t/ha, depending on the variant of the experiment) and a significant decrease in the concentration of protein (by 0.1–10.0%), fats (by 7.4–19.5%) and starch (by 3.2–8.2%). **Conclusions.** Absorbents are an effective tool for levelling moisture imbalances and ensuring maximum realization of the productive potential of amaranth, but improving the water regime has a negative effect on the accumulation of protein, fats and starch.

Keywords: *productivity; green mass; seeds; protein; starch; fats.*

*Надійшла / Received 02.11.2023
Погоджено до друку / Accepted 17.11.2023*

Поліфенольні сполуки та аскорбінова кислота рослин видів роду *Arctium* L., інтродукованих у Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка

О. В. Сокол*, Д. Б. Рахметов, Н. І. Джуренко, О. П. Паламарчук

Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України, вул. Садово-ботанічна, 1, м. Київ, 01014, Україна,
*e-mail: sokoloksana23@ukr.net

Мета. Дослідити накопичення катехінів, антоціанів, лейкоантоціанів та аскорбінової кислоти в рослинах видів роду *Arctium*, інтродукованих у Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка. **Методи.** Об'єктом досліджень слугували інтродуковані рослини роду *Arctium*, а саме: *A. lappa* L. (лопух справжній), *A. tomentosum* Mill. (лопух повстистий), *A. nemorosum* Lej. (лопух дібровний) та *A. minus* Bernh (лопух малий). Фітохімічні аналізи дослідних зразків органів рослин проводили у різних фазах онтогенезу. Вільні катехіни, антоціани та лейкоантоціани визначали фотоколориметричним методом. **Результати.** Встановлено, що рослини другого року вегетації накопичують більше катехінів ніж однорічні. Максимальна їх кількість – у листових пластинках *A. lappa* та *A. minus* у фазі бутонізації ($180,0 \pm 0,3$ та $144,0 \pm 0,1$ мг% відповідно). Вміст лейкоантоціанів у листових пластинках однорічних рослин варіював від $72,0 \pm 0,4$ (*A. lappa*) до $660,0 \pm 0,6$ мг% (*A. minus*); дворічних – від $18,0 \pm 0,6$ (*A. nemorosum*) до $165,0 \pm 0,5$ мг% (*A. lappa*). Найбільше цих сполук виявлено в листовій пластинці *A. minus* першого року вегетації. Кількість антоціанів у листових пластинках однорічних рослин змінювалася від $9,0 \pm 0,1$ (*A. nemorosum*) до $42,0 \pm 0,4$ мг% (*A. minus*), у черешках – від $9,8 \pm 0,06$ (*A. tomentosum*) до $117,0 \pm 0,6$ мг% (*A. minus*). На другий рік вегетації їх накопичення становило від $12,0 \pm 0,3$ (*A. minus*) до $42,0 \pm 0,6$ мг% (*A. tomentosum*) у листових пластинках та від $9,6 \pm 0,1$ (*A. tomentosum*) до $48,0 \pm 0,1$ мг% (*A. nemorosum*) у черешках. Найбільше антоціанів виявлено в черешках *A. minus* першого року вегетації. **Висновки.** За результатами фітохімічних досліджень встановлено, що рослини видів роду *Arctium*, інтродуковані в Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка, протягом вегетації накопичують різну кількість фенольних сполук. Виявлено залежність між часткою флавоноїдів у листках та температурою повітря. Збільшення вмісту антоціанів відбувається за зниження температури, а катехінів, навпаки, – за її підвищення. Максимальна кількість аскорбінової кислоти накопичується в листових пластинках однорічних рослин видів роду *Arctium*.

Ключові слова: види роду *Arctium*; лікарська рослинна сировина; катехіни; антоціани; лейкоантоціани; аскорбінова кислота.

Вступ

Попри швидкий розвиток фармацевтичної промисловості та розширення асортименту синтетичних препаратів рослини все ще залишаються одним з основних джерел біологічно активних сполук для виробництва як лікарських, так і фітозасобів ліку-

вально-профілактичного спрямування. Інтродукційні дослідження та процес введення рослин у культуру передбачають виявлення закономірностей між метаболізмом і накопиченням цінних речовин вторинного обміну. Важливе значення має вивчення динаміки накопичення в рослинах біологічно активних сполук з максимальним вмістом у фітосировині.

На особливу увагу заслуговують розповсюджені в усьому світі представники роду *Arctium* L. Загалом їх існує 19 видів, чотири – поширені в Україні [1], де їх використовують у медичній практиці, для лікування шлунково-кишкового тракту та стимулювання протипухлинної активності [2–4]. Результати фітохімічного скринінгу свідчать, що росли-

Oksana Sokol

<https://orcid.org/0000-0002-6297-7912>

Dzhamal Rakhmetov

<https://orcid.org/0000-0001-7260-3263>

Nadiia Dzhurenko

<https://orcid.org/0000-0001-8210-445X>

Olena Palamarchuk

<https://orcid.org/0000-0002-8649-6806>

ни видів роду *Arctium* здатні впродовж вегетаційного періоду синтезувати та акумулювати у високих концентраціях збалансований комплекс важливих біологічно активних сполук із широким спектром фізіологічної дії, що зумовлює поліфункціональність лікарських властивостей.

Натепер існують нечисленні дослідження з накопичення в сировині рослин видів роду *Arctium* таких фенольних сполук, як катехіни, лейкоантоціани та антоціани. Окремі публікації стосуються виявлення в сировині *A. minus* та *A. lappa* флавонолів, флавононів та їхніх глікозидів [5–9]. Різні органи рослин *A. lappa* синтезують різні флавоноїдні сполуки та накопичують неоднакову їх кількість. Зокрема, в коренях виявлено лютеолін і рамнозид кверцетина, в листках – рутин, кверцетин, кверцитрин і лютеолін, у сім'янках не знайдено жодного флавоноїда [10, 11].

У Харківському національному фармацевтичному університеті визначили кількісний вміст суми окиснюваних фенолів, гідроксикоричних кислот, флавоноїдів і дубильних речовин у коренях осінньої та весняної заготовлі, прикореневому та стебловому листі, стеблі, суцвітті та його осі, плодах, густих екстрактах коренів і листя *A. lappa*. Так, найвища сума окиснюваних фенолів ($7,53 \pm 0,51\%$) притаманна сім'янкам; гідроксикоричних кислот ($1,85 \pm 0,06\%$) і флавоноїдів ($1,66 \pm 0,06\%$) – прикореневому листю; дубильних речовин ($1,29 \pm 0,08\%$) – стеблу. В густому екстракті коренів також спостерігали значний вміст суми окиснюваних фенолів ($13,78 \pm 0,95\%$); у густому екстракті листя – гідроксикоричних кислот ($4,24 \pm 0,16\%$), флавоноїдів ($4,00 \pm 0,14\%$) і дубильних речовин ($1,04 \pm 0,07\%$) [12].

У процесі дослідження сировини рослин *A. lappa* (коренів, листків і сім'янок), що культивується в Єгипті, виявлено та вивчено якісно й кількісно 13 фенольних сполук, основними з яких були лігнани. Найбільшу антиоксидантну, гепатопротекторну, протизапальну та цитотоксичну активність встановлено для екстрактів насіння, що, ймовірно, можна пояснити високим вмістом фенольних сполук, зокрема флавоноїдів, лігнанів і фенольних кислот [13].

Італійськими вченими доведено антиоксидантну активність фенольних сполук у сім'янках, листках і коренях рослин *A. lappa* [11]. Дослідники найчастіше відзначають максимальне накопичення флавоноїдів під час бутонізації [14, 15], втім деякі вказують на найбільше їх скупчення у фазі квітну-

ня [16, 17]. На відміну від фенольних речовин аскорбінова кислота накопичується в листках першого року вегетації, тоді як на другий рік її вміст зменшується майже вдвічівтричі [5, 11].

З огляду на те, що велику вегетативну масу рослин роду *Arctium* раціонально не використовують, доцільно визначати рівень і характер накопичення фенольних сполук та аскорбінової кислоти протягом вегетації. Це дасть змогу виявляти перспективний генетичний потенціал особливо цінних рослин з метою подальшого використання в селекції та медичній практиці для створення ефективних лікувально-профілактичних засобів.

Мета досліджень – встановити особливості накопичення катехінів, антоціанів, лейкоантоціанів та аскорбінової кислоти в рослинах видів роду *Arctium* впродовж їхньої вегетації.

Матеріали та методика досліджень

Об'єктом досліджень слугували рослини чотирьох видів роду *Arctium* L. з колекції «Лікарські рослини» Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України (НБС). А саме: *A. lappa* L. (лопух справжній), *A. tomentosum* Mill. (лопух повстистий), *A. nemorosum* Lej. (лопух дібровний) та *A. minus* Bernh (лопух малий). Біохімічні аналізи дослідних зразків різних частин рослин (коренів, черешків і листової пластинки) здійснювали у фазах вегетації, відростання, бутонізації та квітнування впродовж 2015–2018 рр. Фенольні сполуки та аскорбінову кислоту визначали в біохімічній лабораторії медичної ботаніки НБС. Вільні катехіни, антоціани та лейкоантоціани встановлювали фотоколориметричним методом [19], а вміст аскорбінової кислоти – методом титрування [20]. Біохімічні дослідження проводили у трикратній повторності. Результати обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми «Microsoft Excel 98».

Результати досліджень

Вміст поліфенольних сполук у листових пластинках і черешках рослин *A. lappa*, *A. tomentosum*, *A. nemorosum* та *A. minus* першого та другого років вегетації протягом неї змінюється та пов'язаний з видовими особливостями і впливом температури повітря.

У листових пластинках рослин *A. lappa* першого року вегетації вміст катехінів варіював від $42,7 \pm 0,1$ до $50,4 \pm 0,1$ мг%, в *A. tomentosum* – від $36,0 \pm 0,1$ до $84,60 \pm 0,06$ мг%, в *A. minus* – від $9,0 \pm 0,1$ до $70,5 \pm 0,3$ мг%, в

A. nemorosum – від $9,0 \pm 0,08$ до $99,0 \pm 0,01$ мг%. У черешках накопичувалося значно менше цих сполук – від $4,8 \pm 0,1$ (*A. lappa*) до $34,2 \pm 0,1$ мг% (*A. tomentosum*). Зменшення показників, яке спостерігали наприкінці вегетації, пов'язане зі зниженням температури повітря. Другий рік вегетації характеризувався збільшенням кількості катехинів у листових пластинках, особливо в *A. lappa* ($180,0 \pm 0,3$ мг%) та *A. minus* ($144,0 \pm 0,1$ мг%) у фазі бутонізації, коли фіксували високі температури повітря (рис. 1).

Вміст лейкоантоціанів у листових пластинках рослин першого року вегетації варіював від $72,0 \pm 0,4$ (*A. lappa*) до $660,0 \pm 0,6$ мг% (*A. minus*), а в черешках – від $9,0 \pm 0,2$ (*A. lappa*) до $34,2 \pm 0,1$ мг% (*A. tomentosum*). Їхня кількість на другий рік становила від $18,0 \pm 0,6$ (*A. nemorosum*) до $165,0 \pm 0,5$ мг% (*A. lappa*) у листових пластинках і від $16,5 \pm 0,3$ (*A. tomentosum*) до $27,5 \pm 0,4$ мг% (*A. lappa*) у черешках. Найбільше цих сполук встановлено в рослинах *A. minus* першого року вегетації (рис. 2).

За результатами статистичного аналізу даних встановлено позитивний кореляційний зв'язок між рівнем накопичення катехинів і лейкоантоціанів.

Для рослин видів *A. lappa* та *A. minus* у перший рік вегетації кореляція становила $r = 0,43$ та $0,67$ відповідно, а для *A. minus* та *A. nemorosum* у другий рік – $r = 0,64$ та $0,61$ (табл. 1).

Таблиця 1

Дані кореляційного зв'язку між накопиченням катехинів і лейкоантоціанів у рослинах видів роду *Arctium* першого та другого років вегетації

	<i>A. lappa</i>	<i>A. minus</i>	<i>A. tomentosum</i>	<i>A. nemorosum</i>
Перший рік вегетації				
катехіни	43,2	54	36	22,5
	42,7	9	84,6	49,5
	42,3	40,5	42,3	99
	50,4	70,5	43,2	9
лейкоантоціани	81	56,1	99	495
	72	82,5	165	280
	106,2	122,1	181,5	113,5
	102,6	660	445,5	125,4
<i>r</i>	0,43	0,67	-0,14	-0,38
Другий рік вегетації				
катехіни	40,5	76,5	40,5	36
	180	144	90	27
	63	40,5	45	22,5
лейкоантоціани	165	108,9	148,5	82,5
	75,9	122,1	99	99
	66	115,5	33	18
<i>r</i>	-0,55	0,64	0	0,61

Вміст антоціанів у листових пластинках першого року вегетації змінювався від $9,0 \pm 0,1$ (*A. nemorosum*) до $42,0 \pm 0,4$ мг% (*A. minus*), у черешках – від $9,8 \pm 0,06$ (*A. tomentosum*) до $117,0 \pm 0,6$ мг% (*A. minus*). Їхня кількість на другий рік була меншою – від $12,0 \pm 0,3$ (*A. minus*) до $42,0 \pm 0,6$ мг% (*A. tomentosum*) у листових пластинках і від $9,6 \pm 0,1$ (*A. tomentosum*) до $48,0 \pm 0,1$ мг% (*A. nemorosum*) у черешках. Максимальне накопичення цих сполук виявлено в черешках *A. minus* наприкінці першого року вегетації, коли знижувалася температура повітря (рис. 3).

Отже, на основі аналізу отриманих даних і літературних джерел щодо інших груп рослин [21] можна зробити висновок, що на кількість флавоноїдних сполук впливає температура повітря, зокрема її зниження збільшує вміст антоціанів, а підвищення – частку катехинів.

Іншим показником біологічної цінності рослинної сировини, що визначає антиоксидантну активність, є вміст аскорбінової кислоти. Про явище синергізму останньої з флавоноїдами в регуляції окисно-відновних процесів відомо з літературних джерел [22]. Найбільше аскорбінової кислоти містилося в листових пластинках і черешках рослин роду *Arctium* першого року вегетації. А саме: в листовій пластинці *A. lappa* – $90,0 \pm 0,2$ (серпень, вересень, 2015), а також *A. minus* – $94,5 \pm 0,3$ мг% (вересень, 2015) (рис. 4).

Висновки

За результатами досліджень визначено, що рослини залежно від виду накопичують різну кількість флавоноїдних сполук. Так, найбільше катехинів синтезується в листових пластинках рослин *A. lappa* та *A. tomentosum* ($180,0$ і $144,0$ мг%) у фазі бутонізації; максимальний вміст лейкоантоціанів – у листових пластинках *A. minus* та *A. nemorosum* ($660,0$ і $495,0$ мг%) у другій декаді жовтня. В черешках *A. minus* у другій декаді жовтня встановлено значну кількість антоціанів ($117,0$ мг%).

На вміст флавоноїдних сполук впливає температура повітря, зокрема її зниження збільшує кількість антоціанів, а підвищення – частку катехинів. Найбільше аскорбінової кислоти містять листові пластинки однорічних рослин *A. minus* ($94,5 \pm 0,3$ мг%, вересень) та *A. lappa* ($90,0 \pm 0,2$ мг%, серпень, вересень), що дає змогу ефективно використовувати рослинну сировину видів роду *Arctium*.

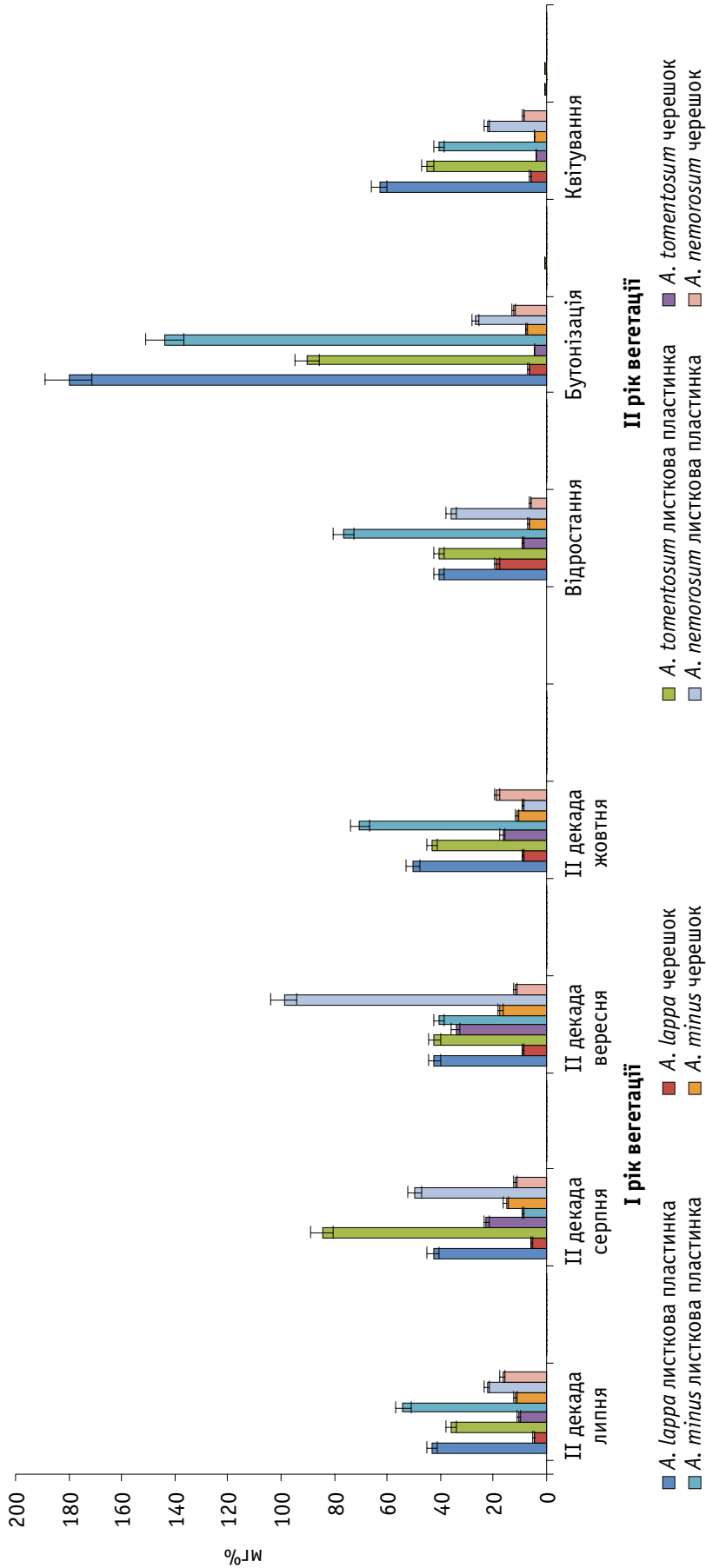


Рис. 1. Накопичення катехинів у рослинах видів роду *Arctium* протягом першого та другого років вегетації

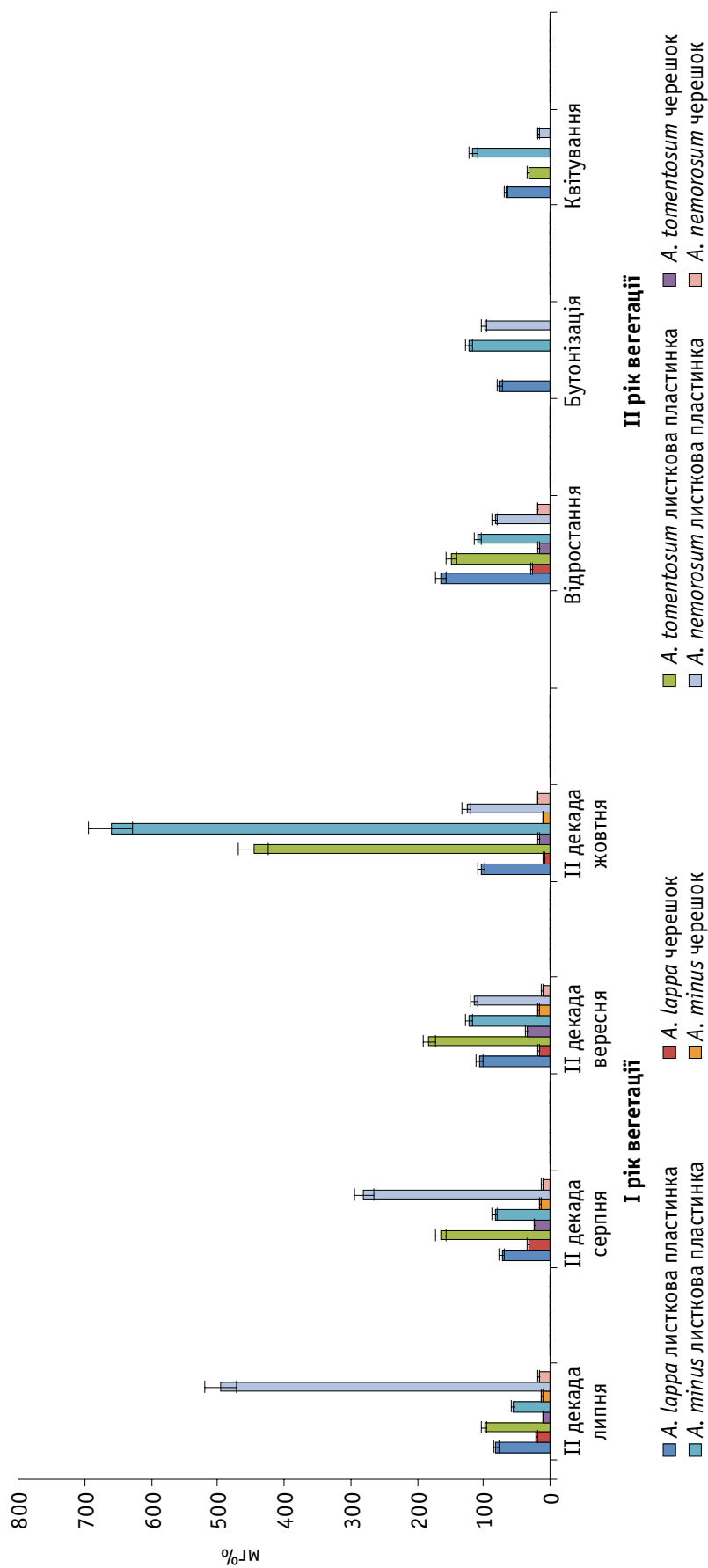


Рис. 2. Накопичення лейкоантоціанів у рослинах видів роду *Agrostis* протягом першого і другого років вегетації

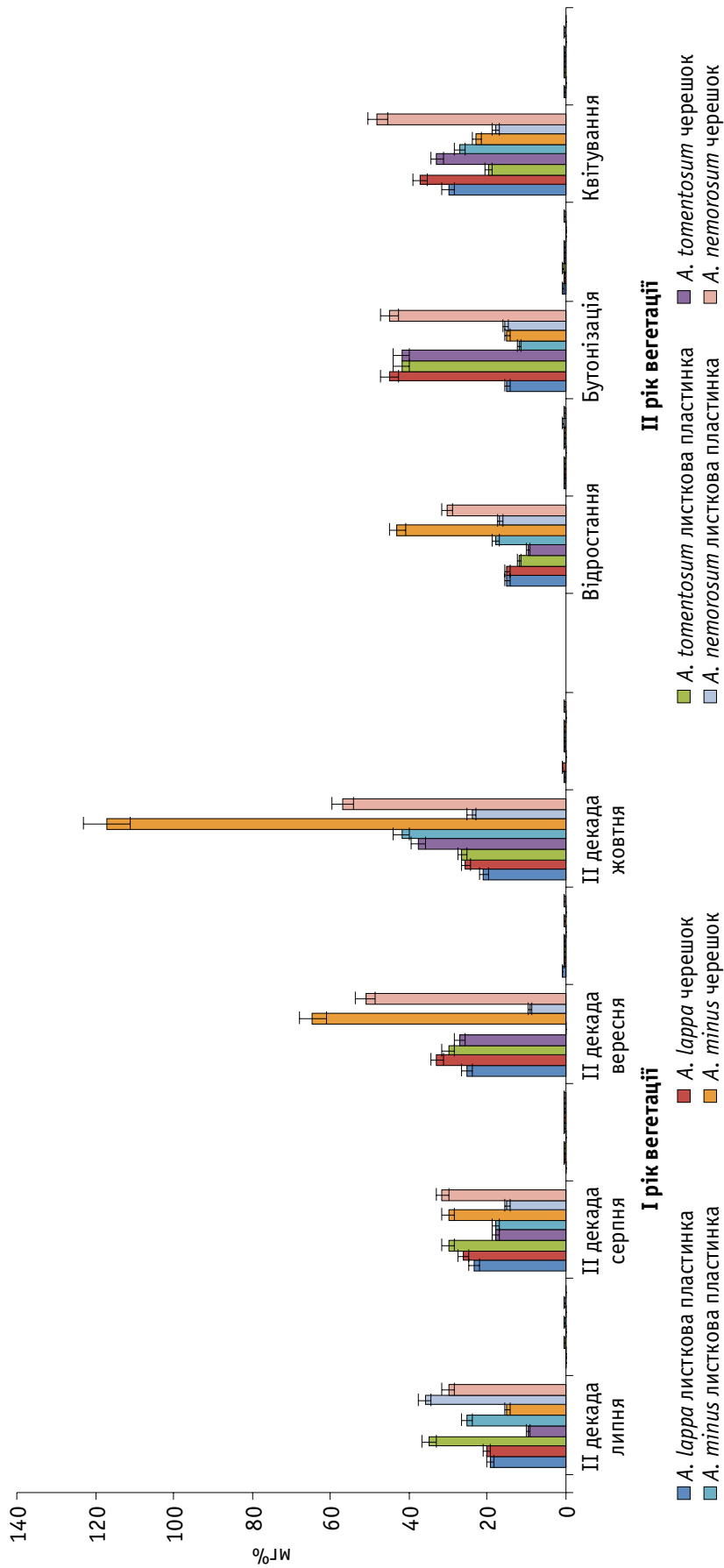


Рис. 3. Накопичення антоціанів у рослинах видів роду *Arctium* протягом першого і другого років вегетації

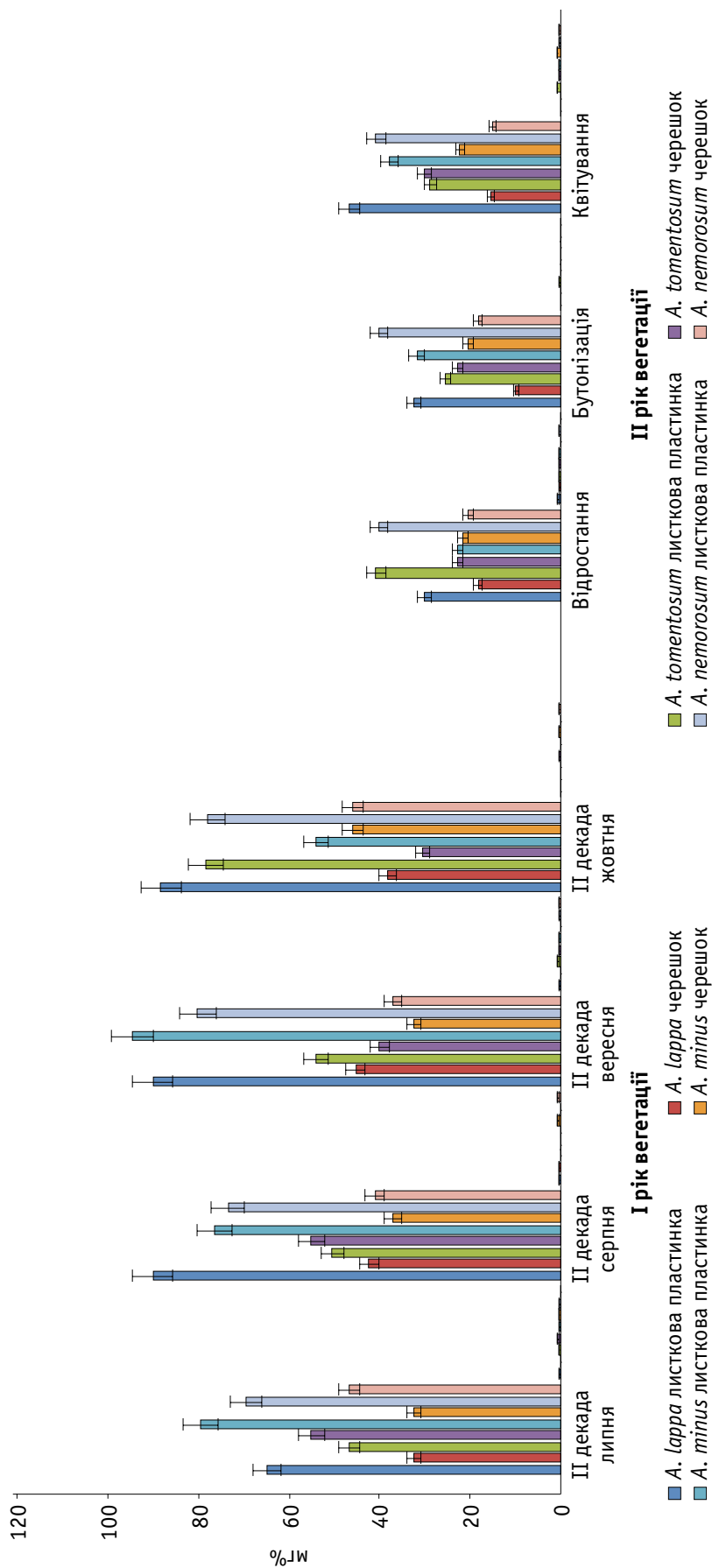


Рис. 4. Накопичення аскорбінової кислоти в рослинах видів роду *Argemone* протягом першого і другого років вегетації

Використана література

- Mosyakin S. L., Fedoronchuk M. M. Vascular plants of Ukraine a nomenclatural checklist. Kyiv : M. G. Kholodny Institute of Botany, 1999. 345 p.
- Pereira J. V., Bergamo D. C., Pereira J. O. et al. Antimicrobial activity of *Arctium lappa* constituents against microorganisms commonly found in endodontic infections. *Brazilian Dental Journal*. 2005. Vol. 16, Iss. 3. P. 192–196. doi: 10.1590/s0103-64402005000300004
- Guo J. F., Zhou J. M., Zhang Y. et al. Rhabdastrellic acid-A inhibited PI3K/Akt pathway and induced apoptosis in human leukemia HL-60 cells. *Cell Biology International*. 2008. Vol. 32, Iss. 1. P. 48–54. doi: 10.1016/j.cellbi.2007.08.009
- Dias M. M., Zuza O., Riani L. R. et al. *In vitro* schistosomicidal and antiviral activities of *Arctium lappa* L. (*Asteraceae*) against *Schistosoma mansoni* and *Herpes simplex virus-1*. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2017. Vol. 94. P. 489–498. doi: 10.1016/j.biopha.2017.07.116
- Saleh N. A. M., Bohm B. A. Flavonoids of *Arctium minus* (Compositae). *Experientia*. 1971. Vol. 27, Iss. 12. Article 1494. doi: 10.1007/Bf02154314
- Tamayo C., Richardson M. A., Diamond S., Skoda I. The chemistry and biological activity of herbs used in Flor-Essence (TM) herbal tonic and Essiac (TM). *Phytotherapy Research*. 2000. Vol. 14, Iss. 1. P. 1–14. doi: 10.1002/(sici)1099-1573(200002)14:1<1::aid-ptr580>3.0.co;2-o
- Yu B. S., Yan X. P., Xiong J. Y., Xin Q. Simultaneous determination of chlorogenic acid, forsythidin and arctiin in Chinese traditional medicines preparation by reversed phase-HPLC. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 2003. Vol. 51, Iss. 4. P. 421–424. doi: 10.1248/cpb.51.421
- Predes F. S., Ruiz A. L. T. G., Carvalho J. E. et al. Antioxidative and in vitro antiproliferative activity of *Arctium lappa* root extracts. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2011. Vol. 11, Iss. 1. Article 25. doi: 10.1186/1472-6882-11-25
- Tang Y. X., Lou Z. X., Rahman M. R. T. et al. Chemical composition and anti-biofilm activity of burdock (*Arctium lappa* L. *Asteraceae*) leaf fractions against *Staphylococcus aureus*. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2014. Vol. 13, Iss. 11. P. 1933–1939. doi: 10.4314/tjpr.v13i11.23
- Rajasekharan S. K., Ramesh S., Bakkiyaraj D. et al. Burdock root extracts limit quorum-sensing-controlled phenotypes and biofilm architecture in major urinary tract pathogens. *Urolithiasis*. 2015. Vol. 43, Iss. 1. P. 29–40. doi: 10.1007/s00240-014-0720-x
- Ferracane R., Graziani G., Gallo M. et al. Metabolic profile of the bioactive compounds of burdock (*Arctium lappa*) seeds, roots and leaves. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2010. Vol. 51, Iss. 2. P. 399–404. doi: 10.1016/j.jpba.2009.03.018
- Опрошанська Т. В., Хворост О. П. Кількісне визначення сполук фенольної природи в сировині та субстанціях лопуха великого. *Фітотерапія*. 2011. № 4. С. 69–71.
- Aboutabl E. A., Mahdy M. H., Sokkar N. M. et al. Bioactive lignans and other phenolics from the roots, leaves and seeds of *Arctium lappa* L. grown in Egypt. *Egyptian Pharmaceutical Journal*. 2012. Vol. 11, Iss. 1. P. 59–65. doi: 10.7123/01.EPJ.0000415466.17860.6a
- Тернинко І. І., Онищенко У. Е., Кисличенко В. С. Визначення кількісного вмісту флавоноїдів у надземних частинах окремих представників родини селерових. *Фармацевтичний часопис*. 2014. № 4. С. 11–15. doi: 10.11603/2312-0967.2009.4.3012
- Лукіна І., Гнітько І., Клочкова Я. Накопичення флавоноїдів у траві гірчака живородного флори України. *Фітотерапія*. 2022. № 1. С. 65–68. doi: 10.33617/2522-9680-2022-1-65
- Степанова С. І., Бойнік В. В., Гонтова Т. М. та ін. Вивчення динаміки накопичення флавоноїдів у пагонах карагани дерев'янистої. *Український біофармацевтичний журнал*. 2020. № 1. С. 68–70. doi: 10.24959/ubphj.20.250
- Баланчук Т. І., Мазулін О. В., Мазулін Г. В., Опрошанська Т. В. Дослідження накопичення поліфенольних сполук у флорній сировині будяка пониклого (*Carduus nutans* L.) рослин України. *Фармацевтичний журнал*. 2016. № 5. С. 86–91.
- Малюгіна О. О., Мазулін О. В., Смойловська Г. П. Визначення оптимальних термінів заготівлі чорнобривців прямостоячих (*Tagetes erecta* L.). *Фітотерапія*. 2018. № 1. С. 28–31.
- Фрукти, овочі та продукти їх переробки. Методи визначення вмісту поліфенолів: ДСТУ 4373:2005. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 6 с.
- Кучеренко М. Є., Бабенюк Ю. Д., Войціцький В. М. Сучасні методи біохімічних досліджень. Київ, 2001. 424 с.
- Кисличенко В. С., Журавель І. О., Марчишин С. М. Фармакогнозія / за ред. В. С. Кисличенко. Харків : Золоті сторінки, 2015. 736 с.
- Мельничук М. Д., Ліханов А. Ф., Коваленко Т. М., Ключаваденко А. А. Вторинні метаболіти та їх роль у системах адаптації і захисту рослин. Вінниця : Друк, 2022. 192 с.

References

- Mosyakin, S. L., & Fedoronchuk, M. M. (1999). *Vascular plants of Ukraine a nomenclatural checklist*. Kyiv: M. G. Kholodny Institute of Botany.
- Pereira, J. V., Bergamo, D. C. B., Pereira, J. O., Fran a, S. de C., Pietro, R. C. L. R., & Silva-Sousa, Y. T. C. (2005). Antimicrobial activity of *Arctium lappa* constituents against microorganisms commonly found in endodontic infections. *Brazilian Dental Journal*, 16(3), 192–196. doi: 10.1590/s0103-64402005000300004
- Guo, J., Zhou, J., Zhang, Y., Deng, R., Liu, J., Feng, G., ... Zhu, X. (2008). Rhabdastrellic acid-A inhibited PI3K/Akt pathway and induced apoptosis in human leukemia HL-60 cells. *Cell Biology International*, 32(1), 48–54. doi: 10.1016/j.cellbi.2007.08.009
- Dias, M. M., Zuza, O., Riani, L. R., de Faria Pinto, P., Pinto, P. L. S., Silva, M. P., ... Da Silva Filho, A. A. (2017). *In vitro* schistosomicidal and antiviral activities of *Arctium lappa* L. (*Asteraceae*) against *Schistosoma mansoni* and *Herpes simplex virus-1*. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 94, 489–498. doi: 10.1016/j.biopha.2017.07.116
- Saleh, N. A. M., & Bohm, B. A. (1971). Flavonoids of *Arctium minus* (Compositae). *Experientia*, 27, Article 1494. doi: 10.1007/Bf02154314
- Tamayo, C., Richardson, M. A., Diamond, S., & Skoda, I. (2000). The chemistry and biological activity of herbs used in Flor-Essence (TM) herbal tonic and Essiac (TM). *Phytotherapy Research*, 14(1), 1–14. doi: 10.1002/(sici)1099-1573(200002)14:1<1::aid-ptr580>3.0.co;2-o
- Yu, B. S., Yan, X. P., Xiong, J. Y., & Xin, Q. (2003). Simultaneous determination of chlorogenic acid, forsythidin and arctiin in Chinese traditional medicines preparation by reversed phase-HPLC. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 51(4), 421–424. doi: 10.1248/cpb.51.421
- Predes, F. S., Ruiz, A. L. T. G., Carvalho, J. E., Foglio, M. A., & Dolder, H. (2011). Antioxidative and in vitro antiproliferative activity of *Arctium lappa* root extracts. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 11(1), Article 25. doi: 10.1186/1472-6882-11-25
- Tang, Y. X., Lou, Z. X., Rahman, M. R. T., Al-Hajj, N. Q., & Wang, H. X. (2014). Chemical composition and anti-biofilm activity of burdock (*Arctium lappa* L. *Asteraceae*) leaf fractions against *Staphylococcus aureus*. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 13(11), 1933–1939. doi: 10.4314/tjpr.v13i11.23
- Rajasekharan, S. K., Ramesh, S., Bakkiyaraj, D., Elangomathavan, R., & Kamalanathan, C. (2015). Burdock root extracts limit quorum-sensing-controlled phenotypes and biofilm architecture in major urinary tract pathogens. *Urolithiasis*, 43(1), 29–40. doi: 10.1007/s00240-014-0720-x
- Ferracane, R., Graziani, G., Gallo, M., Fogliano, V., & Ritieni, A. (2010). Metabolic profile of the bioactive compounds of burdock (*Ar-*

- tium lappa*) seeds, roots and leaves. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 51(2), 399–404. doi: 10.1016/j.jpba.2009.03.018
12. Oproshanskaia, T. V., & Khvorost, O. P. (2011). Quantitative determination of phenolic compounds in raw materials and substances of large burdock. *Phytotherapy. Journal*, 4, 69–71. [In Ukrainian]
 13. Aboutabl, E. A., Mahdy, M. H., Sokkar, N. M., Sleem, A. A., & Shams, M. M. (2012). Bioactive lignans and other phenolics from the roots, leaves and seeds of *Arctium lappa* L. grown in Egypt. *Egyptian Pharmaceutical Journal*, 11(1), 59–65. doi: 10.7123/01.EPJ.0000415466.17860.6a
 14. Terninko, I. I., Onishchenko, U. E., & Kyslychenko, V. S. (2014). Determination of the quantitative content of flavonoids in the aerial parts of certain representatives of family *Apiaceae*. *Pharmaceutical Review*, 4, 11–15. doi: 10.11603/2312-0967.2009.4.3012 [In Ukrainian]
 15. Lukina, I., Hnitko, I., & Klochkova, Ya. (2022). Accumulation of flavonoids in mustard grass of the viviparous flora of Ukraine. *Phytotherapy*, 1, 65–68. doi: 10.33617/2522-9680-2022-1-65 [In Ukrainian]
 16. Stepanova, S., Boynik, V., Gontovaya, T., & Filatova, O. (2020). Study of flavonoids dynamic accumulation in the Siberian pea tree shoots. *Ukrainian Biopharmaceutical Journal*, 1, 68–70. doi: 10.24959/ubphj.20.250 [In Ukrainian]
 17. Balanchuk, T. I., Mazulin, O. V., Mazulin, H. V., & Oproshanska, T. V. (2016). The investigation accumulation of polyphenolic compounds in herbs of *Carduus nutans* L. of Ukraine flora. *Pharmaceutical Journal*, 5, 86–91. [In Ukrainian]
 18. Maliuhina, O. O., Mazulin, O. V., & Smoilovska, H. P. (2018). Determining the optimal harvesting time of marigolds (*Tagetes erecta* L.). *Phytotherapy*, 1, 28–31. [In Ukrainian]
 19. *Fruits, vegetables and derived products. Determination of polyphenols content: State standard of Ukraine 4373:2005*. (2006). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [In Ukrainian]
 20. Kucherenko, M. Ye., Babeniuk, Yu. D., & Voitsitskyi, V. M. (2001). *Suchasni metody biokhimichnykh doslidzhen* [Modern methods of biochemical research]. Kyiv: N.p. [In Ukrainian]
 21. Kyslychenko, V. S., Zhuravel, I. O., & Marchyshyn, S. M. (2015). *Farmakohnoziia* [Pharmacognosy]. V. S. Kyslychenko (Ed.). Kharkiv: Zoloti storinky. [In Ukrainian]
 22. Melnychuk, M. D., Likhanov, A. F., Kovalenko, T. M., & Kliuvadenko, A. A. (2022). *Vtorynni metabolity ta yikh rol u systemakh adaptatsii i zakhystu roslyn* [Secondary metabolites and their role in adaptation and protection systems of plants]. Vinnytsia: Druk. [In Ukrainian]

UDC 582.573.46:633.88

Sokol, O. V.*, Rakhmetov, D. B., Dzhurenko, N. I., & Palamarchuk, O. P. (2023). Polyphenolic compounds and ascorbic acid of plants of the genus *Arctium* L. introduced in the M. M. Hryshko National Botanical Garden. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4), 270–278. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291224>

M. M. Hryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine, 1 Sadovo-Botanicna St., Kyiv, 01014, Ukraine, *e-mail: sokoloksana23@ukr.net

Purpose. To study the accumulation of catechins, anthocyanins, leucoanthocyanins and ascorbic acid in plants of the genus *Arctium*, introduced to the M. M. Hryshko National Botanical Garden. **Methods.** Introduced plants of the genus *Arctium* were used for the study, namely *A. lappa* L. (greater burdock), *A. tomentosum* Mill. (woolly burdock), *A. nemorosum* Lej. (wood burdock) and *A. minus* Bernh. (lesser burdock). Phytochemical analyses of plant organ samples were carried out at different stages of ontogeny. Free catechins, anthocyanins and leucoanthocyanins were determined by the photocolometric method. **Results.** It was found that second year plants accumulate more catechins than first year plants. Their maximum amount is found in the leaf plates of *A. lappa* and *A. minus* in the budding phase (180.0 ± 0.3 and 144.0 ± 0.1 mg%, respectively). The content of leucoanthocyanins in the leaf plates of one-year-old plants varied from 72.0 ± 0.4 (*A. lappa*) to 660.0 ± 0.6 mg% (*A. minus*); two-year-old plants – from 18.0 ± 0.6 (*A. nemorosum*) to 165.0 ± 0.5 mg% (*A. lappa*). Most of these compounds were found in the leaf blade of *A. minus* in the first year of vegetation. The amount of anthocyanins in leaf plates of

one-year-old plants varied from 9.0 ± 0.1 (*A. nemorosum*) to 42.0 ± 0.4 mg% (*A. minus*), in petioles from 9.8 ± 0.06 (*A. tomentosum*) to 117.0 ± 0.6 mg% (*A. minus*). In the second year of vegetation, their accumulation ranged from 12.0 ± 0.3 (*A. minus*) to 42.0 ± 0.6 mg% (*A. tomentosum*) in leaf plates and from 9.6 ± 0.1 (*A. tomentosum*) to 48.0 ± 0.1 mg% (*A. nemorosum*) in petioles. Most anthocyanins were found in the petioles of *A. minus* from the first year of vegetation. **Conclusions.** The phytochemical studies established that plants of the *Arctium* genus, introduced to the M. M. Hryshko National Botanical Garden, accumulate varying amounts of phenolic compounds during the growing season. The proportion of flavonoids in leaves was found to be related to air temperature. An increase in temperature leads to a decrease in the content of anthocyanins, while an increase in catechins occurs due to a decrease in temperature. The leaf plates of annual plants belonging to the *Arctium* genus accumulate the highest levels of ascorbic acid.

Keywords: species of the genus *Arctium*; medicinal plant raw materials; catechins; anthocyanins; leucoanthocyanins; ascorbic acid.

Надійшла / Received 15.10.2023
Погоджено до друку / Accepted 25.11.2023

Сортовипробувальна мережа Івано-Франківщини: історичні витоки та етапи формування

С. І. Мельник¹, В. Г. Ситник^{1*}, Б. М. Макарчук¹, А. І. Бойко¹,
А. В. Семисал¹, А. І. Сидорчук¹, В. І. Паньків²

¹Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна,
*e-mail: svg8525@gmail.com

²Івано-Франківська філія Українського інституту експертизи сортів рослин, вул. Шевченка, 144, с. Котиківка,
Коломийський р-н, Івано-Франківська обл., 78106, Україна

Мета. Дослідити історичні витоки та етапи формування сортовипробувальної мережі Івано-Франківської області, де розташована одна з філій Українського інституту експертизи сортів рослин. **Методи.** Під час досліджень послуговувалися загальнонауковими методами, зокрема гіпотези, спостереження, історичним з елементами екстраполяції джерелознавчої бази даних, аналізу, а також методом синтезу для формування висновків. **Результати.** Поширені на території області сорти рослин відповідають загальноприйнятим у міжнародній практиці критеріям відмінності, однорідності та стабільності; задовольняють потреби споживачів за господарсько-цінними характеристиками; не загрожують довкіллю і здоров'ю людини. Сортовипробувальну мережу Івано-Франківської області створено в 1946 р., її діяльність координувала Інспектура Державної комісії по сортовипробуванню сільськогосподарських культур по Івано-Франківській області. У 2002 р. засновано Івано-Франківський обласний державний центр експертизи сортів рослин, який 2012 року став філією Українського інституту експертизи сортів рослин. **Висновки.** Формування сортових рослинних ресурсів на Івано-Франківщині відбувалося завдяки досить тривалим історичним етапам становлення та розвитку її сортовипробувальної мережі.

Ключові слова: сортодільниця; сортовипробування; Інспектура; сорт; насіння; сортомережа.

Вступ

Один із пріоритетів держави – це формування національних сортових ресурсів, які є продуктом інтелектуальної діяльності значної частини суспільства: генетиків, селекціонерів, фізіологів, біохіміків, математиків, економістів, екологів, сортовипробувачів та експертів-дослідників.

Розвиток аграрної науки та зростання потреб суспільства в конкурентоспроможних сортах на вітчизняному та міжнародному ринках сьогодні обумовлені державною охороною сортів і прав селекціонера. Держава забезпечує якість реєстрації прав на сорти, поширені на території України, охорону майнових прав селекціонера відповідно до вимог Міжнародного Союзу з охорони нових сортів (UPOV) та впровадження сортової сертифікації насіння і садивного матеріалу в Україні згідно з вимогами Міжнародної організації економічної співпраці та розвитку (OECD) [1].

На сьогодні головне завдання аграрної політики держави полягає у збільшенні виробництва та підвищенні якості продукції рослинництва. Одним з етапів його вирішення є сортозаміна та сортооновлення сортових рослинних ресурсів, що забезпечують реалізацію продовольчої безпеки держави та можуть бути використані в селекційній практиці

Подальше формування сортових рослинних ресурсів потребує вдосконалення в за-

Serhii Melnyk
<https://orcid.org/0000-0002-5514-5819>

Valerii Sytnyk
<https://orcid.org/0000-0003-2016-9228>

Bohdan Makarchuk
<https://orcid.org/0009-0003-4957-8399>

Andrii Boiko
<https://orcid.org/0000-0003-2970-5429>

Anna Semysal
<https://orcid.org/0000-0002-5918-4233>

Alina Sydorчук
<https://orcid.org/0000-0001-6791-7778>

Vasyl Pankiv
<https://orcid.org/0009-0003-4440-3768>

конодавчому та методичному аспектах. Організаційне, науково-технічне, технологічне, фінансове, кадрове та інше забезпечення має бути переглянуте відповідно до міжнародних вимог і гармонізоване для потреб суспільства.

Датою зародження державного сортовипробування вважають 1923 р. [2]. Впродовж сторіччя воно динамічно трансформувалося від започаткованої Всеукраїнської спілки насінництва до створеного у 2002 р. Українського інституту експертизи сортів рослин.

Сорти, які поширені на території України і мають державну реєстрацію, відповідають критеріям відмінності, однорідності та стабільності; задовольняють потреби споживачів за господарсько-цінними характеристиками; не загрожують довкіллю і здоров'ю людини [3]. Концептуальні засади формування національних сортових рослинних ресурсів передбачають аналіз стану загальновідомих сортів, перспективу їхнього розвитку та економічну доцільність комерційного обігу [4].

Сорт як біологічний об'єкт під час науково-технічної експертизи трансформується і набуває статусу об'єкта інтелектуальної власності, який охороняється державою [5]. Саме державна реєстрація сорту та/або прав на нього забезпечує його комерційний обіг. Насіння і садивний матеріал є прямими матеріальними носіями сорту, що забезпечують автентичність у процесі відтворення. Ідентифікація сортів рослин є основою сортової сертифікації, яка дозволяє обіг конкурентоспроможних сортів на ринку, збільшення обсягів виробництва та підвищення якості продукції рослинництва, що акумулює національні сортові рослинні ресурси, забезпечуючи стабільність галузі як складника продовольчої безпеки держави [6].

Концепція формування національних сортових рослинних ресурсів в Івано-Франківській області з жовтня 1945 р. першочергово передбачала комплексне оцінювання сортів за господарсько-цінними характеристиками в умовах Прикарпатського регіону [7]. Історичні етапи становлення та розвитку сортовипробувальної мережі Івано-Франківщини охоплюють господарсько-економічні, соціально-політичні та територіальні аспекти діяльності області [8]. Сьогодні базовою науково-дослідною установою з проведення комплексу польових і лабораторних досліджень з державної науково-технічної експертизи сортів рослин на Івано-Франківщині є Івано-Франківська філія Українського інституту експертизи сортів рослин.

Мета роботи – дослідити історичні витоки та етапи формування сортовипробувальної

мережі Івано-Франківської області, де розташована одна з філій Українського інституту експертизи сортів рослин.

Матеріали та методика досліджень

Івано-Франківська область (від 27 листопада 1939 до 9 листопада 1962 р. – Станіславська) утворена 27 листопада 1939 р. з десяти повітів Станіславівського воеводства. Вона розташована на заході України й займає північно-східну частину Українських Карпат, Прикарпатську та Придністровську зони.

У Придністровській зоні поширені переважно чорноземи опідзолені та сірі опідзолені ґрунти. Чорноземи опідзолені містять в орному шарі достатню кількість гумусу (3,6–4,2%) та мають близьку до нейтральної або нейтральну реакцію ґрунтового розчину. Ступінь насичення увібраних основ – 80%. Ці ґрунти характерні для лісостепової зони, куди входять Городенківський, Рогатинський, Снятинський та Тлумацький райони. Сірі опідзолені ґрунти мають дещо нижчу родючість. Вміст гумусу змінюється від 2,5 до 3,5%. Ступінь насичення основами – 74,7%.

Протягом року в Івано-Франківській області випадає 470–680 мм атмосферної вологи, сума активних температур – 2100–2300 °С. Значної шкоди сільському господарству завдає град, що супроводжується сильними зливами та грозами у травні – серпні. У весняно-літній період дощі випадають нерівномірно. Навіть добре зволожені райони деякими роками потерпають від нестачі атмосферних опадів. Посушливі явища нечасті та тривають від 10 до 20 діб.

Івано-Франківська філія Українського інституту експертизи сортів рослин розташована у селі Котиківка Городенківської об'єднаної територіальної громади Коломийського району Івано-Франківської області. З півночі й південного заходу село оточене лісами та балками. Вода з ярів впадає в річку Дністер (рис.).

З економічного погляду якість землі як головного засобу виробництва визначається природною родючістю, оцінка якої для регіону Прикарпаття становить 30 балів. Це означає, що Івано-Франківська область розташована у зоні ризикованого землеробства, втім попри такі ґрунтово-кліматичні умови тут щороку збирають досить високі врожаї. Саме тому область у переліку кращих з виробництва сільськогосподарської продукції.

Предмет досліджень – сорти ботанічних таксонів, які проходили державне сортовипробування у різні історичні етапи, в часі та просторі. Для роботи використовували уніфіковані методики сортовипробування. *Мето-*



Рис. Сучасна територіальна карта Івано-Франківської області

ди досліджень – загальнонаукові, зокрема гіпотеза, спостереження, історичний з елементами екстраполяції джерелознавчої бази даних, аналіз, а також метод синтезу для формування висновків.

Результати досліджень

Датою зародження сортовипробувальної мережі в Івано-Франківській (колишній Станіславській) області можна вважати жовтень 1945 року, коли було утворено Інспектуру Держкомісії по сортовипробуванню сільськогосподарських культур по Станіславській області УРСР.

Організацію сортодільниць започатковано в 1946–1948 рр. під час колективізації сільського господарства. Зокрема, у 1946 р. в першій Придністровській зоні створено Городенківську комплексну сортодільницю площею 110 га, в 1949-му – Тлумацьку комплексну сортодільницю площею 120 га. За архівними документами, Калуську комплексну сорто-

станцію на власній базі площею 300 га започатковано 1947 року. У 1950 р. в Прикарпатській зоні почала діяти Лисецька сортодільниця. У Карпатській зоні того ж року відкрили Надвірнянську зернову сортодільницю площею 80 га, яку в 1955 р. реорганізували в овочеву. 1951 року запрацювала Косівська комплексна сортодільниця площею 95 га.

Таблиця 1

Структура сортовипробувальної мережі Станіславської області (1945–1951 рр.)

Зона розміщення	Сортоділянки	
	Придністровська	Городенківська
	Тлумацька	1947 р.
Прикарпатська	Калуська	1946 р.
	Івано-Франківська	1946–1988 рр.
	Лисецька	1950–1987 рр.
	Бурштинська	1950–1958 рр.
Карпатська	Тисменицька	1958–2000 рр.
	Надвірнянська	1950–1987 рр.
	Косівська	1951–1987 рр.
	Кутська	1951–2000 рр.

**Інспектура Держкомісії по сортовипробуванню
сільськогосподарських культур
по Івано-Франківській області (1985–1999 рр.)**

Зона розташування	Державна сортодільниця на базі колгоспів, радгоспів на самостійному балансі
Придністровська	Городенківська Тлумацька
Прикарпатська	Калуська Івано-Франківська
Карпатська	Косівська Надвірнянська Кутська

У 1956 р. в Карпатській зоні у Косівському районі заклали розсадники сортів плодово-ягідних культур. Через два роки відкрили Тисменицьку овочеву сортодільницю. Отже, до 1988 року в Івано-Франківській області працювало вісім сортодільниць [9].

Діяльність Городенківської сортодослідної станції розпочалася зі створення у 1946 р. державної сортодільниці в селі Ясенів-Пільний, яку в 1950 р. перевели на землі сільськогосподарської артілі в селі Котиківка Городенківського району, де вона розміщена й до сьогодні. Вже в 1946 р. на сортодільниці було закладено перші сортодосліди озимих культур, випробування яких провели наступного року й отримали обнадійливі результати. Згодом до випробувань було долучено більшість місцевих сортів різних польових культур, а саме: озимих жита й пшениці, ярого ячменю, вівса, ярої пшениці, проса, кукурудзи, гороху, соняшнику. Для прикладу, серед 12 сортів ярої пшениці, що випробовували в 1949 р., були такі: 'Народний 9423', 'Місцевий еритроспермум', 'Місцева Городенківська', 'Місцева лютеценс', 'Місцева безоста', 'Місцева тверда', 'Місцева гордейформа' [10].

Значний внесок у становлення сортовипробування, вдосконалення його методичного рівня й підвищення культури землеробства зробили завідувачі сортодільниці Пустовіт Григорій Євстахович (перший очільник, 1946–1949), Кукоба Сергій Єрофейович, Калько Петро Васильович; спеціалісти – Боринська Ольга Василівна, Кукоба Клавдія Олександрівна, Русковолшин Марія Дмитрівна, які пропрацювали на Городенківській сортодільниці 30 років і більше.

Інспектурі Держкомісії по сортовипробуванню сільськогосподарських культур по Івано-Франківській області до 1999 року були повністю підпорядковані вісім державних сортодільниць, які успішно проводили державне сортовипробування: зернових, зернобобових, технічних, кормових, плодівих і овочевих (Городенківська, Тлумацька, Калуська, Надвірнянська, Тисменицька, Лисецька, Косівська, Кутська) (табл. 2).

За рішенням Державної комісії по сортовипробуванню протягом 1987–1988 рр. припинили діяльність Лисецька, Косівська та Надвірнянська сортодільниці, а у 2000 р. закрито Тисменицьку овочеву та Кутську плодово-ягідну сортодільницю. У 1990–1991 рр. Тлумацьку і Городенківську сортодільниці реорганізовано в сортостанції, а 1996 р. сортостанцією стала й Калуська сортодільниця. Із січня 2003 року на базі Тлумацької сортостанції створено Івано-Франківський обласний

державний центр експертизи сортів рослин.

Упродовж 2003–2011 рр. Івано-Франківський ОДЦЕСР був структурним підрозділом Державної служби з охорони прав на сорти рослин України. Основні напрями його роботи полягали у виконанні державної програми із сортовипробування нових сортів і гібридів, широкому вивченні їхніх господарсько-цінних показників, а також проведенні експертної оцінки новостворених форм за критеріями відмінності, однорідності та стабільності. Для виконання поставлених завдань здійснювали такі типи кваліфікаційної експертизи:

- експертиза на придатність сортів рослин до поширення в Україні (ПСР);
- експертиза сортів рослин на відмінність, однорідність і стабільність (ВОС);
- післяреєстраційне вивчення сортів рослин [11, 12].

Івано-Франківський ОДЦЕСР щороку забезпечував збір 200–250 т насіння зернових культур. Спеціалісти Центру гарантували якість та об'єктивність результатів під час проведення комплексу польових і лабораторних досліджень з державної науково-технічної експертизи заявки на сорт рослин, а також надавали суб'єктам господарювання області методичні рекомендації з науковим супроводом щодо вирощування. Саме завдяки цьому вдалося налагодити тісні стосунки з виробництвом та задовольняти щораз вищі потреби споживачів.

Якщо на початку 1970-х років урожайність зернових становила 1,82 т/га, то до кінця 2000 року підвищилася до 2,75 т/га, а в Снятинському та Городенківському районах до 4,28 та 5,02 т/га відповідно, із впровадженням таких сортів: озимої пшениці – 'Поліська 70', ярого ячменю – 'Елегія', 'Нутанс 244'.

З реорганізацією сортомережі України у 2011 р. Державну службу з охорони прав на сорти рослин було ліквідовано, а Івано-Франківський ОДЦЕСР, який включав Городенківську та Калуську сортодослідні станції, 2012 року став філією Українського інституту

експертизи сортів рослин. У 2018 р. УІЕСР передано в постійне користування земельну ділянку площею 160 га для проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин спеціалістами його Івано-Франківської філії. У 2020 р. Івано-Франківський обласний державний центр експертизи сортів рослин (Філія) перейменовано на Івано-Франківську філію Українського інституту експертизи сортів рослин.

Щороку в сортомережі області випробовують понад 1000 сортів і гібридів (від 800 до 2400 умовних сортодослідів) ботанічних таксонів: зернових – тритикале озимого і ярого типу розвитку; технічних – ріпаку озимого і ярого; буряків цукрових, кормових; вики ярої; люпину білого; люпину жовтого; люпину вузьколистого; багаторічних бобових трав – конюшини лучної, конюшини гібридної, конюшини білої, люцерни посівної, люцерни мінливої; багаторічних злакових трав – гряттиці збірної, пажитниці багаторічної, пажитниці багатоквіткової, костриці лучної, костриці червоної, костриці тонколистий, костриці овечої, костриці східної, стоколосу безостого.

Основною науковою базою для ведення сортової політики на Івано-Франківщині є вивчення потенціалу нових сортів на полях сортодослідних станцій, використання найбільш високопродуктивних та якісно цінних з них, постійні сортооновлення й сортозаміна, що забезпечує систематичне підвищення врожайності та якості продукції рослинництва.

Частка внесених до Державного Реєстру та рекомендованих сортомережею області для поширення сортів рослин досить висока: озима пшениця – 91,4%; озиме жито – 97,0; озимий ячмінь – 88,0; озимий ріпак – 89,0; яра пшениця – 98,0; ярий ячмінь – 92,0; цукровий буряк – 78,0; картопля – 83,0; кукурудза – 74,0%.

Пріоритетними для вирощування на Івано-Франківщині є сорти пшениці м'якої озимої інтенсивного типу розвитку, урожайність яких перевищує 8,5 т/га за інтенсивними технологіями. А саме: 'Поліська 90', 'Колос Миронівщини', 'Струна Миронівщини', 'Зимоярка'.

Ріпак озимого типу розвитку в посівах області займає орієнтовно 6,5 тис. га. Він добре пристосований до тутешніх умов вирощування, але вимогливий до родючості ґрунту, строків сівби, потребує обов'язкового захисту від шкідників. Нині в регіоні культивують сорти Івано-Франківського інституту агропромислового виробництва НААН – 'Света', 'Талицький', 'Дембо', 'Дангал'; Інституту землеробства НААН – 'Чемпіон України'; іноземної селекції – 'Нельсон', 'Джеспер', 'Ліраджет'. У кожного з них вміст ерукової кис-

лоти й глюкозинолатів або відсутній, або ж дуже низький, із потенціалом урожайності до 6 т/га, вміст олії становить 44–46%.

Технічну групу культур формують диплоїдні та триплоїдні гібриди цукрових буряків, що дає змогу одержувати високі врожаї коренеплодів із підвищеним рівнем цукристості – 16–20%. Основну площу посіву займають такі сорти й гібриди: 'Уладівський однонасінний 35', 'Український ЧС-70', 'Слов'янський ЧС-94', які забезпечують урожайність понад 70 т/га. Останніми роками виробництву області було рекомендовано гібриди 'Крокодил', 'Джорджина', 'Ворскла', 'Казино'.

Також на Івано-Франківщині вирощують сорти ячменю звичайного 'Вакула', 'Цезар', 'Звершення', 'Сонцедар' (рівень урожайності 5,8–6,4 т/га), жита посівного озимого – 'Трина Верасень'; пшениці м'якої ярої – 'Рання-93', 'Елегія Миронівська', 'Зимоярка'; кукурудзи 'Премія 190 МВ', 'Солонянський 298 МВ', 'Білозірський 295СВ'; картоплі – 'Серпанок', 'Агаве', 'Тирас', 'Вінета', 'Світанок Київський', 'Санте', 'Беллароза', 'Ольвія', 'Явір', 'Воля' та 'Червона рута'.

Головним завданням Івано-Франківської філії залишається проведення державної науково-технічної експертизи нових сортів рослин. На її полях проходять експертизу 23 ботанічні таксони, загальна кількість сортів досягає 1054, з них на придатність до поширення в Україні – 665 сортів, експертиза на відмінність, однорідність та стабільність – 389 сортів. Спеціалісти філії ведуть дослідження на високому методичному рівні, дотримуючись вимог розроблених технологій, відбувається постійне вдосконалення системи внесення добрив, застосовується хімічний захист рослин та агротехніка сільськогосподарських культур.

Пріоритетними типами кваліфікаційної експертизи сортів рослин є експертиза на придатність до поширення в Україні (ПСР); на відмінність, однорідність і стабільність (ВОС); дослідження ділянкового (ґрунтового) та лабораторного сортового контролю (Post control).

Стрімкий розвиток науки забезпечує широкі можливості для селекціонерів у створенні нових сортів рослин. З-поміж великої кількості сортів, які проходять експертизу, дуже важливо виявити найкращі за урожайністю, якістю, збереженням спадкових ознак, стійкістю до ураження хворобами й пошкодження шкідниками, до несприятливих погодних умов, адже це – безпека країни, добробут її населення [13, 14]. Саме тому польові дослідження кваліфікаційної експертизи сортів рослин залишатимуться актуальними і в

майбутньому. Національні сортові рослинні ресурси Івано-Франківської області щорічно поповнюють ринок сортів і насіння новими конкурентоспроможними для задоволення зростаючих потреб споживачів

Висновки

За результатами аналітичних досліджень можна зробити висновок, що формування сортових рослинних ресурсів в Івано-Франківській області відбувалося завдяки досить тривалим історичним етапам розвитку її сортовипробувальної мережі, початком становлення якої слід вважати створення Інспектури Державної комісії по сортовипробуванню сільськогосподарських культур по Станіславській області УРСР у жовтні 1945 року.

Інспектурі Держкомісії по сортовипробуванню сільськогосподарських культур по Івано-Франківській області до 1999 року були повністю підпорядковані 8 державних сортодільниць області, які успішно проводили державне сортовипробування: зернових, зернобобових, технічних, кормових, плодкових і овочевих (Городенківська, Тлумацька, Калуська, Надвірнянська, Тисменицька, Лисецька, Косівська, Кутська).

Утворення Івано-Франківського Обласного центру експертизи сортів рослин припадає на червень 2002 року. Історичний етап 2011–2012 рр. підтверджує радикальне реформування сортовипробувальної мережі Івано-Франківської області, коли всі сортодільні станції, підпорядковані ОДЦЕСР, припиняють науково-технічну діяльність у сфері охорони прав на сорти рослин.

Натепер Івано-Франківська філія Українського інституту експертизи сортів рослин проводить комплекс польових і лабораторних досліджень з науково-технічної експертизи сортів рослин, а саме: експертизу на придатність до поширення, визначення критеріїв відмінності однорідності та стабільності, ділянковий ґрунтовий сортовий контроль, дослідження колекції сортів рослин та післяреєстраційне сортовивчення.

Регіональні списки сортів рослин для Івано-Франківської області формують за господарсько-цінними показниками придатності сорту для поширення на території екоградієнта.

Використана література

1. Рябчун В. К., Кириченко В. В., Богуславський Р. Л. Роль генетичних ресурсів рослин у виконанні державних програм. *Генетичні ресурси рослин*. 2008. № 5. С. 7–13.
2. Грищенко Т. Р. Становлення та перші державотворчі здобутки Всеукраїнського насінневого товариства у 1922–1923 роках. *Історія української науки на межі тисячоліть*. Київ, 2010. Вип. 49. С. 64–68.

3. Leschuk N. V., Melnyk S. I., Marchenko T. M. et al. Historical aspects of the formation of national plant varietal resources in Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2022. Т. 18, № 3. С. 209–219 doi: 10.21498/2518-1017.18.3.2022
4. Мельник С. І. Концептуальні засади формування національних сортових рослинних ресурсів: стан, перспективи, економіка. *Формування нової парадигми розвитку агропромислового сектору в XXI столітті*. Львів; Торунь: Ліга-Прес, 2021. Ч. 2. С. 735–759. doi: 10.36059/978-966-397-240-4-26
5. Радченко А. Сорт рослин як об'єкт аграрних правовідносин. *Jurnalul Juridic Național: Teorie și Practică*. 2016. № 2. С. 73–77. URL: http://www.jurnaluljuridic.in.ua/archive/2016/1/part_1/16.pdf
6. Melnyk S. I. Scientific and practical principles of the national varietal resources formation: current state and prospects. *Theoretical analysis and natural science research in the XXI century*. Lviv; Torun: Liha-Pres, 2019. P. 141–157. doi: 10.36059/978-966-397-187-2/141-157
7. Концепція формування національних сортових рослинних ресурсів на 2006–2011 роки. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 2 серпня 2005 р. № 302-р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npras/19570403>
8. Захарчук О. В., Лупенко Ю. О., Мельник С. І. Методичні рекомендації з оцінки вартості насіння і садивного матеріалу як об'єкта інтелектуальної власності. Київ: ІАЕ, 2022. 102 с.
9. Василюк П. М. Становлення та розвиток наукових засад сортовипробування в Україні. Київ: Ніланд-ЛТД, 2013. 214 с.
10. Липчук В. В., Малаховський Д. В. Сортові ресурси зернових культур в Україні: стан та проблеми розвитку. *Інноваційна економіка*. 2015. № 1. С. 12–17.
11. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. 3-е вид., виправ. і доп. Вінниця: ФОР Корзун Д. Ю., 2016. 158 с.
12. Лещук Н. В., Зрібняк М. М. Державна реєстрація сортів овочевих культур – основа формування національних сортових ресурсів. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2006. № 2. С. 86–96. doi: 10.21498/2518-1017.2.2005.67469
13. Післяреєстраційне вивчення сортів рослин. *Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні*. Загальна частина. 4-е вид., виправ. і доп. Вінниця: ФОР Корзун Д. Ю., 2016. С. 71–80.
14. Лещук Н. В., Присяжнюк Л. М., Гринів С. М. та ін. Формування національних сортових рослинних ресурсів (1923–2023). Історичні нариси / за ред. С. І. Мельника. Вінниця: Твори, 2023. С. 132–137.

References

1. Riabchun, V. K., Kyrychenko, V. V., & Bohuslavskyi, R. L. (2008). The role of plant genetic resources in the implementation of state programs. *Plant Genetic Resources*, 5, 7–13. [In Ukrainian]
2. Hryshchenko, T. R. (2010). Formation and first state-building achievements of the All-Ukrainian Seed Society in 1922–1923. In *Istoriia ukrainskoi nauky na mezhi tysyacholit* [The history of Ukrainian science on the verge of millennia] (Vol. 49, pp. 64–68). Kyiv: N.p. [In Ukrainian]
3. Leschuk, N. V., Melnyk, S. I., Marchenko, T. M., Kokhovska, I. V., & Sytnyk, V. G. (2022). Historical aspects of the formation of national plant varietal resources in Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 18(3), 209–219. doi: 10.21498/2518-1017.18.3.2022
4. Melnyk, S. I. (2021). Conceptual foundations of the formation of national varietal plant resources: state, prospects, economy. In *Formuvannia novoi paradyhmy rozvytku ahropromyslovoho sektoru v XXI stolitti* [The formation of a new paradigm for the development of the agricultural sector in the XXI century] (Part 2, pp. 735–759). Lviv; Torun: Liha-Pres. doi: 10.36059/978-966-397-240-4-26 [In Ukrainian]
5. Radchenko, A. (2016). The variety of plants as an object of agrarian legal relations. *Jurnalul Juridic Național: Teorie și*

- Practică*, 2, 73–77. Retrieved from http://www.jurnaluljuridic.in.ua/archive/2016/1/part_1/16.pdf [In Ukrainian]
6. Melnyk, S. I. (2019). Scientific and practical principles of the national varietal resources formation: current state and prospects. In *Theoretical analysis and natural science research in the XXI century* (pp. 141–157). Lviv; Torun: Liha-Pres. doi: 10.36059/978-966-397-187-2/141-157
 7. *The concept of formation of national varietal plant resources for 2006–2011. Ordinance of the Cabinet of Ministers of Ukraine of August 2, 2005 No. 302-p*. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/npas/19570403> [In Ukrainian]
 8. Zakharchuk, O. V., Lupenko, Yu. O., & Melnyk, S. I. (2022). *Metodychni rekomendatsii z otsinky vartosti nasinnia i sadyvnoho materialu yak obiekta intelektualnoi vlasnosti* [Methodological recommendations for assessing the value of seeds and planting material as an object of intellectual property]. Kyiv: IAE [In Ukrainian]
 9. Vasyliuk, P. M. (2013). *Stanovlennia ta rozvytok naukovykh zasad sortovyprobuvannia v Ukraini* [Formation and development of scientific foundations of variety testing in Ukraine]. Kyiv: Nilan-LTD. [In Ukrainian]
 10. Lypchuk, V. V., & Malakhovskiy, D. V. (2015). The sorts resources of grain crops in Ukraine: status and problems of development. *Innovative Economy*, 1, 12–17. [In Ukrainian]
 11. *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva* [Methodology for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods of determining plant production quality indicators]. (2016). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
 12. Leshchuk, N. V., & Zribniak, M. M. (2006). Government registering varieties of vegetables plants – basis of formation nationality varietal resource. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2, 86–96. doi: 10.21498/2518-1017.2.2005.67469 [In Ukrainian]
 13. Post-registration study of plant varieties. (2016). In *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna* [Methods of conducting qualitative examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. The common part] (pp. 71–80). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
 14. Leschuk, N. V., Prysiazhniuk, L. M., Gryniv, S. M., Marchenko, T. M., Pavliuk, N. V., Kokhovska, I. V., & Sydoruk, A. I. (Comps.). (2023). *Formation of national varietal plant resources (1923–2023). Historical essays*. S. I. Melnyk (Ed.). Vinnytsia: Tvory.

UDC 001.89:631.526(477.86)

Melnyk, S. I.¹, Sytnyk, V. I.^{1*}, Makarchuk, B. M.¹, Boiko, A. I.¹, Semysal, A. V.¹, Sydoruk, A. I.¹, & Pankiv, V. I.² (2023). Variety testing network of Ivano-Frankivsk region: historical origins and stages of formation. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4), 279–285. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291232>

¹Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: svg8525@gmail.com

²Ivano-Frankivsk branch of the Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 144 Shevchenko St., vil. Kotykyvka, Kolomyia district, Ivano-Frankivsk region, 78106, Ukraine

Purpose. To study the historical origins and stages of the formation of the variety testing network of the Ivano-Frankivsk Region, where one of the branches of the Ukrainian Institute for Plant Variety Examination is located.

Methods. The research used general scientific methods, in particular hypothesis, observation, historical methods with elements of extrapolation from the source scientific database, analysis, and the method of synthesis to draw conclusions. **Results.** The varieties of plants common in the region meet the criteria of distinctness, homogeneity and stability generally accepted in international practice; they meet the needs of consumers in terms of economic and valuable properties; they do not pose a threat to the en-

vironment and human health. The variety testing network of the Ivano-Frankivsk Region was established in 1946 and its activities were coordinated by the Inspectorate of the State Commission for Variety Testing of Agricultural Crops in the Ivano-Frankivsk Region. In 2002, the Ivano-Frankivsk Regional State Centre for Expertise in Plant Varieties was established, which in 2012 became a branch of the Ukrainian Institute for Plant Variety Examination. **Conclusions.** The formation of varietal plant resources in the Ivano-Frankivsk Region took place due to the rather long historical stages of formation and development of its varietal testing network.

Keywords: variety plot; variety testing; inspection; sorting; seed; variety network.

Надійшла / Received 09.10.2023

Погоджено до друку / Accepted 15.11.2023

Правове регулювання реєстрації сортів винограду в Україні відповідно до міжнародних вимог

О. В. Захарчук¹, С. О. Ткачик^{2*}, Є. Ф. Бобонич², Н. Б. Голіченко²,
Т. В. Красюк², Є. С. Ковальчук², Н. Б. Линчак²

¹Національний науковий центр «Інститут аграрної економіки», вул. Героїв Оборони, 10, м. Київ, 03127, Україна

²Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна,

*e-mail: s-s-tk@ukr.net

Мета. Обґрунтувати правове регулювання реєстрації сортів винограду в Україні для погодження національного законодавства з європейськими вимогами та стандартами. **Методи.** Матеріалами слугували нормативно-правові документи UPOV, CPVO та країн ЄС, національні нормативно-правові акти в галузі експертизи, реєстрації та комерційного використання сортів винограду. **Результати.** Проаналізовано сучасний стан і проблеми галузі виноградарства в Україні. Зокрема, досліджено чинні нормативно-правові акти, які регулюють реєстрацію і комерційний обіг сортів винограду в нашій державі та Європейському Союзі. Вивчено досвід Італії як однієї з провідних європейських країн, що займається виноградарством і виноробством. А саме: розглянуто особливості національного каталогу та строків комерціалізації сортів і клонів, утилізації виноградників після виключення винограду з каталогу. Водночас проаналізовано фінансові санкції, які ця країна застосовує до суб'єктів підприємницької діяльності (юридичних осіб) у разі закладання нових чи ремонту промислових насаджень нерайонованими сортами коштом держави. Опрацьовано нормативний акт Італії, що регламентує зміст та процедуру подання заявки на реєстрацію сортів і клонів. Визначено перелік вимог та інформацію, яку повинен надавати заявник в процесі підготовки документів заявки; встановлено доцільність їх використання під час розроблення національного законодавства України. Також розглянуто законопроект від 22 березня 2023 р. № 9139 «Про виноград та продукти виноградарства», оцінено його позитивний вплив на ринкове середовище, дотримання прав та інтересів суб'єктів господарювання, держави та громадян завдяки забезпеченню останніх високоякісною продукцією з особливими, зумовленими природними факторами території походження властивостями. **Висновки.** Встановлено деяку неузгодженість між Україною та країнами ЄС щодо умов набуття й обсягу прав на сорти винограду та їхні клони, що потребує подальшого врегулювання на законодавчому рівні.

Ключові слова: клон; сорт; загальнопоширені сорти; зони виноградарства.

Вступ

Виноград є однією з найдавніших і найпоширеніших у світі рослин. Напевно сказати,

де вперше почали його вирощувати, складно. Вчені вважають, що це відбулося ще до н.е. в Палестині. Звідти виноград потрапив до Древнього Єгипту: там цією культурою почали активно займатися та виробляти й досі всім відомий і популярний напій – вино [1].

Проблеми виноградарства розглядали у своїх наукових працях Б. В. Буркинський, І. М. Агеева, А. М. Авідзба, А. А. Бревнов, О. М. Гаркуша, В. І. Іванченко, І. Г. Матчина, В. Осипов, Н. А. Сілецька, Н. І. Соловійова, Ю. В. Тінтулов, В. І. Ємцов, І. В. Ємцова, С. Г. Черемісіна та інші українські вчені [6–10].

За даними Міжнародної організації виноградарства та виноробства [International Organisation of Vine and Wine (OIV)], світова площа виноградників у 2021 р. становила 7,33 млн га. Наразі відомо про 10 тис. сортів цієї культури, 33 з яких займають орієнтовно

Olexandr Zakharchuk

<https://orcid.org/0000-0002-1734-1130>

Svitlana Tkachyk

<https://orcid.org/0000-0002-2402-079X>

Yevhen Bobonych

<https://orcid.org/0000-0002-8063-9298>

Nataliia Holichenko

<https://orcid.org/0000-0002-0382-318X>

Tetiana Krasjuk

<https://orcid.org/0009-0002-8909-1908>

Yevheniia Kovalchuk

<https://orcid.org/0009-0008-2931-354>

Nadiia Lynchak

<https://orcid.org/0000-0003-3963-7319>

половину світових виноградних насаджень, а ще 13 – третину. Морфологічні особливості комерційних та місцевих сортів і клонів винограду впливають на його якість та продукти перероблення [1–5].

На початку 2022 р. площа виноградних насаджень в Україні за всіма категоріями господарств становила 34 тис. га – незначна частка, як порівняти з іншими країнами (рис. 1). Однак через російську агресію майже 25% угідь опинилися на тимчасово окупованих територіях або у зоні бойових дій. Низька продуктивність виноградників зумовлена високою часткою старих і зріджених насаджень, використанням неконкурентноспроможних сортів [11].

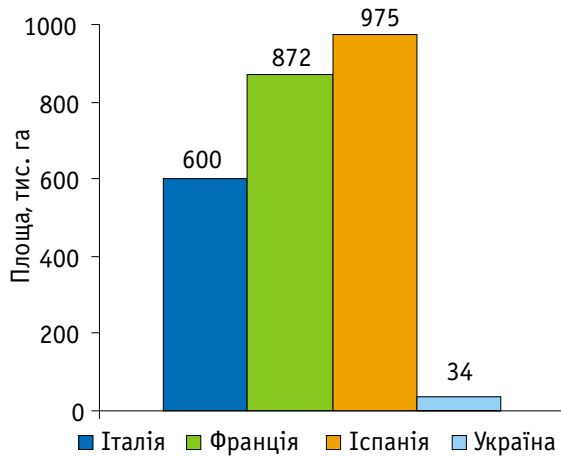


Рис. 1. Структура площ під виноградниками у провідних країнах світу

Якщо в 1985 р. в Україні налічували понад 200 тис. га виноградних угідь, то натеper наша держава ледь перевищує показник у 40 тис. га. За інформацією Державної служби статистики України, найбільше виноградників у плодоносному віці зосереджено на Одещині – понад 27 тис. га (64%). Значними є площі під цією культурою в Миколаївській, Херсонській та Закарпатській областях – 5,5 (13%), 4,5 (11%) і 3,4 (8%) тис. га відповідно. Отже, в чотирьох областях розташовано 96% усіх виноградних угідь, а їхня сукупна площа по країні, як видно з аналізу структури земельних ділянок, продовжує скорочуватися (табл. 1).

Таблиця 1

Площі виноградників в Україні за 2013–2022 рр.

Роки	Площа, тис. га
2013	75,1
2014*	48,7
2015*	45,4
2016*	44,5
2017*	44,8
2018*	45,3
2022*	34,0

*Без урахування АР Крим.

Основною проблемою для розвитку галузі залишається невелика кількість виноробних підприємств. Зокрема, лише 72 виробники, п'ять з яких – сімейні виноробні, мають ліцензію на свою діяльність (за інформацією Торгово-промислової палати України).

Станом на 22 листопада 2023 р. до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, внесено 62 сорти винограду (технічні та столові, клони й підщепи). Значну частину описаних і вивчених раніше загальновідомих сортів з цього реєстру виключено, а процес повторної реєстрації є проблемним. Насамперед йдеться про 'Мускат чорний', 'Мускат рожевий', 'Піно білий', 'Мальбек', 'Сільванер', 'Тренаш чорний', 'Каберне Фран' і 'Пам'яті Голодриги' [12, 13]. Також є певні труднощі з реєстрацією клонів винограду [3].

За даними аналізу та згідно з інформацією Держстату, структура виробництва винограду включає суб'єктів господарювання різних форм власності. Так, у 2021 р. питома вага підприємств становила 69%, приватних господарств населення – 31%.

Інтенсивне виноградарство – один із досить ефективних напрямів розвитку агробізнесу, що за рівнем рентабельності вирощування в окремі роки не поступається таким високоприбутковим культурам, як соняшник, ріпак чи соя. Крім того, дохідність 1 га насаджень винограду за умов поливу та інтенсивного вирощування може досягати понад 1 млн грн в разі використання різних сортів, зокрема для подальшого виробництва вина та соків.

Згідно зі статтею 2 Закону України «Про виноград та виноградне вино» від 16 червня 2005 р. № 2662-IV (зі змінами), центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну аграрну політику та політику у сфері сільськогосподарства (Мінагрополітики), має визначити та затвердити зони виробництва винограду. Закладення виноградників для виноробства дозволено лише у виноробних місцевостях із застосуванням районованих або перспективних сортів відповідно до проекту, схваленого Мінагрополітики.

Європейське законодавство має чіткі вимоги та стандарти, які регламентують як реєстрацію права селекціонера на сорти винограду, так і внесення їх та їхніх клонів до національних каталогів. Виділення зон для виноградарства має відбуватися відповідно до кліматичної класифікації, прийнятої в Європейському Союзі [14].

Якщо в національному законодавстві України поняття «клон» є частиною терміну «сорт», то в міжнародному його виокремлюють та визначають як вегетативне потомство сорту, що

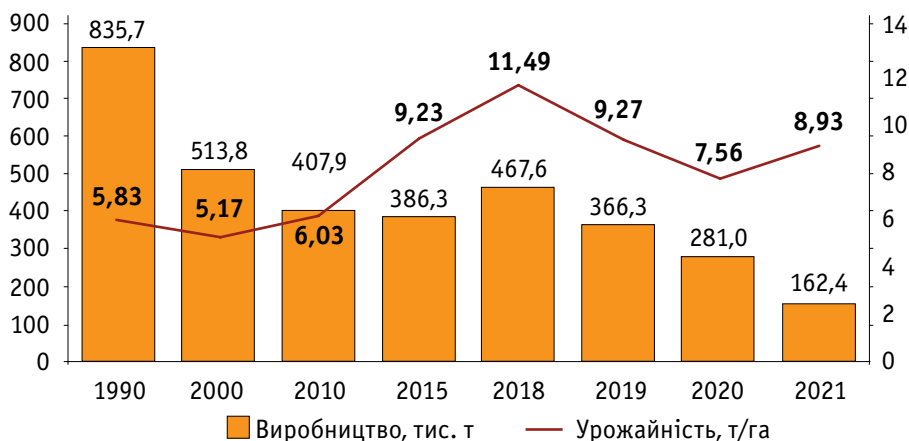


Рис. 2. Динаміка виробництва винограду в усіх категоріях господарств (за даними Держстату України)

відповідає материнській рослині винограду, вибраній з огляду на сортову ідентичність, фенотипові ознаки та стан здоров'я [15, 16].

Мета досліджень – обґрунтувати правове регулювання реєстрації сортів винограду в Україні для погодження національного законодавства з європейськими вимогами та стандартами.

Матеріали та методика досліджень

Матеріалами слугували нормативно-правові документи UPOV, CPVO та країн ЄС, національні нормативно-правові акти в галузі експертизи, реєстрації та комерційного використання сортів винограду [12, 13, 17–21].

Застосовуючи методи системного аналізу та наукового узагальнення, розглянули й систематизували інформацію щодо викликів і загроз, які постають перед виноробством України. Зокрема, спричинені війною проблеми сильно впливають на розвиток сільського господарства.

Результати досліджень

Основні масиви виноградників у нашій державі зосереджено в Одеській, Херсонській, Миколаївській, Запорізькій і Закарпатській областях. Географічно виділено, втім не закріплено на законодавчому рівні нормативно-правовим актом шість основних виноробних регіонів, 15 макро- (винних районів) та 58 мікрозон. Тому зареєстровані та дозволені до вирощування в Україні сорти винограду рекомендують не для них, а для Степу, Лісостепу й Полісся. Втім виділення окремих зон виноградарства та добір сортів і клонів для кожної з них необхідні через спричинене кліматичними змінами значне розширення території вирощування досліджуваної культури на північ країни [10].

Законопроектом від 22 березня 2023 р. № 9139 «Про виноград та продукти виноградарства» передбачено розроблення та затвердження на державному рівні нормативно-правових актів, які встановлюють перелік класифікованих сортів винограду та зони виноградарства. Останні, згідно з новими регламентованими вимогами, потрібно визначати за кліматичною класифікацією зон виноградарства А, В, С в Європейському Союзі [22].

Статтею 15 Закону України «Про виноград та виноградне вино» передбачено фінансові санкції до суб'єктів підприємницької діяльності (юридичних осіб) у разі закладання нових чи ремонту промислових насаджень винограду нерайонованими сортами коштом держави. А саме: штраф у розмірі від п'ятисот до тисячі неоподатковуваних мінімумів доходів громадян (8,5–17 тис. грн) та обов'язкове розкорчування виноградників з подальшим відновленням площ районованими сортами коштом юридичної особи. До виконання цих вимог закладання нових виноградників не буде фінансуватися державою. Крім того, в разі виявлення порушень – повернення коштів та неможливість одержання бюджетної підтримки на наступні три роки.

Проблеми, що виникають під час реєстрації сортів винограду (внесення сорту до Реєстру сортів), пов'язані насамперед з певними відмінностями між національним законодавством у сфері охорони прав на сорти рослин і міжнародними та європейськими нормами.

Проведений аналіз показав невідповідність між визначенням поняття «сорт» у національному законодавстві, з одного боку, та в Міжнародній конвенції з охорони нових сортів рослин і решті офіційних міжнародних документів, з іншого. Якщо, відповідно до Закону України від 16 листопада 2022 року № 2763-IX

«Про охорону прав на сорти рослин», сорт – це окрема група рослин, з уточненням – клон, лінія, гібрид першого покоління, популяція, то в Регламенті Ради 2100/94/ЄС та Конвенції UPOV жодних уточнень не існує. Відповідно не встановлено, що клон є об'єктом права, на який можна набувати прав інтелектуальної власності та видавати патент [23, 24].

У ЄС механізми експертизи, сертифікації та реєстрації, а також умови набуття та обсяги прав на клони винограду відрізняються від таких для сортів.

Кваліфікаційну експертизу сортів і клонів винограду в Україні здійснюють за розробленою на основі методики UPOV для сортів (*Vitis L.*) TG/50/9, 2008 [25] «Методикою проведення експертизи сортів винограду (*Vitis L.*) на відмінність, однорідність і стабільність», яка містить 44 морфологічні ознаки [26]. Описуючи за нею клон, часто не вдається встановити його відмінність від материнського сорту, з якого він походить за 44 ознаками. Однак різниця може полягати у більшому розмірі грон, крупності ягід, вищому вмісті цукрів, антоціанів (для червоноплідного винограду), вмісті пофенолів у ягоді, інших індексах інтенсивності та кольорового тону [27, 28]. Тому провідні європейські країни (Іспанія, Франція, Італія) реєструють як сорти, так і клони. Однак отримати охорону прав селекціонера (PBR в країнах UPOV) можуть лише сорти [29].

У світі зареєстровано й описано понад три тисячі клонів винограду, які виділяють передусім у технічних (винних) сортах. Зокрема, відомо про більш як 40 клонів 'Піно нуар' у Франції та понад 60 клонів сорту 'Рислінг' у Німеччині. Клонова селекція винограду дає змогу значно підвищити ефективність використання сортів.

Сорти	%	Клони
570	64,5	0
109	12,3	1
41	4,6	2
80	17,5	3–5
38	1,9	6–45
1	0,1	> 100

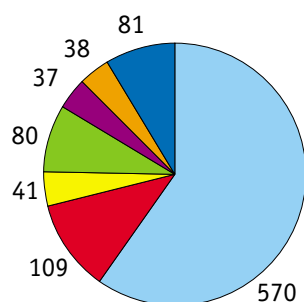


Рис. 3. Співвідношення кількості сортів та їх клонів у національному каталозі винограду Італії, 2023 р. [21, 30]

Національний каталог винограду Італії станом на 2023 р. налічує 883 сорти: 570 з них (64,5% від усіх зареєстрованих) не мають жодного клону, 109 – по одному, 41 – по два, 80 – по три–п'ять, а один із сортів має понад

100 клонів. Загальна кількість клонів – 1750. Технічні сорти, частка яких становить 69% (603 шт.), мають 1470 клонів [21].

Відповідно до Закону України від 16 листопада 2022 р. № 2763-IX «Про охорону прав на сорти рослин», будь-яка особа може подавати заявку й набувати права підтримувача сорту, якщо такий сорт є елементом суспільного надбання (строк чинності майнових прав інтелектуальної власності на нього закінчився чи призупинений) або загальнопоширеним (якщо в базі даних UPOV відсутні відомості про права селекціонера щодо нього, й він вільно розповсюджувався без набуття майнових прав інтелектуальної власності на нього).

Наразі можна відновити 85 технічних сортів винограду, виключених з Реєстру сортів, якщо суб'єкти господарювання зацікавляться ними. Згідно зі статтею 20 Закону України «Про охорону прав на сорти рослин» № 2763-IX, для набуття майнового права на поширення сорту деревних, чагарникових, плодкових та ягідних культур і винограду офіційний зразок не надають. Це певною мірою має спростити процедуру реєстрації сортів винограду, зокрема тих, що становлять суспільне надбання та є загальновідомими.

Варто зазначити, що на державному рівні не проводять польові дослідження з експертизи сортів і клонів винограду, а реєструють їх на підставі інформації про результати досліджень самого заявника. Спостереження за рослинами та обліки, визначення якості продукції, загального вмісту цукрів і титрованої кислотності виконують відповідно до «Методики проведення експертизи сортів рослин групи плодкових, ягідних, горіхоплідних, субтропічних та винограду на придатність до поширення в Україні», частиною якої є «Методика виділення і проведення експертизи клонів сортів винограду». Опис клонів здійснюють за «Методикою проведення експертизи сортів винограду (*Vitis L.*) на відмінність, однорідність і стабільність» [18, 19].

Оцінювання сортів і клонів винограду в більшості європейських країн базується на методиках, офіційно затверджених Компетентним органом [22]. Директивою 2004/29/ЄС (ОJЕС L 71 від 10.03.2004) встановлено показники та процедуру визначення характеристик, за якими сорти вносять до національних каталогів.

В Італії зміст і процедура подання заявки на реєстрацію сортів і клонів винограду в національному каталозі регламентуються наказом Міністерства сільського господарства від 30 вересня 2021 р. № 489243. Вартими уваги є вимоги статті 63 Регламенту ЄС

2100/94 щодо назви сорту, в якій не повинно бути посилання на географічне положення, проте мають міститися національні й іноземні синоніми до неї [20].

У визначених регіональних державних експертних закладах Італії для реєстрації впродовж щонайменше трьох років проводять експертизу клонів-кандидатів, відтворюючи кожен з них в польових умовах способом щеплення на широко використовувану підщепу. Здійснюють опис ампелографічних даних, оцінювання врожайності та агротехнічних показників, аналізи плодів винограду, перевірку екологічного потенціалу клону через мікрівиніфікацію плодів, хімічний аналіз вина після стабілізації та розливу тощо. Зареєстровані клони періодично проходять контроль.

Суми платежів за експертизу, які здійснює заявник, в Італії оновлюють щотири роки наказом координуючого міністерства, щоб вони відповідали фактичній вартості послуги офіційних польових іспитів для реєстрації нового сорту винограду. Її процедура передбачає складання заявки (контакти заявника, спосіб одержання сорту, його походження та назва, придатні для вирощування зони) та технічної анкети, які до 30 листопада кожного року має надавати заявник [21].

Сорти, які надходять на реєстрацію в Італію з решти держав-членів ЄС, підлягають тій самій процедурі, що й національні. Якщо сорт / клон зареєстровано в інших офіційних каталогах Європейського Союзу або у третіх країнах-членах UPOV, заявник має додати офіційний описовий файл, виданий компетентним органом відповідної країни.

Відповідно до Регламенту ЄС № 1308/2013 від 17 грудня 2013 р. про встановлення спільної організації ринків сільськогосподарських продуктів та про скасування регламентів Комісії (ЄС) № 922/72, (ЄС) № 234/79, (ЄС) № 1037/2001 і (ЄС) № 1234/2007ЄС (далі – Регламент ЄС 1308/2013), якщо сорт винограду вилучають із каталогу, то протягом 15 років повинно відбутися і його викорчування [30].

Аналогічну норму внесено до законопроекту «Про виноград та продукти виноградарства» від 22 березня 2023 р.: в разі припинення в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, чинності прав на сорт винограду, його використання для виробництва продуктів виноградарства та виноробства можливе ще впродовж 15 років.

Умови здійснення виноградарства та виноробства в Україні (зокрема, застосування класифікованих технічних сортів, внесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, які відповідають

встановленим нормам для засадження, пересадження, щеплення або перещеплення) погоджено з вимогами статті 81 Регламенту ЄС 1308/2013 статтею 8 законопроекту № 9139.

За вимогами вищевказаного законопроекту технічний сорт винограду має належати до виду *Vitis vinifera* або походити від схрещування його сортів з іншими сортами роду *Vitis*; не бути гібридом – прямим виробником, і не належати до таких сортів, як 'Ной', 'Отелло', 'Ізабелла', 'Жак', 'Клінтон' і 'Гербемент'. Перелік класифікованих сортів винограду затверджує центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізацію державної аграрної політики у сферах сільського господарства та продовольчої безпеки. Проект закону № 9139 передбачає створення єдиної інформаційної системи «Виноградарсько-виноробний реєстр», що забезпечуватиме ефективне адміністрування та державну підтримку галузі виноградарства й виноробства та міститиме відомості про виробників винограду й виноробної продукції, виноградні ділянки; обов'язкові декларації та інші дані про виноробну продукцію, передбачені законом. Внесення відомостей до такого реєстру матиме обов'язковий характер.

Висновки

За результатами аналізу встановлено, що Закон України від 16 листопада 2022 р. № 2763-IX «Про охорону прав на сорти рослин» певною мірою врегулював і спростив умови реєстрації та поновлення реєстрації сортів, зокрема тих, що становлять суспільне надбання і є загальновідомими. Це особливо актуально для відновлення постраждалої від війни галузі виноградарства й виноробства, а також просування на міжнародних ринках. Проте умови набуття й обсяги прав на сорти винограду та їхні клони в Україні потребують подальшого узгодження на законодавчому рівні з європейськими вимогами та стандартами.

Сформовано й обґрунтовано положення, які розкривають суть дослідження та мають теоретичне і практичне значення для подолання проблем, пов'язаних зі створенням сприятливих умов для розвитку приватного виноградарства в сільській місцевості загалом і сільськогосподарському секторі зокрема.

Прийняття проекту закону № 9139 прогнозовано вплине на інтереси держави, залучених до ведення виноградарства та виноробства, створення їхніх продуктів (серед яких ароматизовані винні продукти, зокрема із географічними зазначеннями) суб'єктів господарювання, а також споживачів.

Для реалізації законопроекту № 9139, у разі його прийняття, необхідно внести відповідні зміни до нормативно-правових актів, передбачивши реєстрацію сортів і клонів винограду в межах зон виноградарства, а не Полісся, Лісостепу та Степу, як це відбувається наразі. Також потрібно розмежувати експертизу сортів і клонів.

Використана література

1. La Notte P. Registration of grapevine varieties and clones at the National catalogue in the Italy. On-line workshop «Registration of grapevine varieties in the European Union (example of Italy)» 20th June 2023.
2. Fanelli V., Roseti V., Savoia M. A., Miazzi M. M. New Insight into the Identity of Italian Grapevine Varieties: The Case Study of Calabrian Germplasm. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, Iss. 8. Article 1538. doi: 10.3390/agronomy11081538
3. The French-Italian Public Consortium for Grapevine Genome Characterization. The grapevine genome sequence suggests ancestral hexaploidization in major angiosperm phyla. *Nature*. 2007. Vol. 449, Iss. 7161. P. 463–467. doi: 10.1038/nature06148
4. Second Edition of the OIV Descriptor List for Grape Varieties and *Vitis* Species. 2022. URL: <https://www.oiv.int/node/2830>
5. Bowers J. E., Dangel G. S., Meredith C. P. Development and characterization of additional microsatellite DNA markers for grape. *American Journal of Enology and Viticulture*. 1999. Vol. 50, Iss. 3. P. 243–246. doi: 10.5344/ajev.1999.50.3.243
6. Буркинський Б. В., Агеева І. Н., Бревнов А. А. і др. Економічні проблеми виноградарства і виноделія / под ред. Б. В. Буркинського. Одеса, 2007. 216 с.
7. Осипов В., Осипова Л. Виноградарство та виноробство України. Сучасний стан, проблеми, тенденції розвитку. *Економіст*. 2015. № 5. С. 28–31.
8. Матчина І. Г., Волюнкина Д. Б. Виноградарство як основа отечественного виноделія. URL: <https://vinograd.info/stati/arhiv/vinogradarstvo-kak-osnova-otechestvennogo-vinodeliya.html>
9. Иванченко В. И. Состояние виноградарства и повышение его эффективности для производства конкурентной винодельческой продукции. *Виноградарство и виноделие*. 2009. № 3. С. 7–9.
10. Ємцев В. І., Ємцева І. В. Ключові проблеми розвитку конкурентоспроможності виноградарства в Україні. *Глобальні національні проблеми економіки*. 2015. № 8. С. 169–174.
11. Печко В. С. Українське виноробство потребує держпідтримки для просування на міжнародних ринках. *Interfax.com.ua*. 16.03.2023. URL: <https://interfax.com.ua/news/economic/897973.html#:~:text>
12. Виноградний кадастр України / Мін-во аграр. політики, УААН, Центр родючості. Київ, 2012. URL: <http://eurowine.com.ua/tmp/kadastr/index.php>
13. Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні на 2023 рік / Мін-во аграр. політики та прод-ва України. Київ, 2023. URL: <https://sops.gov.ua/ua/derzavnij-reestr>
14. Закон України «Про виноград та виноградне вино» від 16 червня 2005 р. № 2662-IV (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2662-15>
15. Закон України «Про охорону прав на сорти рослин» від 16.11.2022 р. № 2763-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2763-20#Text>
16. Council Directive 68/193/EEC of 9 April 1968 on the marketing of material for the vegetative propagation of the vine. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/1968/193/oj>
17. Council Directive 2002/11/EC of 14 February 2002 amending Directive 68/193/EEC on the marketing of material for the vegetative propagation of the vine and repealing Directive 74/649/EEC. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2002/11/oj>
18. Commission Directive 2005/43/EC of 23 June 2005 amending the Annexes to Council Directive 68/193/EEC on the marketing of material for the vegetative propagation of the vine. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2005/43/oj>
19. Commission Directive 72/169/EEC of 14 April 1972 on determining the characteristics and minimum conditions for inspecting vine varieties. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/1972/169/oj>
20. Commission Directive 2004/29/EC of 4 March 2004 on determining the characteristics and minimum conditions for inspecting vine varieties. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2004/29/oj>
21. Italian National Registry of Grape Varieties. URL: <http://catalogoviti.politicheagricole.it/catalogo.php>
22. Проект Закону про виноград та продукти виноградарства від 22.03.2023 р. № 9139. URL: <https://itd.rada.gov.ua/billInfo/Bills/Card/41624>
23. Council Regulation (EC) No 2100/94 of 27 July 1994 on Community plant variety rights. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A31994R2100>
24. Міжнародна конвенція з охорони нових сортів рослин. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/en/995_856
25. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability *Vitis* L. 2008-04-09. URL: <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg050.pdf>
26. Методика проведення експертизи сортів рослин групи плодкових, ягідних, горіхоплідних та винограду на відмінність, однорідність і стабільність. / за ред. С. О. Ткачик. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця : ФОРМ Корзун Д. Ю., 2016. 850 с.
27. Методика проведення експертизи сортів рослин групи плодкових, ягідних, горіхоплідних, субтропічних та винограду на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця : ФОРМ Корзун Д. Ю., 2016. 85 с.
28. Матус В. М., Павлюк Н. В., Лещук Н. В. Методичне забезпечення державної реєстрації клонів сортів винограду справжнього (*Vitis vinifera* L.) в Україні. *100-річчя формування національних сортів рослинних ресурсів України : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 29 вересня 2023 р.). Київ, 2023. С. 76–77.
29. Ткачик С. О., Прохода Ю. Л., Бобонич Є. Ф., Голіченко Н. Б. Удосконалення правового регулювання реєстрації сортів винограду та ведення виноградарства в Україні. *Інновації у сучасному агропромисловому виробництві* : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції (м. Одеса, 21–22 вересня 2023 р.). Одеса, 2023. С. 113–117.
30. Regulation (EU) No 1308/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 establishing a common organisation of the markets in agricultural products and repealing Council Regulations (EEC) No 922/72, (EEC) No 234/79, (EC) No 1037/2001 and (EC) No 1234/2007. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2013/1308/oj>

References

1. La Notte, P. (2023). Registration of grapevine varieties and clones at the National catalogue in the Italy. In *On-line workshop «Registration of grapevine varieties in the European Union (example of Italy)» 20th June 2023*.
2. Fanelli, V., Roseti, V., Savoia, M. A., Miazzi, M. M., Venerito, P., Savino, V. N., ... Montemurro, C. (2021). New Insight into the Identity of Italian Grapevine Varieties: The Case Study of Calabrian Germplasm. *Agronomy*, 11(8), Article 1538. doi: 10.3390/agronomy11081538
3. The French-Italian Public Consortium for Grapevine Genome Characterization. (2007). The grapevine genome sequence suggests ancestral hexaploidization in major angiosperm phyla. *Nature*, 449(7161), 463–467. doi: 10.1038/nature06148
4. Second Edition of the OIV Descriptor List for Grape Varieties and *Vitis* Species. (2022). Retrieved from <https://www.oiv.int/node/2830>

5. Bowers, J. E., Dangl, G. S., & Meredith, C. P. (1999). Development and characterization of additional microsatellite DNA markers for grape. *American Journal of Enology and Viticulture*, 50(3), 243–246. doi: 10.5344/ajev.1999.50.3.243
6. Burkinskyi, B.V., Ageeva, I. N., Brevnov, A. A., Ganganov, V. N., & Dubeniuk, E. A. (2007). *Economic problems of viticulture and winemaking*. B. V. Burkinskyi (Ed.). Odesa: N.p. [In Russian]
7. Osypov, V., & Osypova, L. (2015). Vinegrowing and viticulture of Ukraine. Current state, problems, development tendencies. *Economist*, 5, 28–31. [In Ukrainian]
8. Matchina, I. G., & Volynkina, D. B. (2012). Viticulture as the basis of domestic winemaking. Retrieved from <https://vinograd.info/stati/arhiv/vinogradarstvo-kak-osnova-otechestvennogo-vinodeliya.html> [In Russian]
9. Ivanchenko, V. I. (2009). The state of viticulture and increasing its efficiency for the production of competitive wine products. *Viticulture and Winemaking*, 3, 7–9. [In Russian]
10. Yemtsev, V. I., & Yemtseva, I. V. (2015). Key problems of competitiveness in the viticulture of Ukraine. *Global and National Problems of Economy*, 8, 169–174. [In Ukrainian]
11. Pechko, V. (2023). Ukrainian winemaking needs state support for promotion on international markets. *Interfax.com.ua*. Retrieved from <https://interfax.com.ua/news/economic/897973.html#:~:text=> [In Ukrainian]
12. Grape cadastre of Ukraine. (2012). Kyiv: N.p. Retrieved from <http://eurowine.com.ua/tmp/kadastr/index.php>.
13. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (2016). *State Register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2016*. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. Retrieved from <https://sops.gov.ua/ua/derzavnij-reestr> [In Ukrainian]
14. Law of Ukraine «On Grapes and Wine» dated June 16, 2005 No. 2662-IV (as amended). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2662-15?lang=en#Text>
15. Law of Ukraine «On Protection of Rights to Plant Varieties» dated November 16, 2022, No. 2763-IX. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2763-20#Text>
16. Council Directive 68/193/EEC of 9 April 1968 on the marketing of material for the vegetative propagation of the vine. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/1968/193/oj>
17. Council Directive 2002/11/EC of 14 February 2002 amending Directive 68/193/EEC on the marketing of material for the vegetative propagation of the vine and repealing Directive 74/649/EEC. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2002/11/oj>
18. Commission Directive 2005/43/EC of 23 June 2005 amending the Annexes to Council Directive 68/193/EEC on the marketing of material for the vegetative propagation of the vine. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2005/43/oj>
19. Commission Directive 72/169/EEC of 14 April 1972 on determining the characteristics and minimum conditions for inspecting vine varieties. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/1972/169/oj>
20. Commission Directive 2004/29/EC of 4 March 2004 on determining the characteristics and minimum conditions for inspecting vine varieties. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2004/29/oj>
21. Italian National Registry of Grape Varieties. Retrieved from <http://catalogoviti.politicheagricole.it/catalogo.php>
22. Draft Law on Grapes and Viticulture Products dated March 22, 2023 No. 9139. Retrieved from <https://itd.rada.gov.ua/billInfo/Bills/Card/41624>
23. Council Regulation (EC) No 2100/94 of 27 July 1994 on Community plant variety rights. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A31994R2100>
24. International Convention for the Protection of New Varieties of Plants. Retrieved from http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/en/995_856
25. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability *Vitis L.* Retrieved from <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg050.pdf>
26. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Methodology for examination of varieties of fruit, berry, nut and grape plant varieties for distinctiveness, uniformity and stability* (2nd ed., rev. and enl.). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
27. Tkachyk, S. O. (Eds.). (2016). *Methodology for examination of varieties of fruit, berry, nut, subtropical and grape plant varieties for suitability for dissemination in Ukraine* (2nd ed., rev. and enl.). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
28. Matus, V. M., Pavliuk, N. V., & Leshchuk, N. V. (2023). Methodological support for state registration of clones of true grape varieties (*Vitis vinifera L.*) in Ukraine. In *100th anniversary of the formation of national varietal plant resources of Ukraine: materials of the International Scientific and Practical Conference (Kyiv, September 29, 2023)* (pp. 76–77). Kyiv: N.p. [In Ukrainian]
29. Tkachyk, S. O., Prokhoda, Yu. L., Bobonych, E. F., & Holichenko, N. B. (2023). Improvement of the legal regulation of registration of grape varieties and viticulture in Ukraine. In *Innovations in modern agro-industrial production: collection of materials of the International Scientific and Practical Conference (Odesa, September 21–22, 2023)* (pp. 113–117). Odesa: N.p. [In Ukrainian]
30. Regulation (EU) No 1308/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 establishing a common organisation of the markets in agricultural products and repealing Council Regulations (EEC) No 922/72, (EEC) No 234/79, (EC) No 1037/2001 and (EC) No 1234/2007. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/reg/2013/1308/oj>

UDC 633:635, 631.52:631.526.32

Zakharchuk, O. V.¹, Tkachyk, S. O.², Bobonych, Ye. F.², Holichenko, N. B.², Krasiuk, T. V.², Kovalchuk, Ye. S.², & Lynchak, N. B.² (2023). Legal regulation of grape variety registration in Ukraine according to international requirements. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4), 286–293. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.293487>

¹National Scientific Center "Institute of Agrarian Economy", 10 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03127, Ukraine

²Ukrainian Institute of Plant Varieties Examination, 15 Henerala Rodymytseva St., Kyiv, 03041, Ukraine

Purpose. To substantiate the legal regulation of the registration of grape varieties in Ukraine in order to harmonise the national legislation with the European requirements and standards. **Methods.** The materials used were the regulatory documents of UPOV, CPVO and EU countries, national regulations in the field of examination, registration and commercial use of grape varieties. **Results.** The current state and problems of viticulture in Ukraine were analysed. In particular, the current legal acts regulating the

registration and commercial circulation of grape varieties in our country and in the European Union were studied. The experience of Italy, one of the leading European countries in viticulture and oenology, was studied. In particular, the article examines the peculiarities of the national catalogue and the conditions for the marketing of varieties and clones, as well as the use of vineyards after the grapes have been excluded from the catalogue. At the same time, the author analysed the financial sanctions that this country imposed on

economic entities (legal persons) in the case of the creation or maintenance of industrial plantations with nonregional varieties at the expense of the State. The Italian regulatory act regulating the content and procedure for filing an application for registration of varieties and clones was studied. The list of requirements and information to be provided by the applicant in the process of preparing the application documents was determined; the expediency of their use in the development of national legislation of Ukraine was established. The author has also examined the draft Law 9139 of 22 March 2023 "On grapes and vine products", assessing

its positive impact on the market environment, the protection of the rights and interests of economic entities, the State and citizens, providing them with high quality products with special characteristics caused by natural factors of the area of origin. **Conclusions.** There is some inconsistency between Ukraine and the EU countries regarding the conditions for acquiring and the scope of rights to grape varieties and their clones, which requires further regulation at the legislative level.

Keywords: *clone; variety; common varieties; viticulture zones.*

Надійшла / Received 04.11.2023
Погоджено до друку / Accepted 19.11.2023

