

JOURNAL OF APPLIED RESEARCH Vol. 16, No 1 '2020

# PLANT VARIETIES STUDYING

AND PROTECTION

PRINT ISSN 2518-1017

ONLINE ISSN 2518-7457

**VARIETY STUDYING  
AND VARIETY SCIENCE**

**BREEDING AND SEED  
PRODUCTION**

**PLANT PRODUCTION**

**BIOTECHNOLOGY  
AND BIOSAFETY**

**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)  
**Л. В. Худолій** (відповідальний секретар)  
Б. Барнабас (Угорщина)  
Я. Бріндза (Словацька Республіка)  
Р. А. Вожегова  
Н. Е. Волкова  
М. М. Гаврилюк  
О. В. Галаєв  
Б. В. Дзюбецький  
О. В. Дубровна  
З. Б. Києнко  
Є. Л. Кордюм  
В. М. Меженський  
В. В. Моргун  
О. І. Моргунов (Туреччина)  
Л. М. Присяжнюк  
О. І. Присяжнюк  
О. І. Рибалка  
В. М. Соколов  
С. О. Ткачик  
Л. В. Хотильова (Республіка Білорусь)  
С. В. Чеботар  
В. Ю. Черчель  
В. В. Швартау



УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ЕКСПЕРТИЗИ СОРТІВ РОСЛИН

СЕЛЕКЦІЙНО ГЕНЕТИЧНИЙ  
ІНСТИТУТ – НАЦІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР  
НАСІННЄЗНАВСТВА  
ТА СОРТОВИВЧЕННЯ НААН  
ІНСТИТУТ ФІЗІОЛОГІ 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 р.

За достовірність викладених  
у публікаціях фактів відповідають  
автори

**Рекомендовано до друку**  
Вченою радою Українського інституту  
експертизи сортів рослин  
(Протокол № 4 від 26.03.2020)

**Адреса редакційної колегії:**  
Український інститут  
експертизи сортів рослин  
вул. Генерала Родимцева, 15  
м. Київ, Україна, 03041

<http://journal.sops.gov.ua/>  
e mail: [journal@sops.gov.ua](mailto:journal@sops.gov.ua)  
тел.: +38 044 258 34 56

Наукові  
редактори: Сорочинський Б. В.  
Присяжнюк О. І.  
Літературний  
редактор Сахацька І. А.  
Технічний редактор Половинчук О. Ю.  
Комп'ютерне  
верстання Бойко А. І.

Підписано до друку 06.04.2020  
Формат 60×84 1/8. Папір офсетний.  
Ум. др. арк.  
Наклад 100 прим. Зам.

Друкарня  
ФОП Корзун Д. Ю.  
вул Келецька, 51а,  
м. Вінниця, Україна, 21027  
Тел.: (0432) 603 000  
e mail: [info@tvoru.com.ua](mailto:info@tvoru.com.ua)  
<http://www.tvoru.com.ua>

Передплатний індекс 89273  
ISSN 2518-1017

Мова видання:  
українська, англійська, російська

© Український інститут експертизи  
сортів рослин, оформлення, оригінал  
макет, 2020

© Селекційно генетичний інститут –  
Національний центр насіннєзнавства  
та сортівивчення, 2020

© Інститут фізіології рослин і генетики  
НАН України, 2020

**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)

**L. Hudolii** (Executive Secretary)

B. Barnabas (Hungary)

J. Brindza (Slovak Republic)

R. Vozhehova

N. Volkova

M. Havryliuk

O. Halaiev

B. Dziubetskyi

O. Dubrovna

Z. Kyienko

Y. Kordium

V. Mezhenskyi

V. Morhun

A. Morgunov (Turkey)

L. Prysiazhniuk

O. Prysiazhniuk

O. Rybalka

V. Sokolov

S. Tkachyk

L. Khotylova (Republic of Belarus)

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. 4, Dec Mar. 26, 2020)

Editorial Board contacts:  
Ukrainian Institute for Plant Variety  
Examination

15 Henerala Rodymtseva St.,  
03041 Kyiv, Ukraine

<http://journal.sops.gov.ua/>  
e mail: [journal@sops.gov.ua](mailto:journal@sops.gov.ua)  
tel.: +38 044 258 34 56

Science  
editors: B. V. Sorochynskyi  
O. I. Prysiazhniuk  
Literary editor I. A. Sakhatska  
Technical editor O. Yu. Polovynchuk  
Computer aided  
makeup A. I. Boyko

Signed to print 06.04.2020  
Format 60×84 1/8. Offset Paper.  
Conventional printed sheet.  
100 numbers of copies. Order 617/2019

Printing office  
Individual entrepreneur Korzun D. Yu.  
51a Kelecka St.  
Vinnytsia, 21027 Ukraine  
tel.: +38 (0432) 603 000  
e mail: [info@tvoru.com.ua](mailto: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, Russian

© Ukrainian Institute for Plant Variety  
Examination, formatting, makeup, 2020

© Plant Breeding & Genetics Institute –  
National Center of Seeds and Cultivar  
Investigation, 2020

© Institute of Plant Physiology and  
Genetics, National Academy of Sciences  
of Ukraine, 2020

## ЗМІСТ

### СОРТОВИВЧЕННЯ ТА СОРТОЗНАВСТВО

**В. М. Меженський, Н. Б. Якубенко**  
Нові тенденції в охороні прав селекціонера  
на прикладі сортів яблук: сорти як торговельні марки,  
клубні назви та бренди

**В. Ф. Горобець, Т. О. Щербакова**  
Сорти півоній Іто групи (Itoh group)  
у колекції Національного ботанічного саду  
імені М. М. Гришка НАН України

**О. Л. Рубцова, Д. С. Гордієнко, Т. О. Буйдіна,  
В. І. Чижанькова, О. А. Соколова**  
Морфологічні особливості та біометричні показники  
листіків сортів англійських троянд

### СЕЛЕКЦІЯ ТА НАСІННИЦТВО

**О. С. Левченко, В. М. Стариченко**  
Оцінка вихідного селекційного матеріалу  
тритикале озимого за основними ознаками придатності  
до переробки на біоетанол

### РОСЛИННИЦТВО

**З. І. Ковтунюк, В. І. Войтовська, Л. І. Сторожик**  
Господарська біологічна оцінка гібридів капусти  
пекінської [*Brassica rapa* L. var. *pekinensis* (Lour.) Kitam.]  
за вирощування в умовах  
Правобережного Лісостепу України

**І. В. Гончаровська, С. В. Клименко, В. В. Кузнецов**  
Характеристика біохімічного складу плодів  
нових сортів *Malus domestica* Borkh.

**П. П. Ляльчук**  
Порівняльна характеристика сортів льону олійного  
за вирощування в умовах Західного Лісостепу України

**С. І. Мельник, О. І. Присяжнюк, Є. М. Стариченко,  
К. М. Мажуга, В. В. Бровкін, О. М. Мартинов,  
В. В. Маслечкін**  
Модель адаптивної інформаційної системи  
прогнозування продуктивності  
сільськогосподарських культур

**О. В. Топчій, Л. М. Присяжнюк, А. П. Іваницька,  
Н. П. Щербиніна, З. Б. Києнко**  
Вплив факторів вирощування на показники  
продуктивності сої культурної [*Glycine max* (L.) Merrill]

**О. З. Щербина, С. О. Ткачик, О. О. Тимошенко,  
Н. О. Шостак**  
Оцінка сортів сої культурної [*Glycine max* (L.) Merrill]  
за стабільністю прояву господарсько цінних ознак

## CONTENTS

### VARIETY STUDYING AND VARIETY SCIENCE

**V. M. Mezhenkyj, N. B. Yakubenko**  
5 New trends in protection of plant breeder's rights  
on the example of apple varieties: cultivars  
as trademarks, clubs and brands.

**V. F. Gorobets, T. O. Shcherbakova**  
17 Cultivars of the Itoh peony group in the collection  
of the M. M. Hryshko National Botanical Garden  
National Academy of Sciences of Ukraine

**O. L. Rubtsova, D. S. Hordiienko, T. A. Buidina,  
V. I. Chyzhankova, O. A. Sokolova**  
25 Morphological features and biometric characteristics  
of leaves of English rose varieties

### BREEDING AND SEED PRODUCTION

**O. S. Levchenko, V. M. Starychenko**  
32 Evaluation of the source breeding material  
of winter triticale by the main signs of suitability  
for processing into bioethanol

### PLANT PRODUCTION

**Z. I. Kovtuniuk, V. I. Voitovska, L. I. Storozhyk**  
40 Economic and biological evaluation  
of Chinese cabbage [*Brassica rapa* L. var. *pekinensis*  
(Lour.) Kitam.] hybrids grown in the Right Bank  
Forest Steppe of Ukraine

**I. V. Honcharovska, S. V. Klymenko, V. V. Kuznietsov**  
48 Characteristics of the biochemical composition  
of fruits of *Malus domestica* Borkh. new varieties

**P. P. Lialchuk**  
55 Comparative characteristics of oilseed flax varieties  
in Western Forest Steppe of Ukraine conditions

**S. I. Melnyk, O. I. Prysiazhniuk, Ye. M. Starychenko,  
K. M. Mazhuha, V. V. Brovkin, O. M. Martynov,  
V. V. Maslechkin**  
63 Model of adaptive information system  
for forecasting crop productivity

**O. V. Topchii, L. M. Prysiazhniuk, A. P. Ivanytska,  
N. P. Shcherbynina, Z. B. Kyienko**  
78 The influence of growing factors on the productivity  
indicators of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]

**O. Z. Shcherbyna, S. O. Tkachyk, O. O. Tymoshenko,  
N. O. Shostak**  
90 Assessment of various soybean varieties [*Glycine max* (L.)  
Merrill] on the stability of manifestation of economically  
valuable traits

## БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОБЕЗПЕКА

**Т. А. Натальчук, Т. В. Медведєва, Я. С. Запольський,  
О. Б. Барбан**

Особливості введення в культуру *in vitro*  
вишні сорту 'Ксенія' та черешні сорту 'Василіса'

**А. В. Кирієнко, М. В. Кучук, Н. Л. Щербак,  
М. Ф. Парій, Ю. В. Симоненко**

Експресія генів *gus* та *gfp* у амфідиплоїдній пшениці  
спельти (*Triticum spelta* L.) після *Agrobacterium*  
опосередкованої трансформації

## BIOTECHNOLOGY AND BIOSAFETY

**T. A. Natalchuk, T. V. Medvedieva, Ya. S. Zapolskyi,  
O. B. Barban**

97 Features of introduction of sour cherries  
variety 'Kseniia' and cherries variety 'Vasylysa prekrasna'  
into *in vitro* culture

**A. V. Kyriienko, M. V. Kuchuk, N. L. Shcherbak,  
M. F. Parii, Yu. V. Symonenko**

103 Expression of *gus* and *gfp* genes in amphidiploid spelt  
wheat (*Triticum spelta* L.) after *Agrobacterium* mediated  
transformation

## Нові тенденції в охороні прав селекціонера на прикладі сортів яблук: сорти як торговельні марки, клубні назви та бренди

В. М. Меженський<sup>1,2</sup>, Н. Б. Якубенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, e mail: mezh1956@ukr.net

<sup>2</sup>Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна, e mail: nataliya.yakubenko@gmail.com

**Мета.** Проаналізувати світовий досвід і сучасні тенденції охорони нових сортів яблук та прав селекціонера. **Результати.** На створення нового сорту яблуні шляхом схрещування, окрім значних матеріальних ресурсів, витрачається до 20 років; ще 5–10 років йде на його впровадження в широку культуру. Власник сорту після укладання ліцензійної угоди отримує роялті за кожний проданий саджанець, але така схема є ризикованою як для власників сортів, так і для виробників садовини. Більша частина часу, що відведена для охорони сорту, може бути вичерпаною ще до того, як він набуде популярності в споживачів. Для подолання негативних рис, притаманних «відкритим» сортам, застосовуються нові маркетингові механізми з використанням «закритих», або клубних сортів. Власник сорту отримує патент США або охорону прав селекціонера в країні виробництва та, зазвичай, також реєструє одну або декілька торговельних марок для збуту в кожній країні, де садовина буде продаватися. Ліцензійні угоди на вирощування садивного матеріалу і виробництво плодів як правило укладаються для одного або декількох виробників чи продавців у країні разом з правами використовувати торговельну марку для продажів в одній чи декількох країнах. У свою чергу власник сорту отримує ексклюзивні платежі – роялті з кожного проданого саджанця і відсоток від продажу плодів. Виробник погоджується з етапами створення саду і виробництва плодів та підтриманням стандартів якості. Перевага для виробників полягає в можливості підвищення ціни за рахунок обмеження пропозиції і переваг у просуванні яблук на ринку. Роздрібні торговці, як правило, зацікавлені в зареєстрованих сортах завдяки вищим цінам реалізації та потенціалу ексклюзивності брендів сортів. За великих обсягів постачання багатьох сортів виробники вважають нові клубні сорти необхідними для підтримання прибутковості. Прогнозують, що найближчим часом частка клубних сортів може збільшитися із теперішніх 5 до 15–20%. **Висновки.** Ліцензування торговельної марки стимулює маркетолога розвивати бренд, який може сприяти тривалому і невизначеному періоду винятковості сорту з розширенням можливостей управління інтелектуальною власністю, виробництвом садовини та її якстю. Дохід власника сорту внаслідок використання торговельної марки під час продажу плодів може бути тривалішим і більшим. Яблука, що відповідають стандартам якості, продають під брендовими назвами за вищими цінами, збільшуючи прибуток і забезпечуючи стабільніший річний дохід для виробника. Ефективність системи брендів означає, що в майбутньому нові сорти яблук виходитимуть у світ виключно під власним брендом, а впровадження нових сортів надасть більших переваг виробникам та споживачам садовини.

**Ключові слова:** культивари яблук; спорти; «відкритий» сорт; «закритий» сорт; клубний сорт; торговельна марка; бренд; охорона прав селекціонера.

### Вступ

Створення сорту (культивара) плодкових рослин, зокрема яблуні, потребує багаторічної праці з вкладанням значних матеріальних ресурсів. Цей процес триває 15–20 років

(схрещування, вирощування сіянців, які мають тривалий ювенільний період, добір кращих сіянців та їхнє випробування). Додатково ще 5–10 років минає від створення комерційних садів до виробництва достатньої кількості садовини для ринку. Згідно з ліцензійними угодами власник сорту отримує роялті за кожний проданий саджанець, але, як показує світовий досвід, така схема є ризикованою як для власників сортів, так і для виробників садовини. Більша частина

*Volodymyr Mezhenskyj*  
[http://orcid.org/0000\\_0002\\_3154\\_1120](http://orcid.org/0000_0002_3154_1120)  
*Nataliia Yakubenko*  
[http://orcid.org/0000\\_0002\\_0382\\_318X](http://orcid.org/0000_0002_0382_318X)

часу, що відведена для охорони сорту, може бути вичерпаною ще до того, як він набуде популярності в споживачів.

### Результати досліджень

Сорти рослин належать до особливих об'єктів інтелектуальної власності, що охороняються та можуть комерціалізуватися для отримання прибутку. Права на сорт набувають шляхом подання заявки, її експертизи та реєстрації прав уповноваженим органом. У світі діють дві системи охорони сортів рослин – американська та європейська. За американської системи сорт охороняється патентом, дія якого триває 20 років. Згідно з Конвенцією UPOV права селекціонера на сорт рослин охороняють протягом не менше 20 років, а щодо сортів дерев та винограду – не менше 25 років. Регламент Ради ЄС № 2100/94 збільшив тривалість охорони прав селекціонера ще на 5 років. За українським законодавством строк чинності майнових прав інтелектуальної власності на сорти деревних та чагарникових культур і винограду становить 35 років. Узагалі на сьогодні в Україні діє більше десятка спеціальних законів із питань інтелектуальної власності, зокрема Закони України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі», «Про охорону прав на промислові зразки». Існує також понад 80 підзаконних актів, затверджених постановами Кабінету Міністрів України або наказами відповідних центральних органів виконавчої влади [1].

Охорону прав на нові сорти рослин та захист законних прав та економічних інтересів селекціонерів забезпечує Конвенція UPOV, до якої з 1995 р. приєдналася Україна. Згідно із Законом України «Про охорону прав на сорти рослин» права на сорт набувають шляхом подання заявки, її експертизи та державної реєстрації прав. Експертиза заявки складається з формальної експертизи, тобто експертизи за формальними ознаками, і кваліфікаційної (основної) експертизи. Під час проведення кваліфікаційної експертизи визначають, чи належить заявлений сорт до зазначеного виду чи роду рослини. В Українському інституті експертизи сортів рослин проводять експертизу запропонованої назви сорту, визначають його новизну та відповідність критеріям відмінності, однорідності та стабільності. Для визначення відповідності сорту критеріям охороноспроможності та його придатності до господарського використання в Україні проводять державне випробування сорту. При цьому можуть бути враховані результати випробування, проведеного компетентним органом будь-якої держави,

що є членом UPOV. Заявник сорту може отримати на нього особисті немайнові права інтелектуальної власності, майнові права інтелектуальної власності та майнове право інтелектуальної власності на поширення сорту. У підготовці експертних висновків щодо назви сорту в частині її співзвучності із зареєстрованими знаками для товарів і послуг в Україні, а також географічними зазначеннями походження товарів повинен брати участь експертний орган – Державне підприємство «Український інститут промислової власності» (Укрпатент), який здійснює експертизу таких об'єктів [1].

Будь-яка особа, яка використовує садивний матеріал сорту, повинна застосовувати назву цього сорту навіть після закінчення строку дії правової охорони на нього. При використанні сорту дозволяють поєднувати його назву зі знаками для товарів і послуг та зазначенням походження товарів. У такому разі назва сорту повинна бути легко пізнаваною.

Українські споживачі звикли до певних назв, наприклад, яблук сорту 'Ренет Симиренка'. Так як у супермаркетах імпортовані яблука супроводжуються сортовими назвами, покупці навчилися правильно їх ідентифікувати за назвами, співвідносячи із забарвленням, формою, смаком та добираючи ті, що подобаються найбільше, наприклад, 'Golden Delicious' ('Голден Делішес'), 'Granny Smith' ('Гранні Сміт'), 'Gala' ('Гала'), 'Ligol' ('Ліголь'), 'Fuji' ('Фуджі') тощо. Інколи в супермаркетах яблука позначають не сортовими назвами, а місцем походження, як от «українське яблуко», де під цією узагальненою назвою може бути будь-який сорт, або навіть суміш сортів. Великий прошарок населення взагалі поділяє яблука лише, наприклад, за кольором: зелені, жовті, червоні чи за смаком: солодкі, кислі, не співвідносячи з конкретними сортовими назвами.

Варто проаналізувати світові тенденції еволюції поглядів і ставлення до сортових назв у комерційному середовищі на прикладі яблук. Власники сортів, виробники і продавці застосовують назви сортів і торговельні бренди у своїх контрактах. Останнім часом набуває поширення практика використання торговельних марок, як брендів, що краще розпізнаються покупцями, для отримання більшого доходу в торгівлі. Сортівні назви застосовують в системі охорони прав селекціонера: PBR (Plant Breeder's Rights) згідно з термінологією UPOV, відповідником яких в Україні є ПС – патент на сорт рослин. У США використовують систему USPP (U.S. Plant Patent) (табл. 1).

Таблиця 1

**Функції і властивості патентів на сорти рослин та їхній зв'язок з назвами сортів і торговельними марками в управлінні інтелектуальною власністю та комерціалізацією культиварів яблук [2]**

Функції або особливості інтелектуальної власності	Патенти з назвами сортів	Торговельні марки
Законна корисність	Забезпечують власникові основу для захисту від несанкціонованого розмноження	Забезпечують власникові основу для захисту від несанкціонованого продажу фруктів
Термін дії охорони	Визначений строк від 20 до 35 років, залежно від країни	Невизначений строк використання за призначенням
Ліцензування	Власник сорту може дозволити вегетативне розмноження сорту	Власник сорту може дозволити позначення плодів на ринку
Гарантії якості	Використовують для позначення типів дерев під час продажу садивного матеріалу для закладання садів	Використовують для ознайомлення з характеристиками якості плодів (наприклад, забарвлення шкірочки, уміст цукрів, щільність м'якшу, іржавленість)

Доволі поширеною практикою є добір мутацій існуючих сортів, наприклад за кращим забарвленням. Такі мутації (спорти), якщо вони стабільні і достатньо відмінні від вихідного сорту, можуть бути визнані як нові сорти. Кількість зареєстрованих сортів перевищила сотню. Назви видатних сортів, їхніх сортів та торговельні марки за

кордоном часто використовують як бренди (табл. 2).

Старовинні сорти, дібрані з випадкових сіянців – ‘Hawkeye’, або ‘Delicious’, відоміший як ‘Red Delicious’, а також ‘Golden Delicious’, ‘Granny Smith’, ‘McIntosh’ і селекційні сорти – ‘Kidd’s D-8’, спочатку зареєстрований як ‘Gala’, та їхні численні мутації не мають тор-

Таблиця 2

**Приклади деяких сортів яблук та їхніх сортів, що мають торговельні марки та розпізнають як бренди [2–6, з доповненнями]**

Сорт	Торговельна марка	Ринковий бренд
‘Delicious’ (‘Hawkeye’)		RED DELICIOUS
‘Stark Delicious’ – мутант ‘Delicious’		
‘Starksing’ – мутант ‘Delicious’		
‘Starkrimson’ – мутант ‘Delicious’		
‘Starkspur’ – мутант ‘Delicious’		
‘Topred’ – мутант ‘Delicious’		
‘Camspur’ – мутант ‘Delicious’	Red Chief®	
‘Erovan’ – мутант ‘Delicious’	Early Red One®	
‘Evasni’ – мутант ‘Delicious’	Scarlet Spur®	
‘King Red Delicious’ – мутант ‘Delicious’	Roat®	
‘Sandidge’ – мутант ‘Delicious’	Superchief®	
‘Stark Gigger’ – мутант ‘Delicious’	RedVelox®	
‘Trumdor’ – мутант ‘Delicious’	Oregon Spur Delicious®	
‘Valtod’ – мутант ‘Delicious’	Red Cap®	
‘Golden Delicious’		GOLDEN DELICIOUS
‘CG10 Yellow Delicious’ – мутант ‘Golden Delicious’	Smothee®	
‘Golden Delicious Reinders’ – мутант ‘Golden Delicious’	Reinders®	
‘Leratess’ – мутант ‘Golden Delicious’	Pink Gold®	
‘Golden Parsi’ – мутант ‘Golden Delicious’	Da Rosa®	
‘Quemoni’ – мутант ‘Golden Delicious’	Rosagold®	
мутант ‘Golden Delicious’	Golden Smoother®	JONAGOLD
‘Jonagold’		
‘Jonagold Novajo’ (‘Veilemanns’) – мутант ‘Jonagold’		
‘Rubinstar’ – мутант ‘Jonagold’		
‘Jonica’ (‘Schnica’) – мутант ‘Jonagold’		
‘Vivista’ – мутант ‘Jonagold’		
‘Early Jonagold’ – мутант ‘Jonagold’	Milenga®	
‘Jonagold Boerekamp’ – мутант ‘Jonagold’	Early Queen®	
‘Jonagored’ – мутант ‘Jonagold’	Morren`s Janagored®	
‘Jonagored Supra’ – мутант ‘Jonagold’	Morren`s Jonagored® Supra®	
‘Red Jonaprince’ – мутант ‘Jonagold’	Wilton`s Star® Red Prince®	GRANNY SMITH
‘Granny Smith’ та багато мутацій		
‘Dalivair’ – мутант ‘Granny Smith’	Challenger®	



Сорт	Торговельна марка	Ринковий бренд
'Gala' ('Kidd' s D 8')		GALA
'Baigent' – мутант 'Gala'	Brookfield®	
'Bigigalaprim' – мутант 'Gala'	Early Red Gala®	
'Gala 2013' – мутант 'Gala'	DarkBaron®	
'Gala Perathoner' – мутант 'Gala'	Redlum®	
'Gala Simmons' – мутант 'Gala'	Buckeye®	
'Galafab' – мутант 'Gala'	Gala Star®	
'Gala SchnicoCo' – мутант 'Gala'	Schniga®	
'Gala Schnico Red' – мутант 'Gala'		
'Gala Schnitzer' – мутант 'Gala'		
'Gilmac' – мутант 'Gala'	Neon®	
'Kf576' – мутант 'Gala'	Dark Ann®	
'Mitchga' – мутант 'Gala'	Mondial Gala®	
мутант 'Gala'	Gala Magma®	
'Regal Prince' – мутант 'Gala'	Buckeye®Gala	
'Simmons' – мутант 'Gala'	DarkBaron®	
'Tenroy' – мутант 'Gala'	Royal Gala®	
'Galaxy' – мутант 'Tenroy'	Selekt®	
'Premier Star' – мутант 'Tenroy'		
'Fuji'	Kiku®	KIKU
'Brak' – мутант 'Fuji'	Fuji Kiku®8	
'Fubrax' – мутант 'Fuji'	Fuji Kiku®Fubrax	
'Aztec' ('DT2') – мутант 'Fuji'	Fuji Zhen®, Zhen®, Aztec Fuji®	FUJI
'Heisei Fuji' – мутант 'Fuji'	Beni Shogun®	
'Fuciv181' – мутант 'Fuji'	Ko Siv®	
'Fuciv51' – мутант 'Fuji'	San Siv®	
'Fenduf3' – мутант 'Fuji'	Fuji Phoenix®	
'Fenfu' – мутант 'Fuji'	Rubinfuji®	
'Rofm81' – мутант 'Fuji'		
'Fuji VW' – мутант 'Fuji'	King®	
'Grofn Fuji' – мутант 'Fuji'		
'Honeycrisp' та багато мутацій	Honeycrunch®	HONEYCRISP
'LJ 1000' – мутант 'Honeycrisp'	Royal Red Honeycrisp™	
'Cripps Pink'	Pink Lady®	PINK LADY
'Rosy Glow' – мутант 'Cripps Pink'	Pink Lady®	
'RGLORS' – мутант 'Rosy Glow'	Pink Lady®	
'Lady in Red' – мутант 'Cripps Pink'	Pink Lady®	
'Ruby Pink' – мутант 'Cripps Pink'	Pink Lady®	
'PLBAR B1' ('Barnsby') – мутант 'Cripps Pink'	Pink Lady®	
'PLMAS98' ('Maslin') – мутант 'Cripps Pink'	Pink Lady®	
'PLFOG99' ('Pink Belle') – мутант 'Cripps Pink'	Pink Lady®	
'Delcorf'	Delbarestivale®	DELCORF
'Celeste' – мутант 'Delcorf'		
'Bruggers Festivale' – мутант 'Delcorf'	Sissired®	
'Dalili' – мутант 'Delcorf'	Ambassy®	
'Wonik' – мутант 'Delcorf'	Appache®	ELSTAR
'Elstar'		
'Elshof' – мутант 'Elstar'		
'Red Elstar' – мутант 'Elstar'		
'Valstar' – мутант 'Elstar'		
'Bel El' – мутант 'Elstar'	Red Elswout®	
'Dalieat' – мутант 'Elstar'	Elista®	
'Daliter' – мутант 'Elstar'	Elton®	
'Elstar Boerekamp' – мутант 'Elstar'	Excellent Star®	
'Elstar Palm' – мутант 'Elstar'	Elstar PCP®	
'Goedhof' – мутант 'Elstar'	Elnica®	
'RNA9842' – мутант 'Elstar'	Red Flame®	
'Vermuel' – мутант 'Elstar'	Elrosa®	
'Scifresh'	Jazz™	JAZZ
'Scired'	Pacific Queen™	NZ ROSE
'Sciros'	Pacific Rose™	
'SciEarly'	Pacific Beauty™	PACIFIC BEAUTY

## Продовження таблиці 2

Сорт	Торговельна марка	Ринковий бренд
'Scilate'	Envy™	
'Braeburn'		
'Lochbui Red Braeburn' – мутант 'Braeburn'		
'Royal Braeburn' – мутант 'Braeburn'		
'Hidala' – мутант 'Braeburn'	Hillwell®	BRAEBURN
'Joburn' – мутант 'Braeburn'	Aurora™, Red Braeburn™, Southern Rose™	
'Mahana Red Braeburn' – мутант 'Braeburn'	Redfield®	
'Maribelle'	Lola®	
'Mariri Red' – мутант 'Braeburn'	Aporo®, Eve™	
'Caudle'		
'Cauflight' – мутант 'Caudle'	Cameo®, Camela®	
'Pinova'	Corail®	
'Daligris' – мутант 'Pinova'	Chantelop®	
'RoHo3615' – мутант 'Pinova'	Eveline®	
'Rafzubin'	RubINETTE®	
'Rafzubex' – мутант 'Rafzubin'	RubINETTE® Rosso	
'Tuscan'	Ballerina® Bolero	
'Obelisk'	Ballerina® Flamenco	
'SA244 20'	Ballerina® Maypole	
'Trajan'	Ballerina® Polka	
'Telamon'	Ballerina® Charlotte	COLUMNAR APPLE
'Akane'	Ballerina® Waltz	
'UEB 3727 4'	Urban Apple® Blushing Delight	
'UEB 3358 3'	Urban Apple® Golden Treat	
'UEB 3812 2'	Urban Apple® Tanga Green	
'UEB 3449 1'	Urban Apple® Tasty Red	
'UEB32642'	Opal®	
'UEB32642' ('Opal')		
'Luna'		
'Orion'	Golden Sunshine Line®	
'Sirius'		
'Akane'	African Carmine™	
'Ariane'	Les Naturaines®	
'AW106'	Sapora®	
'BAY 3484'	Baya Marisa®	
'CIV323'	Isaaq®	
'CIVG198'	Modi®	
'CIVPEAK'	Rubens®	
'CIVT15'	T REX®	
'Co op 33'	Pixie®	
'Co op 38'	GoldRush®, Derlisdor®	
'Co op 39'	Crimson Crisp®	
'Co op 42'	Primiera®	
'Co op 43'	Juliet®	
'Cripps Red'	Joya®, Sundowner™	
'Dalinette'	Chouquette®	
'Delcoros'	Autento®	
'Delgollune'	Delbard Jubilé®	
'Fresco'	Wellant®	
'FUCIV51'	SAN CIV®	
'FUCIV181'	KO CIV®	
'Fujoin'		
'Gaia'		
'Gemini'	Sweet Resistance®	
'Renoir'		
'Smeralda'		
'Galmac'	Camelot®	
'Gold Pink'	Cold Chief®	
'Goldstar'	Resista Cold Granny®	
'Gradigold'	Colden Supreme™, Colden Extreme™	
'Gold Pink'	Cold Chief®	
'Inolov'	Mandy®	

Сорт	Торговельна марка	Ринковий бренд
'Inored'	Story®	
'Kizuri'	Morgana®	
'Lady Alice'	Rainier™	
'Lespin'	Garance®	
'Lumaga'	Galant®	
'Lurefresh'	Redlove® Era®	REDLOVE
'Lureprec'	Redlove® Circe®	
'Luregust'	Redlove® Calypso®	
'Luresweet'	Redlove® Odysso®	
'MAIA1'	EverCrisp®	
'MAIA11'	Rosalee®	
'MAIA12'	Summerset®	
'MAIA L'	Ludacrisp®	
'MAIA Z'	Sweet Zinger®	
'Maribelle'	Lola®	
'MC38'	Crimson Snow®	
'Milwa'	Diwa®, Junami®	
'Minneiska', MN 1914	Sweetango®	
'Minnewashta'	Zestar!®	
'Mountain Cove'	Ginger Gold™	
'Nicogreen'	GreenStar®	
'Nicoter'	Kanzi®	
'NY1'	Snapdragon®	
'NY2'	RubyFrost®	
'Plumac'	Koru®	
'Prem A17'	Smitten®	
'Prem A96'	Rockit™	
'Prem A153'	Lemonade®, Honeymoon®	
'Prem A280'	Swittie™	
'R201'	Kissabel®	
'Rajka'	Rezista Romelike®	
'Rebella'	Bella®	
'Regalyou'	Sweetie®	
'RM1'	Red Moon®	
'RoHo3615'	Evelinai®	
'RS 1'	Red Moon®	
'SPA493'	Salish™	
'SQ159'	Natyra®, Magic Star®	
'WA38'	Cosmic Crisp <sup>®</sup>	COSMIC CRISP
'WuR037'	Freya®	
'Xeleven'	Swing®	

говельних марок. У торгівлі вони відомі під своїми сортовими назвами, що стали ринковими брендами. Наступні селекційні сорти, створені в минулому сторіччі – 'Fuji' і 'Honeycrisp', також відомі покупцям під власними сортовими назвами, мають торговельні марки, відповідно, Kiku®, Honeycrunch®. Нині все більша частка нових сортів отримує торговельні марки, що сприяє продажам яблук. Ці торговельні марки стають брендовими назвами успішних сортів.

Наявність знаку правової охорони торговельної марки у вигляді літери R розміщеної в центрі кола, що зазвичай розташовується вгорі праворуч від назви, як ®, свідчить про офіційну реєстрацію даної торговельної марки. Незареєстровані торговельні марки позначають символом ™. У Державному реєстрі

сортів рослин, придатних для поширення в Україні (Реєстр сортів рослин України) знаком правової охорони ® позначено сорти, які захищено патентами, але знак безпосередньо не пов'язаний з назвою сорту, наприклад ® 06086001 Мавка. Так як назви сортів у Реєстрі сортів рослин України не виокремлено одинарними лапками, то у випадку поєднання назви сорту з позначкою захисту його патентом, виникає комбінація, яка за кордоном вважається торговельною маркою. В Україні через недотримання міжнародних правил позначення назв сортів рослин, що передбачає заключення їх в одинарні лапки, та не розмежування назв сортів, торговельних марок і брендів, словесні торговельні марки і бренди в садівництві, наприклад Pink Lady / Пінк Леді, вважаються сортовими назвами.

Зазвичай, сорти плодівих культур із зареєстрованими правами селекціонера, розмножуються розсадниками згідно з укладеними ліцензійними угодами, за що власник сорту отримує ліцензійні платежі за кожний проданий саджанець. Як показав світовий досвід, така схема є ризикованою і для власників сортів, і для виробників садівництва. Більша частина часу, що відведена для охорони сорту, може бути вичерпаною ще до того, як він набуде популярності в споживачів. Яскравим прикладом є історія 'Honeycrisp' у США. Цей сорт, запатентований у 1988 році, вирізняється високими смаковими якостями, тому вважається ідеальним для споживання в свіжому вигляді. Очікувалося, що він займатиме третю сходинку з-поміж найпоширеніших сортів яблук у світі. Популярність прийшла до нього лише на початку нашого століття, коли продажі садивного матеріалу сягнули понад 1 млн саджанців щорічно. Але період охорони сорту завершився у 2008 році і його автори отримали неспівставно малу винагороду за багаторічну селекційну роботу. 'Honeycrisp' нині настільки широко вирощується, що ціни на яблука цього чудового сорту впали, тому торговці шукають нові сорти, яблука яких можна було б продавати за високими цінами [2].

Якщо садивний матеріал вирощують великі розсадники з багатьма ліцензіями, які продають його сотням чи тисячам виробників яблук, то відслідкувати порушення прав інтелектуальної власності стає важким завданням. Крім того садівники знаходять спортивні відхилення популярних сортів. У країнах-членах UPOV комерціалізація сортів повинна вестися через власників вихідного сорту. У США в деяких випадках можливими є охорона і комерціалізація виявленого сорту без узгодження із власником вихідного сорту, який, як правило, не намагається захистити свої права, через складність процедури.

Отже, так звані «відкриті» сорти несуть ризики для їхніх власників, які не встигають отримати достатньої компенсації за витрати на створення сорту. Впровадження нового сорту вимагає багаторічного просування на ринку. Власники сортів, як правило, не контролюють виробництво і продаж яблук, а виробники і торговці можуть утримуватися від пришвидшення впровадження нових сортів, якщо відчуватимуть, що їхні конкуренти, які прийдуть на ринок пізніше, матимуть менші інвестиційні ризики. Відсутність регулювання виробництва плодів може призводити до перевиробництва яблук.

Для подолання негативних рис, притаманних «відкритим» сортам, останніми роками набула поширення інша структурованіша система управління та система обмеженого ліцензування. Подібно до «відкритих» сортів власник сорту отримує патент США або охорону прав селекціонера в країні виробництва. Зазвичай він також реєструє одну або декілька торговельних марок для збуту в кожній країні, де садівництво буде продаватися. Підтримання торговельної марки вимагає постійного її використання в торгівлі. Власники сорту та ліцензіати, часто за допомогою спеціального юриста, повинні постійно моніторити ринок для виявлення потенційних порушників. Ліцензійні угоди на вирощування садивного матеріалу і виробництво плодів як правило укладають для одного або декількох виробників чи продавців в країні разом з правами використовувати торговельну марку для продажів у цій чи інших країнах. У свою чергу власник сорту отримує ексклюзивні платежі – роялті з кожного проданого саджанця і відсоток від продажу плодів. Виробник погоджується з етапами створення саду і виробництва плодів та підтриманням стандартів якості.

Такий підхід надає власникові сорту/володільцю патенту та виробнику/продавцю:

- винятковості. Виробник, який впевнений в унікальності сорту, інвестуватиме в розвиток садів і маркетингових програм;
- пришвидшення вступу в ринок дозволяє власникові сорту повніше реалізувати потенціал сорту упродовж терміну дії його охорони;
- якість плодів для ринку може забезпечуватися умовами контракту, які обмежуватимуть вирощування садівництва тільки тими районами, де таку якість можна досягти та умовами контракту, які дозволятимуть продавати під брендовими назвами тільки ті плоди, що відповідають стандартам якості;
- торговельні марки можуть підтримуватися і після того як термін дії охорони сорту закінчився, що продовжує власникові сорту отримання прибутків;
- управління інтелектуальною власністю стає простішим через зменшення кількості контрактів у порівнянні з «відкритими» сортами; порушення легше виявити; контракти з обмеженою кількістю партнерів можуть охоплювати відкриття, охорону та комерціалізацію мутацій – сортів;
- ліцензування торговельної марки стимулює маркетолога розвинути бренд, який може сприяти тривалому і невизначеному періоду винятковості сорту з належним управлінням

інтелектуальної власності, виробництва садовими та її якості; дохід, що отримує власник сорту внаслідок використання торговельної марки під час продажів плодів, може бути тривалішим і більшим [2].

Яблука «відкритих» сортів може вирощувати і продавати без обмежень будь-хто; вони будуть доступними й надалі. Їхній недолік, через вирощування за різних умов і недотримання високих стандартів якості, полягає в мінливості якості, тоді як для споживача бажаною є постійність якості і стабільна наявність бажаних сортів. Це здатні забезпечити нові маркетингові механізми з використанням «закритих», або клубних сортів. Це сорти новітньої селекції, що мають належний рівень захисту; їх реєструють, іноді патентують і ретельно контролюють. Власник сорту може контролювати вирощування дерев і вирощування яблук, які повинні відповідати стандартам якості. Перевага для виробників полягає в можливості підвищення ціни за рахунок обмеження пропозиції і переваг у просуванні яблук на ринку. Роздрібні торговці, як правило, зацікавлені в зареєстрованих сортах завдяки вищим цінам реалізації та потенціалу ек-

клюдності брендів сортів. Ринковій економіці притаманна жорстка цінова конкуренція між супермаркетами. За великих обсягів поставок багатьох сортів виробники вважають нові клубні сорти необхідними для підтримання прибутковості.

Сучасне садівництво характеризується великою кількістю нових сортів, які щороку розширюють пропозицію високоякісних яблук. Це або нові сорти, як результат селекційних програм з генетичного поліпшення, або добір природних сортів. Просування та успіх нового сорту в умовах насиченого конкурентного ринку виявляється складним, що вимагає застосування різних стратегій розмноження та просування нових сортів. Услід за США, в Європі сорти яблук також вирощують як клубні, під торговельними марками або за умовами вільного вирощування та продажу. Європейська система охорони прав селекціонера, якою керує CPVO, та можливість завоювання свого сегменту ринку за допомогою комерційних брендів змусили керувальників та власників виключних ліцензій встановити контроль за виробничо-розповсюджувальним ланцюжком нових сортів шляхом застосування принципу клубних сортів (рис. 1).

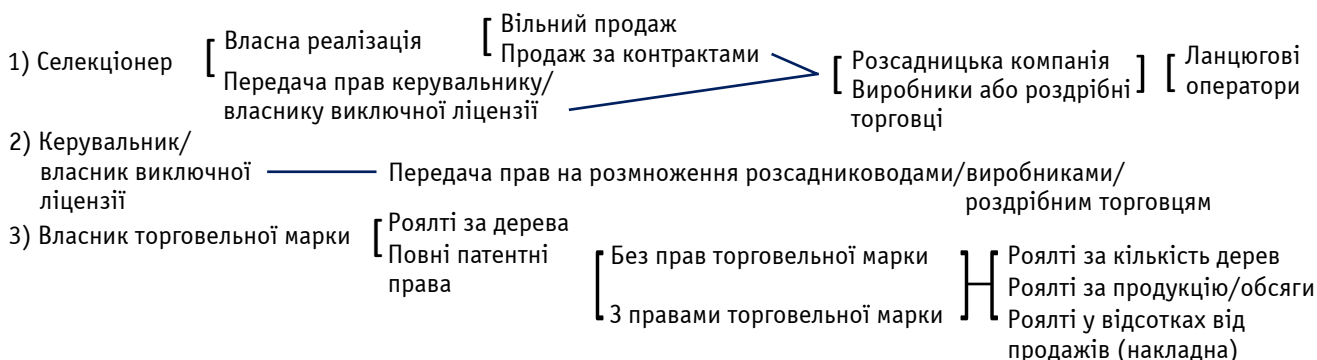


Рис. 1. Схема ланцюгового поширення нових сортів залежно від права на розмноження, переданого кожному операторові від виробника до торговця [6]

Це дозволяє досягти певної мети, а саме:  
– підготовка бізнес-плану для впровадження протягом досить тривалого, але не надмірного, періоду часу, щоб відшкодувати достатню норму прибутку для покриття значних інвестицій;

– визначення географічного регіону, що буде екологічно найпридатнішим для вирощування високоякісних яблук, та визначення підприємств/великих виробників та фермерських об'єднань, що будуть задіяні;

– планування щорічних насаджень та, відповідно, кількості дерев, що передбачає заключення договорів з розсадниками на поста-

чання саджанців та з фермерами на виробництво та постачання садовини;

– визначення торгових груп та укладання договорів на встановлення квот та управління розміщенням яблук на ринку, або робити це самостійно через компанії та підприємства, що мають потрібне обладнання та досвід роботи. У такому випадку розсадниководи та виробники стають простими постачальниками стандартної продукції. Ціну реалізації попередньо не встановлюють, а визначають наприкінці сезону, виходячи із ситуації на ринку як взагалі, так і для конкретного сорту;

– допуск клубних сортів. Такий підхід буде виправданим, якщо сорт відповідатиме най-

вищим критеріям якості, матиме особливі характеристики, забезпечуватиме безперервність продажів, і перш за все, користуватиметься попитом у споживачів, які вирізнятимуть його з-поміж інших. Тому принципово важливо, щоб клубне керування досягало такої ринкової вартості яблук преміум-класу, яка б покривала витрати на маркетинг, просування, контролювання ланцюжка постачання та дотримування стандартів якості, щоб заплатити виробникам якомога більше, принаймні не менше, ніж виробник заробив би за відсутності договору [6].

Формула клубних сортів себе виправдовує, принаймні у провідних «яблучних» країнах. Прогнозують, що найближчим часом, частка клубних сортів збільшиться із теперішніх 5 до 15–20%. Але, чи так воно є насправді? Якщо клубна система ефективна, то чому вона охоплює всього 5% ринку чи не є це її порогом. Нині селекціонерів виключено з процесу поширення сортів. Керувальники/власники виключних ліцензій, що наперед виплатили гонорари авторам сортів та витратилися на їхню рекламу, можуть прощтовхувати на ринок нові сорти, які не обов'язково матимуть найвищу якість, яку повинні мати клубні сорти. Вони запроваджують нові стратегії, щоб обійти обмеження клубної системи з метою продовження охорони прав на сорти, але з більшою експлуатаційною гнучкістю.

Нині селекційні програми з поліпшення сортименту яблуні у більшості провідних садівничих країн державою вже не фінансуються. Державні компетентні органи, що ліцензують сорти, обмежуються видачою патентів на охорону прав селекціонера, а потім вільно випускають нові сорти без обмежень, які застосовує клубна система. Існують приватні організації, що дотримуються аналогічних, менш виключних стратегій, що обмежуються захистом назви сорту, але контролюють його ексклюзивне розмноження в розсадниках щодо кількості дерев, що вирощують, та місцями, де закладають сади. У більшості випадків спільних для держави і приватного сектору програм, саме останній вирішує як врешті-решт поширювати сорт. Так як, саме приватний сектор підтримував реалізацію селекційних програм, саме він визначає стратегії розповсюдження нових сортів. Так, американський Cosmic Crisp®, створений в Університеті штату Вашингтон, поширює тільки місцева асоціація виробників яблук, яка надавала фінансову підтримку цій селекційній програмі. Саме вона вирішила вирощувати цей сорт на фермах чле-

нів асоціації, а не в інших місцях чи країнах. Інноваційною зброєю, що визначатиме майбутні системи ліцензування стає бренд.

Створено тисячі сортів яблук, багато з них відповідають усім запитам виробництва, але не всі, навіть дуже гарні і добрі, зуміли викликати прихильність споживача. Свого часу вагому популярність здобув новозеландський сорт 'Gala', який почали вирощували всі, хто бажав цього. Унаслідок цього ціни на яблука 'Gala' значно впали. У нього дібрано багато сортів, включаючи такі популярні як 'Regal Prince' і 'Tenroy', які поширюють під торговельними марками, відповідно, Gala Must® та Royal Gala®. У свою чергу вони дали життя ще низці мутантів, зокрема 'Galaxy', що продається як Selekt®. Тільки запатентованих сортів 'Gala' налічують понад два десятки, не враховуючи незапатентованих. Торговельні марки і запатентовані сорти дозволяють контролювати кількість і якість яблук, що продаються та ретельно захищати інтелектуальну власність.

Термін дії патенту на австралійський сорт 'Cripps Pink' завершився, що дозволяє будь-кому вирощувати саджанці та плоди цього сорту. Але такі фермери не мають права продавати їх під торговельною маркою Pink Lady®, окрім власників цього бренду. Як і у випадку з іншими популярними сортами у 'Cripps Pink' дібрано багато краще забарвлених сортів, наприклад, 'Rosy Glow', 'Lady in Red', які продають під цією ж торговельною маркою Pink Lady®. До бренду Pink Lady® включено також інші мутанти 'Cripps Pink', що вирізняються більш ранніми термінами досягання, такі як 'Barnsby', 'Maslin'. Як Pink Lady® тепер продають також плоди 'Ruby Pink' і 'Pink Belle'. Покупцеві, який уподобав яблука 'Cripps Pink', не важливо, що йому продають яблука інших сортів, що походять від 'Cripps Pink'. Він, можливо, навіть не знає їхніх назв, як, до речі, і назви самого 'Cripps Pink', бо в магазині усі ці яблука продають як Pink Lady®. Основною вимогою є те, щоб яблука відповідали стандарту якості, тобто мали належний вміст цукрів, щільність м'якуша та характерне забарвлення. Новозеландський сорт 'Scifresh' має яблука, котрі поєднують зовнішню привабливість з гармонійним смаком хрусткого соковитого м'якуша, що тривалий час не втрачає своїх властивостей. Вирощування його на обох півкулях планети забезпечує споживачів яблуками упродовж усього року. Ці яблука відомі під торговельною маркою Jazz™.

Яскравим прикладом впровадження «керуваного» сорту є бренд COSMIC CRISP. На

створення, випробовування і широке виробництво сорту 'WA38' було витрачено 20 років праці і понад 10 млн доларів маркетингового бюджету. Штат Вашингтон на північному заході США є найбільшим виробником яблук, яких тут щороку вирощують 2,5 млн тонн, тобто понад удвічі більше ніж в усій Україні. Основу сортименту складають старовинні сорти 'Golden Delicious', 'Red Delicious', 'Granny Smith' та створені в другій половині XX століття 'Gala', 'Fuji', 'Honeycrisp' та 'Cripps Pink'. Найпоширеніші старовинні сорти-улюбленці споживачів 'Golden Delicious' і 'Red Delicious' згодом стикнулися з жорсткою конкуренцією з боку нових сортів, які потіснили їх на ринку. Нині, за оцінками фахівців COSMIC CRISP має такий комплекс господарсько-цінних ознак, що надає йому безсумнівних переваг перед іншими сортами і він здатний захопити значний сегмент ринку яблук, потіснивши відомі бренди PINK LADY і ROYAL GALA та 'HONEYCRISP', випередивши їх за обсягами виробництва.

Високі споживчі і смакові якості COSMIC CRISP доповнюються найтривалішим періодом можливого зберігання плодів упродовж року до нового врожаю. Це дуже важливо для підтримання бренду та підвищення його конкурентоздатності, бо брендовий товар у вигляді свіжих яблук преміум-класу повинен бути доступний споживачеві протягом усього року, а не сезонно. Патент на цей сорт належить Вашингтонському університетові, а фермери штату Вашингтон отримали ексклюзивні права на вирощування і продаж Cosmic Crisp®. У жовтні 2019 р. перші яблука цього бренду надійшли в продаж, за ціною 11 доларів за 1 кг, що втричі вище за ціну стандартних сортів. Якщо перший врожай 2019 року оцінюють у 8 тис. т, то вже 2021 р. він сягне 100 тис. т. Ліцензійні збори за кожне продане дерево та за кожний проданий ящик яблук цього сорту підуть на фінансування наступних селекційних проєктів та загальний маркетинг.

Український ринок яблук ще далекий від стану, характерного для розвинутих країн світу, але він не відокремлений від загальносвітових тенденцій, які треба своєчасно розглядати. У нас є свої сорти, назви яких звучать як бренди – 'Кальвіль Сніговий', 'Слава Переможцям', 'Ренет Симиренко' тощо. Яблука останнього сорту за певних умов можуть мати неабиякий експортний потенціал. На думку експерта ФАО Андрія Ярмака, просування цього зеленоплодного смачного сорту на світові ринки є цілком можливим.

Цьому б сприяло створення і просування бренду SiMi, з рекламним слоганом «SiMi: See Me, Try Me, Love Me!» [7].

## Висновки

Ліцензування торговельної марки стимулює маркетолога розвинути бренд, який може сприяти тривалому і невизначеному періоду винятковості сорту з розширенням можливостей управління інтелектуальною власністю, виробництвом садівини та її якістю. Дохід власника сорту внаслідок використання торговельної марки під час продажів плодів, може бути тривалішим і більшим. Яблука, що відповідають стандартам якості, продають під брендовими назвами за вищими цінами, збільшуючи прибутковість і забезпечуючи стабільніший річний дохід для виробника. Ефективність системи брендів означає, що в майбутньому нові сорти яблук виходитимуть у світ виключно під власним брендом, а впровадження нових сортів дасть більших переваг виробникам та споживачам садівини.

## Використана література

1. Право інтелектуальної власності / за ред. О. П. Орлюк, О. Д. Святоцького. Київ : Ін Юре, 2007. 696 с.
2. Luby J. J., Bedford D. S. Cultivars as consumer brands: Trends in protecting and commercializing apple cultivars via intellectual property rights. *Crop Sci.* 2015. Vol. 55, Iss. 6. P. 2504–2510. doi: 10.2135/cropsci2014.10.0684
3. Brown S. K., Maloney K. E. Making sense of new apple varieties, trademarks and clubs: Current status. *New Yorker Fruit Quarterly.* 2009. Vol. 17, No. 3. P. 9–12.
4. Brown S. K., Maloney K. E. An update on apple cultivars, brands and club marketing. *New Yorker Fruit Quarterly.* 2013. Vol. 21, No. 1. P. 3–9.
5. UNECE Standard FFV 50. Apples. 2017 edition. New York & Geneva : United Nation, 2017. 17 p.
6. Sansavini S., Gregori R. Which distribution strategy will support new exclusive apple varieties: club, trade mark, or free production? *Chron. Horticult.* 2019. Vol. 59, No. 4. P. 7–13.
7. Фахівці ФАО пропонують просувати на зовнішніх ринках яблука Ренет Симиренко під власним брендом. URL: [https://fruit.ukraine.org/2019/01/29/fakhivtsi\\_fao\\_propouuiut\\_prosuvaty\\_na\\_zovnishnikh\\_rynkhakh\\_iabluka\\_renet\\_symyrenka\\_pid\\_vlasnym\\_brendom/](https://fruit.ukraine.org/2019/01/29/fakhivtsi_fao_propouuiut_prosuvaty_na_zovnishnikh_rynkhakh_iabluka_renet_symyrenka_pid_vlasnym_brendom/)

## References

1. Orliuk, O. P., & Sviatotskyi, O. D. (Eds.). (2007). *Pravo intelektu alnoi vlasnosti* [Intellectual property rights]. Kyiv: In Yure. [in Ukrainian]
2. Luby, J. J., & Bedford, D. S. (2015). Cultivars as consumer brands: Trends in protecting and commercializing apple cultivars via intellectual property rights. *Crop Sci.*, 55(3), 2504–2510. doi: 10.2135/cropsci2014.10.0684
3. Brown, S. K., & Maloney, K. E. (2009). Making sense of new apple varieties, trademarks and clubs: Current status. *New Yorker Fruit Quarterly*, 17(3), 9–12.
4. Brown, S. K., & Maloney, K. E. (2013). An update on apple cultivars, brands and club marketing. *New Yorker Fruit Quarterly*, 21(1), 3–9.
5. UNECE Standard FFV 50. Apples (2017). 2017 edition. New York & Geneva: United Nation.

6. Sansavini, S., & Gregori, R. (2019). Which distribution strategy will support new exclusive apple varieties: club, trade mark, or free production? *Chron. Horticult.*, 59(4), 7–13.
7. Fakhivtsi FAO proponuiut prosvyaty na zovnishnikh rynkakh yabluka Renet Symyrenka pid vlasnym brendom [FAO experts propose to

promote 'Renet Symyrenka' fruit in foreign markets under its own brand]. (2019). Retrieved from [https://fruit.ukraine.org/2019/01/29/fakhivtsi\\_fao\\_proponuiut\\_prosvyaty\\_na\\_zovnishnikh\\_rynkhakh\\_yabluka\\_renet\\_symyrenka\\_pid\\_vlasnym\\_brendom/](https://fruit.ukraine.org/2019/01/29/fakhivtsi_fao_proponuiut_prosvyaty_na_zovnishnikh_rynkhakh_yabluka_renet_symyrenka_pid_vlasnym_brendom/) [in Ukrainian]

УДК 347.77:634.11:631.526.32

**Меженский В. Н.<sup>1,2</sup>, Якубенко Н. Б.<sup>2</sup>** Новые тенденции в охране прав селекционера на примере сортов яблук: сорта как торговые марки, клубные названия и бренды // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 1. С. 5–16. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.16.1.2020.201014](https://doi.org/10.21498/2518_1017.16.1.2020.201014)

<sup>1</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборон, 15, г. Киев, 03041, Украина, e mail: mezh1956@ukr.net

<sup>2</sup>Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина, e mail: nataliya.yakubenko@gmail.com

**Цель.** Проанализировать мировой опыт и современные тенденции защиты новых сортов яблок и охраны прав селекционера. **Результаты.** На создание нового сорта яблони путем скрещивания, кроме значительных материальных ресурсов, затрачивается до 20 лет; еще 5–10 лет уходит на его внедрение в широкую культуру. Собственник сорта после заключения лицензионного соглашения получает роялти за каждый проданный саженец, но такая схема является рискованной как для владельцев сортов, так и для производителей яблок. Большая часть времени, отведенного для охраны сорта, может быть истрачена до того, как он приобретет популярность у потребителей. Для преодоления отрицательных черт, присущих «открытым» сортам, применяются новые маркетинговые механизмы с использованием «закрытых», или клубных сортов. Собственник сорта получает патент США или охрану прав селекционера в стране производства и обычно также регистрирует одну или несколько торговых марок для сбыта в каждой стране, где яблоки будут продаваться. Лицензионные соглашения на выращивание посадочного материала и производство плодов обычно заключают для одного или нескольких производителей или продавцов в стране вместе с правами на использование торговой марки для продаж в одной или нескольких странах. В свою очередь собственник сорта получает эксклюзивные платежи – роялти с каждого проданного саженца и процент от продажи плодов. Производитель соглашается с этапами создания сада, производства плодов и поддержанием стандартов качества. Преимущество для производителей

заключается в возможности повышения цены за счет ограничения предложения и преимуществ в продвижении яблок на рынке. Розничные торговцы, как правило, заинтересованы в зарегистрированных сортах благодаря высоким ценам реализации и потенциалу эксклюзивности брендовых сортов. При больших объемах поставок многих сортов производители считают новые клубные сорта не обходимыми для поддержания прибыльности. Прогнозируется, что в ближайшее время доля клубных сортов может увеличиться по сравнению с нынешними от 5 до 15–20%. **Выводы.** Лицензирование торговой марки стимулирует маркетолога развить бренд, который может благоприятствовать длительному и неопределенно длительному периоду исключительности сорта с расширением возможностей управления интеллектуальной собственностью, производством яблок и их качеством. Доход собственника сорта вследствие использования торговой марки во время продажи плодов, может быть более длительным и большим. Яблоки, соответствующие стандартам качества, продают под брендовыми названиями по более высоким ценам, увеличивая доходность и обеспечивая стабильный годовой доход для производителя. Эффективность системы брендов означает, что в будущем новые сорта яблок будут выходить в свет исключительно под собственным брендом, а внедрение новых сортов даст больше преимуществ производителям и потребителям яблок.

**Ключевые слова:** культивары яблок; спорты; «открытый» сорт; «закрытый» сорт; клубный сорт; торговая марка; бренд; охрана прав селекционера.

UDC 347.77: 634.11: 631.526.32

**Mezhenskyj, V. M.<sup>1,2</sup>, & Yakubenko, N. B.<sup>2</sup>** (2020). New trends in protection of plant breeder's rights on the example of apple varieties: cultivars as trademarks, clubs and brands. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(1), 5–16. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.16.1.2020.201014](https://doi.org/10.21498/2518_1017.16.1.2020.201014)

<sup>1</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, e mail: mezh1956@ukr.net

<sup>2</sup>Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine, e mail: nataliya.yakubenko@gmail.com

**Purpose.** To analyse the world experience and current trends in protection of new apples varieties and plant breeders' rights. **Results.** It takes up to 20 years to develop a new variety of apple trees from crossing, in addition to considerable material resources; another 5–10 years are spent on its introduction into a broad culture. After the licensing agreement, the cultivar owner receives royalties for each tree sold, but such a scheme presents risks for both cultivar owners and apple producers. Most of the time allotted for the protection of the variety may be exhausted before it becomes popular with consumers. To overcome the negative traits inherent in "open cultivars", new marketing

mechanisms using "managed" or club cultivars are used. The cultivar owner obtains a USPP or PBR in a producing country. He usually also registers one or more trademarks in each of countries where fruit will be sold. Licensing agreements for tree propagation and fruit production are usually licensed to one or a few producers or marketers in a production territory along with rights to use a trademark for sales in one or more countries. In return, the cultivar owner receives an exclusivity payment, a royalty from each apple tree propagated, and a proportion of the fruit sale. The producer agrees to milestones for orchard establishment and fruit production and maintenance of quality standards. The



advantage for growers is the ability to raise prices by limiting supply and the benefits of promoting apples in the market. Retailers are generally interested in registered varieties due to the higher selling prices and the potential for exclusivity of branded varieties. Due to the large volume of supply of many varieties, manufacturers consider new club varieties necessary for maintaining profitability. It is projected that in the near future the share of club varieties may increase from the current 5% to 15–20%. **Conclusions.** The licensing of the trademark provides a marketer to build a brand that can contribute to a lengthy and indefinite exclusivity period of the cultivar with proper management

of intellectual property and apple production and quality. Income on the use of trademark in fruit sales can have sustained and potentially larger to cultivar owner. Only apples of certain quality standards are sold under brand names at higher prices, increasing profitability and providing a more stable annual income for the producer. The efficiency of the brand system means that in the future, new apple varieties will be launched exclusively under their own brand, and the introduction of new varieties will bring greater benefits to producers and consumers.

**Keywords:** *apple cultivars; sports; open cultivar; managed cultivar; club cultivar; trade mark; brand; intellectual property.*

*Надійшла / Received 10.01.2020*  
*Погоджено до друку / Accepted 18.03.2020*

# Сорти півоній Іто групи (Itoh Group) у колекції Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України

В. Ф. Горобець, Т. О. Щербакова\*

Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України, вул. Тимірязєвська, 1, м. Київ, 01014, Україна,  
\*e mail: Shcherbacova@ukr.net

**Мета.** Проаналізувати сортове різноманіття півоній Іто групи колекції Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України та визначити їхні біологічні особливості в нових умовах інтродукції. **Методи.** Інтродукційні дослідження, фенологічні спостереження, морфометричні вимірювання, статистична обробка результатів. **Результати.** Проаналізовано сортове різноманіття півоній Іто групи колекції Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України. Описано декоративні ознаки сортів, визначено особливості їхнього росту та розвитку в умовах інтродукції. Тривалість вегетації рослин сортів Іто групи становила 218–225 діб. Відростання рослин розпочиналось 23 березня – 2 квітня, цвітіння 19–28 травня. Бутонізацію рослин спостерігали в першій декаді травня і тривала вона 16–20 днів. В умовах інтродукції найраніше (19–20 травня) зацвітали сорти 'Morning Lilac' та 'Sonoma Argicot', найпізніше (28 травня) – 'Viking Full Moon', 'Yankee Doodle Dandy', 'Yellow Waterlily'. Висота генеративних пагонів рослин у фазу цвітіння коливалася в межах 60–90 см. Рослини входили у стан зимового спокою із сформованими генеративними пагонами, які успішно зимували. Поновлення рослин відбувалось як за рахунок бруньок, закладених на нижній частині стебла, так і за рахунок бруньок, які формувались на кореневищі. Пагоноутворювальна здатність та продуктивність цвітіння на третій рік культивування становила  $6,0 \pm 2,5$ – $19,5 \pm 4,0$  пагонів та  $4,5 \pm 1,5$ – $16,0 \pm 3,0$  генеративних пагонів на рослину, відповідно. Високопродуктивними були сорти: 'First Arrival', 'Sonoma Argicot', 'Hillary', 'Bartzella', 'Morning Lilac', 'Lollipop', 'Old Rose Dandy'. **Висновки.** Колекцію півоній Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка розширено сортами групи Іто. Максимально повно представлено селекцію Р. Андерсона 1980–1990 рр. У колекції переважають гібриди з напівмахровою формою квітки жовтого забарвлення. В умовах інтродукції сорти зберігають усі свої декоративні та господарсько біологічні характеристики. Зібрані в колекції сорти Іто групи можуть використовувати для розроблення технології їхнього культивування та розмноження, бути джерелом поповнення та розширення колекцій регіональних ботанічних садів, садивного матеріалу для садівництва та озеленення, виконувати навчально пізнавальну функцію.

**Ключові слова:** морфологобіологічні особливості; пагоноутворювальна здатність; продуктивність цвітіння.

## Вступ

Рід *Paeonia* L. відносять до родини *Paeoniaceae* Rudolphi. Сьогодні відомо біля 50 видів, підвидів та різновидів півоній. Рід представлений трьома життєвими формами: трав'янисті півонії (понад 40 видів та різновидів), напівкущові півонії (*P. delavayi* Franchet або *P. lutea* Delavay ex Franchet та *P. potaninii* Komarov), кущові півонії [*P. rockii* (S.G.Haw & Lauener) T.Hong & J.J.Li ex D.Y.Hong за традицією називають *P. suffruticosa* Andrews]. Види поширені в західній, центральній та східній Європі, Азії, північно-західній Африці, заході США, північно-західній частині Мексики [1–3].

На основі інтродукованих видів у світі створено близько семи тисяч сортів півоній, які за походженням об'єднано в групи:

- Lactiflora Group (сорти, створені в межах одного виду *P. lactiflora* Pall.);
- Herbaceous Hybrid Group (сорти, отримані гібридизацією *P. anomala* L., *P. arietina* G. Anderson, *P. officinalis* L., *P. peregrina* Mill., *P. tenuifolia* L., *P. wittmanniana* Steven, *P. lactiflora*);
- Lutea Hybrid Group (для створення сортів використовували *P. lutea* та *P. suffruticosa*);
- Suffruticosa Group (у межах *P. suffruticosa*);
- Itoh Group (сорти, які є результатом гібридизації трав'янистих сортів *P. lactiflora* із напівкущовими та кущовими сортами Lutea Hybrid Gr та Suffruticosa Gr [4, 5].

Велике значення для вирощування рослин у нових едафо-кліматичних умовах має з'ясування їхніх біологічних особливостей і господарських характеристик. Важливим є дослідження груп культур, які не мають аналогів у природі. Вони характеризуються сукупністю принципово нових морфологічних та господарсько-біологічних ознак і можуть бути стійкими до негативних факторів району культивування.

Vasyl Gorobets

[http://orcid.org/0000\\_0001\\_6315\\_9033](http://orcid.org/0000_0001_6315_9033)

Tetiana Shcherbakova

[http://orcid.org/0000\\_0003\\_1763\\_6841](http://orcid.org/0000_0003_1763_6841)

Такою групою рослин є півонії Іто-групи (Itoh Gr), яка об'єднує сорти, отримані від схрещування між собою рослин різних життєвих форм.

У середині ХХ ст. було здійснено успішні віддалені схрещування японським селекціонером Тоїчі Іто. Як материнський компонент він використав сорт *P. lactiflora* 'Kakoden' (трав'яниста форма), а батьківським виступав *P. lutea* 'Alice Harding' (напівкущова форма). Результатом віддаленої гібридизації в 1948 році стали чотири сорти: 'Yellow Crown', 'Yellow Dream', 'Yellow Emperor', 'Yellow Heaven', які були зареєстровані в 1974 році американським агрономом Луї Смірновим (L. Smirnow). Отриману групу гібридів назвали в честь автора – Іто-групою (Itoh Gr). Рослини проявляли ознаки трав'янистих форм у стеблах, які відмирили в зимовий період. Від групи кущових вони отримали форму квіток та листків. На відміну від сортів Lutea Hybrid Gr, в яких генеративні пагони несуть пониклі квітки, сорти групи Іто мали міцні стебла та спрямовані вгору квітки, що підвищувало їхню декоративність.

У реєстрі American Peony Society на 2020 рік зареєстровано 141 сорт півоній групи Іто. Авторами більшості сортів є: R. Anderson, R. Pehrson, D. Hollingsworth, B. Seidl, I. Tolomeo [4–6].

Дослідження еколого-біологічних особливостей Іто-гібридів під час їхньої інтродукції показало, що вони відрізняються ширшим діапазоном екологічної пластичності порівняно з батьківськими видами та характеризуються морозостійкістю, стійкістю до весняних заморозків, посухи. Гібриди майже не пошкоджуються шкідниками та патогенними мікроорганізмами, які викликають сіру гниль та іржу листків і мають тривалий вегетаційний період та період цвітіння, високу продуктивність цвітіння та стійкість у зрізі [7–12].

В Україну сорти даної групи було завезено лише на початку ХХІ ст. Деякі з них зустрічаються в окремих колекціях ботанічних садів, дендропарків та квітникарів-аматорів [5, 13].

У Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України (НБС) зібрано найбільшу колекцію Іто-гібридів, яка налічує нині 25 сортів. Вивчення їхніх морфологічних ознак, особливостей проходження фенологічних фаз, параметрів продуктивності та стійкості в умовах України допоможе розширити асортимент півоній рослинами даної групи та розробити технологію їхнього вирощування.

**Мета досліджень** – проаналізувати сортове різноманіття півоній Іто-групи колекції

Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України та визначити їхні біологічні особливості в нових умовах інтродукції.

### Матеріали та методика досліджень

Об'єктом досліджень слугували рослини сортів Itoh Gr колекції півоній НБС під час їхньої інтродукції. Сорти Іто-групи до колекції півоній залучали шляхом обміну та купівлі садивного матеріалу у вигляді частин кореневищ з 3–4 зачатковими пагонами в квітникарів-аматорів та садових центрах України і близького зарубіжжя. Для ідентифікації сортів використовували усі доступні описи сортів та описи, наведені в реєстрі American Peony Society [4]. Для їхнього збереження, культивування та інтродукційного випробування було створено ділянку на території НБС.

Інтродукційні дослідження, вивчення росту та розвитку рослин, фенологічні спостереження проводили за загальноприйнятими методиками [14, 15]. Фенологічні спостереження за рослинами проводили протягом усього періоду їхнього вирощування на ділянках НБС. Колір квітки визначали за шкалою кольорів Royal Horticultural Society [16]. Пагоноутворювальну здатність і продуктивність цвітіння досліджували на другий та третій рік вирощування [17].

Отримані дані статистично обробляли за методикою Г. М. Зайцева [18] з використанням програми Microsoft Excel.

### Результати дослідження

Колекція півоній НБС є однією найбільших в Україні, Східній та Західній Європі. Вона налічує 10 видів, 650 сортів світової селекції та 60 власних сортів, 42 з яких внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні [19]. 9 увійшли в реєстр American Peony Society [4]. Сорти колекції становлять національне надбання [13].

З 2008 року до колекції почали залучати сорти Іто-групи. Нині кількість Іто-гібридів уже становить 25 інтродукованих сортів (таблиця).

У 2008 році ботанічним садом вперше було отримано сорти американського селекціонера Роджера Андерсона (R. Anderson). Сорти Андерсона створено на основі гібридів *P. lactiflora*, зокрема, немахрового світло-рожевого 'Martha W'. В гібридизації він широко використовував пилок сорту 'Golden Era' та інших сіяньців із Lutea Gr селекціонера Девіда Ріта (D. Reath). Результатом таких схрещу-

**Характеристика інтродукованих сортів півоній Іто групи в колекції Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України**

№ п/п	Назва сорту	Автор та рік реєстрації	Генезис	Декоративні ознаки квітки: форма, колір та його номер, рисунок
1	'Bartzella'	Anderson, R. F., 1986	гібрид Lactiflora Gp з білою махровою квіткою × гібрид Suffruticosa Gp (D.Reath)	Махрова. Жовтий (2С). Основи пелюсток і приймочка червоні (47С)
2	'Border Charm'	Hollingsworth, 1984	гібрид Lactiflora Gp × 'Alice Harding' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Жовтий (2С). Основи пелюсток мають широку червону пляму (47В)
3	'Callie's Memory'	Anderson, R. F., 1999	'Martha W.' Lactiflora Gp × гібрид Suffruticosa Gp	Напівмахрова. Жовто кремовий (2D). Основи пелюсток та тичинкові нитки темно пурпурово червоні (60А)
4	'Cora Louise'	Anderson, R. F., 1986	гібрид Lactiflora Gp з білою махровою квіткою × гібрид Suffruticosa Gp (D.Reath)	Напівмахрова. Білий (155D). Основи пелюсток і тичинкові нитки лавандово пурпурові (72А)
5	'First Arrival'	Anderson, R. F., 1986	'Martha W.' Lactiflora Gp × гібрид Suffruticosa Gp (D.Reath)	Напівмахрова. Рожево лавандовий (75D). Основи пелюсток і пиляки пурпурові (72А). Приймочка пурпурова (59В)
6	'Garden Treasure'	Hollingsworth, 1984	гібрид Lactiflora Gp × 'Alice Harding' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Жовтий (2С). Основи пелюсток і приймочка червоно рожеві (51С). Тичинкові нитки і пиляки оранжеві
7	'Hillary'	Anderson, R. F., 1990	Іто гібрид 'Bartzella'	Напівмахрова. Суміш жовто червоного забарвлення. Основи пелюсток, штрихи та тичинкові нитки червоні (59В)
8	'Julia Rose'	Anderson, R. F., 1989	Батьківський компонент невідомий	Напівмахрова. Лососево рожевий. Центр червоний (59В). Забарвлення змінюється під час квітання від рожевого до кремово лососевого.
9	'Kopper Kettle'	Anderson, R. F., 1999	'Martha W.' Lactiflora Gp × 'Golden Era' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова, махрова. Комбінаційне червоне, жовте, оранжеве забарвлення
10	'Lollipop'	Anderson, R. F., 1999	Гібридний сіянець D 79 × гібридний сіянець (Anderson, R. F.)	Напівмахрова. Махрова. Жовтий. Основи пелюсток червоні (59В), штрихи пурпурові
11	'Morning Lilac'	Anderson, R. F., 1999	'Martha W.' Lactiflora Gp × 'Golden Era' Lutea Hybrid Gp	Проста, напівмахрова. Бузковий (72В). Основи пелюсток і тичинкові нитки темно фіолетові (59А). Приймочка світло пурпурова (63В)
12	'Old Rose Dandy'	Laning, 1993	Батьківські форми невідомі.	Напівмахрова. Жовто кремовий (11С). Основи пелюсток пурпурово рожеві (58А)
13	'Pastel Splendor'	Anderson, R. F./ Seidl, Wm, 1996	'Martha W.' Lactiflora Gp × Saunders F2 A	Проста, напівмахрова. Рожево жовтий (4С). Центр квітки темно пурпуровий (59А), штрихи рожево пурпурові (71С)
14	'Prairie Charm'	Hollingsworth, 1992	'Miss America' Lactiflora Gp × 'Alice Harding' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Жовтий (2С). Приймочка жовта (2D). Основи пелюсток червоно пурпурові (60А)
15	'Scarlet Heaven'	Anderson, R. F., 1999	'Martha W.' Lactiflora Gp × деревоподібний 'Thunderbolt' Lutea Hybrid Gp	Проста. Пурпурово червоний (61А). Основи пелюсток темно пурпурово червоні (87С)
16	'Sonoma Apricot'	Tolomeo, 1999	гібрид Lactiflora Gp × 'Golden Era' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Жовто абрикосовий (2D). Основи пелюсток та приймочка червоні (60А)
17	'Sonoma Velvet Ruby'	Tolomeo, 1999	гібрид Lactiflora Gp × гібрид Suffruticosa Gp	Напівмахрова. Темно червоний (60А).

№ п/п	Назва сорту	Автор та рік реєстрації	Генезис	Декоративні ознаки квітки: форма, колір та його номер, рисунок
18	'Viking Full Moon'	Pehrson/Seidl, 1989	гібрид Lactiflora Gp × гібрид Lutea Gp	Проста. Світло жовтий. Основи пелюсток червоні
19	'White Emperor'	Seidl, 1989	'Yellow Emperor' Itoh Gp	Напівмахрова. Білий (155A). Основи пелюсток рожево білі. Приймочка і тичинки жовті (2C)
20	'Yankee Doodle Dandy'	Smith, D. R., 2002	'Martha W.' Lactiflora Gp × 'Golden Era' Lutea Hybrid Gp	Махрова. Пелюстки, приймочка і тичинкові нитки лавандово пурпурові (186A). Основи пелюсток пурпурові (187A)
21	'Yellow Crown'	Itoh/Smirnow, 1974	'Kakoden' Lactiflora Gp × 'Alice Harding' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Махрова. Жовто лимонний (1C). Основи пелюсток світло червоні
22	'Yellow Dream'	Itoh/Smirnow, 1974	'Kakoden' Lactiflora Gp × 'Alice Harding' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Махрова. Жовтий (2C). Основи пелюсток світло червоні (47A). Штрихи пурпурові (72B). Тичинкові нитки і пиляки оранжево жовті
23	'Yellow Emperor'	Itoh/Smirnow, 1974	'Kakoden' Lactiflora Gp × 'Alice Harding' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Махрова. Яскраво жовтий (11C). Основи пелюсток блідо червоні
24	'Yellow Heaven'	Itoh/Smirnow, 1974	'Kakoden' Lactiflora Gp × 'Alice Harding' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Махрова. Жовтий (2C). Основи пелюсток і тичинкові нитки світло червоні (58A)
25	'Yellow Waterlily'	Anderson, R. F., 1999	'Martha W.' Lactiflora Gp × гібрид Suffruticosa Gp	Напівмахрова. Жовтий (2C) з лавандовими штрихами.

вань стали 6 нових сортів: 'Bartzella' (жовтий з червоним центром); 'Cora Louise' (білий з лавандово-пурпуровим центром); лавандово-рожеві 'First Arrival', 'Luxuriant', 'Little Darlin'; фуксієво-лавандовий 'Greta May'. Три з яких присутні в колекції НБС. З 2000 року

і до сьогоднішнього часу Р. Андерсон реєструє понад 50 сортів, найвідоміші з яких є в колекції НБЦ. Це жовто-кремовий 'Callie's Memory'; напівмахрові жовто-червоні та червоні 'Hillary', 'Kopper Kettle'; жовто-червоний 'Lollipop' та бузково-фіолетовий 'Morning Lilac' (рис. 1).



1.



2.



3.



4.

Рис. 1. Квітки сортів Itoh Group Р. Андерсона колекції півоній Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка: 1. 'Bartzella', 2. 'Cora Louise', 3. 'Lollipop', 4. 'Hillary'

У 2011 році до колекції було залучено гібриди Тоїчі Іто: 'Yellow Crown', 'Yellow Dream', 'Yellow Heaven', 'Yellow Emperor' (рис. 2). Це сорти з квіткою від лимонно-жовтого до яскраво-жовтого забарвлення з червоно-пурпуровою плямою в центрі. Форма квітки махрова або напівмахрова діаметром 14–18 см. Пізніше колекцію поповнено сортами 1980-х рр. селекції Дона Холлінгсвута (D. Hollingsworth): 'Border Charm', 'Garden Treasure', 'Prairie Charm', які мають таке ж походження, як і сорти Т. Іто. Гібриди мають чисто жовте забарвлення квітки та характеризуються яскраво червоним кольором основи внутрішніх пелюсток.



1.



2.

Рис. 2. Квітки сортів Т. Іто: 1. 'Yellow Dream', 2. 'Yellow Emperor' колекції півоній Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка

У колекції присутні сорти серії Sonoma відомого селекціонера Ірен Толомео (I. Tolomeo): 'Sonoma Apricot' та 'Sonoma Velvet Ruby'. Сорти було створено автором на основі сіянців *Lactiflora* Gr, сортів ('Golden Era', 'Boreas') та сіянців *Lutea* Gr Девіда Піта.

Аналіз основних морфологобіологічних параметрів культивованих рослин показав, що в колекції переважають сорти з напівмахровою формою квітки: 'Border Charm', 'Callie's Memory', 'Cora Louise', 'First Arrival', 'Garden Treasure', 'Hillary', 'Old Rose Dandy', 'Prairie Charm', 'Sonoma Apricot'. 14 характеризуються жовтим забарвленням квітки. Сорти жовтої групи мають пляму різного діаметра в центрі

квітки від блідо-червоного до яскраво-червоного кольору. 5 гібридів відрізняються рожевими, рожево-лавандовими та бузковими квітками: 'Cora Louise', 'First Arrival', 'Julia Rose', 'Morning Lilac', 'Pastel Splendor'; 5 сортів – пурпуровими, пурпурово-червоними та червоними: 'Hillary', 'Kopper Kettle', 'Sonoma Velvet Ruby', 'Scarlet Heaven', 'Yankee Doodle Dandy'.

Квітки сорту 'White Emperor' білого забарвлення. Сорт було отримано в 1989 році Білом Сейдлом (B. Seidl). Це результат соматичної мутації рослин 'Yellow Emperor'.

В умовах НБС рослини зберігають усі свої декоративні характеристики. Лише у сортів 'Morning Lilac', 'Hillary' та 'Julia Rose' під час першого цвітіння після садіння спостерігається нестійкість форми та забарвлення квіток.

Аналіз основних фенологічних параметрів півоній Іто-групи показав, що в 2016–2019 рр. відростання рослин розпочиналося 23 березня – 2 квітня. Найраніше відростали пагони сортів: 'Lollipop', 'Old Rose Dandy', 'Yellow Dream', 'Yellow Emperor', 'Yellow Heaven'. Їхня висота в третій декаді квітня становила 17–27 см. У цей період пагони мали уже сформовану вегетативну сферу та зачаткові генеративні органи. Висота генеративних пагонів рослин у фазу цвітіння коливалася в межах 60–90 см.

Бутонізація рослин спостерігалася в першій декаді травня і тривала 16–20 діб. Виявлено, що в умовах інтродукції найраніше (19–20 травня) зацвітали сорти 'Morning Lilac' та 'Sonoma Apricot', найпізніше (28 травня) – 'Viking Full Moon', 'Yankee Doodle Dandy', 'Yellow Waterlily'. Продуктивність цвітіння на третій рік культивування становила від  $4,5 \pm 1,5$  до  $16,0 \pm 3,0$  генеративних пагонів на рослину. Високопродуктивними були сорти: 'First Arrival', 'Sonoma Apricot', 'Hillary', 'Bartzella', 'Morning Lilac', 'Lollipop', 'Old Rose Dandy' (рис. 3).

Загалом тривалість вегетації рослин сортів Іто-групи в 2016–2019 рр. становила 218–225 діб. Рослини входили у стан зимового спокою із сформованими генеративними пагонами, які успішно зимували.

Поновлення рослин відбувалося завдяки брунькам, які формуються в нижній частині стебла. Участь у розвитку пагонів поновлення брали також сплячі бруньки, які закладалися на кореневищі та розвивалися протягом декількох років.

Пагоноутворювальна здатність на третій рік культивування становила від  $6,0 \pm 2,5$  (для сортів 'Pastel Splendor' і 'Yellow Waterlily') до  $19,0 \pm 3,5$  ('Bartzella') та  $19,5 \pm 4,0$  ('Morning Lilac') пагонів на рослину.



1.



2.

**Рис. 3. Рослини сортів півоній Itoh Group 'First Arrival' (1) та 'Morning Lilac' (2) у фазі цвітіння (третій рік вирощування)**

У липні та серпні спостерігалось незначне ураження сортів 'Bartzella', 'Kopper Kettle', 'Lollipop', 'Morning Lilac', 'Callie's Memory', 'Scarlet Heaven', 'Viking Full Moon' борошністою росю. У 'Sonoma Velvet Ruby' фіксували буру плямистість листків.

### Висновки

Колекцію півоній Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка розширено сортами групи Іто. Максимально повно представлено селекцію Р. Андерсона 1980–1990 рр. В колекції переважають гібриди з напівмахровою формою квітки жовтого забарвлення. В умовах інтродукції сорти зберігають усі свої декоративні та господарсько-біологічні характеристики.

Зібрані в колекції сорти Іто-групи можна використовувати для розроблення технології їхнього культивування та розмноження, бути джерелом поповнення та розширення колекцій регіональних ботанічних садів, садивного матеріалу для садівництва та озеленення, виконувати навчально-пізнавальну функцію.

### Використана література

- Halda J. J. The genus *Paeonia*. Portland : Timber Press, 2004. 227 p.
- Yang L., Zhang J., Teixeira da Silva J., Yu X. Variation in Ploidy and Karyological Diversity in Different Herbaceous Peony Cultivar Groups. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 2017. Vol. 142, Iss. 4. P. 272–278. doi: 10.21273/JASHS04015 17

- Paeonia* L. *Plants of the World online*. 2020. URL: <http://www.plantsoftheworldonline.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:329475 2>
- Registered peony cultivars, with a checklist of peony names, references and originators / American Peony Society. URL: <https://americanpeonysociety.org/cultivars/peony registry>
- Горобец В. Ф. Пионы (биология, селекция, сорта). Киев : Велес, 2015. 160 с.
- Page M. *Paeonia Itoh hybrids*. *The Plantsmen*. 2005. March. P. 36–39.
- Wu G., Cui L., Liu Sh. et al. Preliminary Studing Report of Cultivating and Demonstrating Itoh Hybrids Introduced from Abroad. *Northern Horticulture*. 2011. Iss. 24. P. 67–71.
- Ефимов С. В. К вопросу изучения и оценки морфолого биологических и декоративных признаков пиона при интродукции. *Вестник ИрГСХА*. 2011. Т. 44, № 4. С. 41–48.
- Шевкун А. Г. Изучение интродуцированных сортов межсекционных гибридов пионов в ФГБНУ ВСТИСП. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2016. Т. 47. С. 367–370.
- Шевкун А. Г. Сравнительная сортооценка межсекционных гибридов пионов из генетической коллекции ФГБНУ ВСТИСП. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2017. Т. 50. С. 308–311.
- Ефимов С. В., Дегтярова Г. В. Коллекция пионов в ботаническом саду МГУ: пример взаимодействия между фундаментальными и прикладными направлениями исследований. *Лесной вестник*. 2018. Т. 22, № 2. С. 47–54. doi: 10.18698/2542 1468 2018 2 47 54
- Реут А. А. Результаты сортоизучения межсекционных гибридов рода *Paeonia* L. и их характеристика при интродукции в Республике Башкортостан. *Садоводство и виноградарство*. 2018. № 3. С. 28–34. doi: 10.25556/VSTISP.2018.3.14171
- Рахметов Д. Б., Заіменко Н. В., Гапоненко М. Б. та ін. Наукові об'єкти НБС імені М. М. Гришка НАН України, що становлять національне надбання. Київ : Паливода А. В., 2019. 224 с.
- Булах П. Е. Теория и методы прогнозирования в интродукции растений. Киев : Наук. думка, 2010. 110 с.
- Игнатъева И. П. Онтогенетический морфогенез вегетативных органов травянистых растений. Москва : Изд во ТСХА, 1983. 55 с.
- RHS Colour Chart / The Royal Horticultural Society. London : Royal Horticultural Society, 2001. 4<sup>th</sup> ed.
- Былов В. Н. Основы сравнительной сортооценки декоративных растений. *Интродукция и селекция цветочно декоративных растений*. Москва : Наука, 1978. С. 7–32.
- Зайцев Г. Н. Математический анализ биологических данных. Москва : Наука, 1991. 184 с.
- Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2020 році. URL: <https://sops.gov.ua/reestr sortiv roslin>

### References

- Halda, J. J. (2004). *The genus Paeonia*. Portland: Timber Press.
- Yang, L., Zhang, J., Teixeira da Silva, J., & Yu, X. (2017). Variation in Ploidy and Karyological Diversity in Different Herbaceous Peony Cultivar Groups. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 142(4), 272–278. doi: 10.21273/JASHS04015 17
- Paeonia* L. (2020). In *Plants of the World online*. Retrieved from <http://www.plantsoftheworldonline.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:329475 2>
- American Peony Society. (n.d.). *Registered peony cultivars, with a checklist of peony names, references and originators*. Retrieved from <https://americanpeonysociety.org/cultivars/peony registry>
- Gorobec, V. F. (2015). *Пионы (биология, селекция, сорта)* [Peonies (biology, breeding, varieties)]. Kyiv: Veles. [in Russian]
- Page, M. (2005). *Paeonia Itoh hybrids*. *The Plantsmen*, March, 36–39.
- Wu, G., Cui, L., Liu, Sh., Yao, F., Si, S, Ren, S., ... Wang, S. (2011). Preliminary Studing Report of Cultivating and Demonstrating Itoh Hybrids Introduced from Abroad. *Northern Horticulture*, 24, 67–71.

8. Efimov, S. V. (2011). To the question of studying and evaluating the morphological, biological, and ornamental features of peonies during introduction. *Vestnik IrGSHA* [Bulletin of the Irkutsk State Agrarian University], 44(4), 41–48. [in Russian]
9. Shevkun, A. G. (2016). The study of introduced varieties of intersectional hybrid peonies in FSBSI ARHIBAN. *Plodovodstvo i agodovodstvo Rossii* [Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia], 47, 367–370. [in Russian]
10. Shevkun, A. G. (2017). Comparative variety evaluation of the Peony Intersectional Hybrids from the genetic collection of FSBSI ARHIBAN. *Plodovodstvo i agodovodstvo Rossii* [Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia], 50, 308–311. [in Russian]
11. Efimov, S. V., & Degtyareva, G. V. (2018). [Peony plant collection in the MSU Botanic garden: an example of cooperation between fundamental and applied strategies. *Lesnoj vestnik* [Forestry Bulletin], 22(2), 47–54. doi: 10.18698/2542 1468 2018 2 47 54 [in Russian]
12. Reut, A. A. (2018). Results of the variety study of intersection hybrids of the genus *Paeonia* L. and their characteristics during introduction in the Republic of Bashkortostan. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* [Horticulture and Viticulture], 3, 28–34. doi: 10.25556/VSTISP.2018.3.14171 [in Russian]
13. Rakhmetov, D. B., Zaimenko, N. V., Haponenko, M. B., Buiun, I. I., Rubtsova, O. L., Ivannikov, R. V., ... Hasniuk, M. O. (2019). *Nauko vi obiekty NBS imeni M. M. Hryshka NAN Ukrainy, shcho stanovliat natsionalne nadbannia* [Scientific objects of the M. M. Hryshko NBG of the National Academy of Sciences of Ukraine, forming the national heritage]. Kyiv: Palyvoda A. V. [in Ukrainian]
14. Bulah, P. E. (2010). *Teoriya i metody prognozovaniya v introdukcii rastenij* [Theory and methods for prediction in plant introduction]. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian]
15. Ignateva, I. P. (1983). *Ontogeneticheskiy morfogenez vegetativnykh organov travyanistykh rasteniy* [Ontogenetic morphogenesis of vegetative organs of herbaceous plants]. Moscow: Izd vo TSKHA. [in Russian]
16. The Royal Horticultural Society. (2001). *RHS Colour Chart*. (4<sup>th</sup> ed.). London: Royal Horticultural Society.
17. Bylov, V. N. (1978). Principles of variety based comparative assessment of ornamental plants. In *Introdukcija i selekcija tsvetochno dekorativnykh rastenij* [Introduction and breeding of ornamental plants] (pp. 7–32). Moscow: Nauka. [in Russian]
18. Zaytsev, G. N. (1991). *Matematicheskiy analiz biologicheskikh dannykh* [Mathematical analysis of biological data]. Moscow: Nauka. [in Russian]
19. *Derzhavnyi reestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini v 2020 r.* [State register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2020]. (2020). Retrieved from <https://sops.gov.ua/reestr sortiv roslyn> [in Ukrainian]

УДК 58(038):631.527.5

**Горобец В. Ф., Щербакова Т. О.\*** Сорты пионов Ито группы (Itoh Group) в коллекции Национального ботанического сада имени Н. Н. Гришко НАН Украины // Plant Varieties Studying and Protection. 2020. Т. 16, № 1. С. 17–24. <https://doi.org/10.21498/2518 1017.16.1.2020.201015>

*Национальный ботанический сад имени Н. Н. Гришко НАН Украины, ул. Тимирязевская, 1, г. Киев, 01014, Украина, \*e mail: Shcherbacova@ukr.net*

**Цель.** Проанализировать сортовое разнообразие пионов Ито группы коллекции Национального ботанического сада имени Н. Н. Гришко НАН Украины и определить их биологические особенности в новых условиях интродукции. **Методы.** Интродукционные исследования, фенологические наблюдения, морфометрия, статистическая обработка результатов. **Результаты.** Проанализировано сортовое разнообразие пионов Ито группы коллекции Национального ботанического сада имени Н. Н. Гришко НАН Украины. Описаны декоративные признаки сортов, определены особенности их роста и развития в условиях интродукции. Продолжительность вегетации растений сортов Ито группы составляла 218–225 суток. Отрастание растений начиналось 23 марта – 2 апреля, цветение 19–28 мая. Бутонизация растений наблюдалась в первой декаде мая и продолжалась 16–20 дней. В условиях интродукции ранее всего (19–20 мая) зацветали сорта ‘Morning Lilac’ и ‘Sonoma Apricot’, позже всего (28 мая) – ‘Viking Full Moon’, ‘Yankee Doodle Dandy’, ‘Yellow Waterlily’. Высота генеративных побегов растений в фазу цветения колебалась в пределах 60–90 см. Растения входили в состояние зимнего покоя, имея сформированные генеративные побеги, которые успешно зимовали. Возобновление растений

происходило как за счет почек, заложенных на нижней части стебля, так и за счет почек, которые формировались на корневище. Побегообразующая способность и продуктивность цветения составляла  $6,0 \pm 2,5$ – $19,5 \pm 4,0$  побегов и  $4,5 \pm 1,5$ – $16,0 \pm 3,0$  генеративных побегов на растение соответственно. Высокопродуктивными были сорта: ‘First Arrival’, ‘Sonoma Apricot’, ‘Hillary’, ‘Bartzella’, ‘Morning Lilac’, ‘Lollipop’, ‘Old Rose Dandy’. **Выводы.** Коллекцию пионов Национального ботанического сада имени Н. Н. Гришко НАН Украины пополнено сортами группы Ито. Максимально полно представлено селекцию Р. Андерсона 1980–1990 гг. В коллекции преобладают гибриды с полумахровой формой цветка желтой окраски. В условиях интродукции сорта сохраняют все свои декоративные и хозяйственно биологические характеристики. Собранные в коллекции сорта Ито группы могут использовать для разработки технологии их культивирования и размножения, быть источником пополнения и расширения коллекций региональных ботанических садов, посадочного материала для садоводства и озеленения, выполнять учебно познавательную функцию.

**Ключевые слова:** морфологобиологические особенности; побегообразующая способность; продуктивность цветения.



UDC 58(038):631.527.5

**Gorobets, V. F., & Shcherbakova, T. O.\*** (2020). Cultivars of the Itoh peony group in the collection of the M. M. Hryshko National Botanical Garden National Academy of Sciences of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(1), 17–24. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.16.1.2020.201015](https://doi.org/10.21498/2518_1017.16.1.2020.201015)

*M. M. Hryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine, 1 Tymiriazivska St., Kyiv, 03004, Ukraine, \*e mail: Shcherbacova@ukr.net*

**Purpose.** To analyze the variety diversity of the Itoh peony group in the collection of the M. M. Hryshko National Botanical Garden National Botanical Garden National Academy of Sciences of Ukraine and determine its biological features in the new conditions of introduction. **Methods.** Introduction studies, phenological observations, morphometry, statistical processing of results. **Results.** The cultivars diversity of the Itoh peony group of the M. M. Hryshko National Botanical Garden National Botanical Garden National Academy of Sciences of Ukraine collection was analyzed. The ornamental properties of the cultivars were described. Features of their growth and development under conditions of introduction were studied. It was revealed that the duration of vegetation of plants of Itoh group varieties is 218–225 days. It was determined that plant growth begins on March 23 – April 2, flowering on May 19–28. The budding of plants was observed in the first decade of May and lasts 16–20 days. It was revealed that in the conditions of introduction 'Morning Lilac' and 'Sonoma Apricot' bloom first (May 19–20), 'Viking Full Moon', 'Yankee Doodle Dandy', 'Yellow Waterlily' bloom later (May 28). The height of generative shoots of plants in flowering phase ranged from 60 to 90 cm. Plants go dormant in winter, having formed generative shoots that success

fully winter. Reproduction of plants occurs both due to the buds that form on the lower part of the stem, and the buds that form on the rhizome. The shoot forming ability and flowering productivity are  $6.0 \pm 2.5$  –  $19.5 \pm 4.0$  shoots and  $4.5 \pm 1.5$  –  $16.0 \pm 3.0$  generative shoots per plant, respectively. Cultivars 'First Arrival', 'Sonoma Apricot', 'Hillary', 'Bartzella', 'Morning Lilac', 'Lollipop', 'Old Rose Dandy' are highly productive. **Conclusions.** The collection of peonies of the M. M. Hryshko National Botanical Garden National Botanical Garden National Academy of Sciences of Ukraine has been expanded by Itoh Group cultivars. The R. Anderson's breeds of 1980–1990 are more fully represented. An analysis of the ornamental features of the varieties showed that the hybrids with a semi double flower shape of a yellow color dominate the collection. Cultivars retain all their ornamental and economic characteristics under conditions of introduction. The Itoh group varieties of the collection can be material for developing technologies for their cultivation and propagation, can be a source of replenishment and expansion of regional botanical gardens collections, planting material for gardening and landscaping, and also perform an educational and cognitive function.

**Keywords:** *morphological and biological feature; productivity of shoot formation and flowering.*

*Надійшла / Received 02.03.2020*

*Погоджено до друку / Accepted 23.03.2020*

# Морфологічні особливості та біометричні показники листків сортів англійських троянд

О. Л. Рубцова<sup>1\*</sup>, Д. С. Гордієнко<sup>2</sup>, Т. О. Буйдіна<sup>1</sup>,  
В. І. Чижанькова<sup>1</sup>, О. А. Соколова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України, вул. Тімірязєвська, 1, м. Київ, 01014, Україна,  
\*e mail: olenarubtsova@gmail.com

<sup>2</sup>Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України, м. Біла Церква, Київська обл., 09113, Україна

**Мета.** Вивчити морфологічні особливості та визначити біометричні показники листків англійських троянд. **Методи.** Польовий, морфолого описовий, біометричний. Опис морфологічних ознак виконували згідно з «Атласом морфологічних ознак сортів троянди (*Rosa L.*)» (2009) та «Ілюстрованим довідником з морфології квіткових рослин» (2009). **Результати.** Визначено морфологічні особливості листків сортів англійських троянд. Вивчено кількісні (довжина складного листка, кількість листкових пластинок, площа листової пластинки, загальна площа листка) та якісні (форма листової пластинки, форма краю листової пластинки, форма основи листової пластинки, форма верхівки листової пластинки) показники. Виділено сорти англійських троянд, які мають максимальні та мінімальні значення за цими показниками. **Висновки.** Виявлено морфологічні особливості та визначено біометричні показники листків англійських троянд з колекції Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України. Встановлено амплітуду мінливості морфологічних ознак досліджуваних сортів. Особливості морфологічної будови та біометричних параметрів листків рослин сортів англійських троянд можуть бути діагностичними ознаками для визначення сортів у межах виду. В озелененні переважають рослини із збільшеною фотосинтетичною продуктивністю листового апарату, яка властива сортам 'James Galway' та 'A Shropshire Lad'.

**Ключові слова:** троянди Девіда Остіна; біометричні показники; листові пластинки; кількісні параметри; якісні параметри.

## Вступ

Троянда одна із основних культур для садово-паркового будівництва. Наразі світовий сортимент налічує від 138 до 400 видів троянд, які зростають у помірній та субтропічній зонах Північної півкулі, та близько 30 тисяч сортів. Розквіт у селекції троянд розпочався з 1867 року, коли було виведено першу чайно-гібридну троянду 'La France'. У середині ХХ століття в Англії розпочав свою роботу селекціонер Девід Остін. Його метою було створення троянд з чашовидною формою квітки, як у старовинних троянд, і з характеристиками сучасних (стійкість проти хвороб, повторне цвітіння, форма габітусу), які класифікують, як англійські троянди. Перші англійські троянди це гібриди старовинних троянд, отримані в результаті схрещування троянд, які цві-

туть одноразово із сучасними трояндами із груп чайно-гібридні та флорибунда. На сьогодні їх існує близько 240 сортів [14].

Спеціальні морфологічні дослідження троянд почали проводити в 70-х роках ХХ ст. Вивченню морфологічних особливостей надземних органів троянд приділяли значно більше уваги, ніж підземним. У результаті цих та подальших досліджень було встановлено морфологічні показники листків сортів різних садових груп роду *Rosa L.*: флорибунда [6, 9], витких [2, 6, 10, 15, 17], чайно-гібридних [1, 3, 6, 12, 13, 17, 19, 21], грандіфлора [17], патіо [7], сортів *R. rugosa* Thunb. [20], ефіроолійних [4, 11]. Автори більшості досліджень вказували параметри (великі, середні, маленькі) та забарвлення (світло-зелене, зелене, темно-зелене) листків. У роботі В. П. Величко та ін. [4] визначено форму листків, їхньої основи та краю, а також кількість листочків у складному листку 8 видів і 8 сортів ефіроолійних троянд. Shin H. K. та ін. [21] дослідили вплив температури на площу листка чайно-гібридного сорту троянди 'Kardinal', а Rourphael Y. та ін. [19] наводять дані, що стосуються площі листків троянд трьох садових груп (витких, чайно-гібридних, грандіфлора) та відзначають важливість визначення цього показника для фізіологічних й агрономічних досліджень троянд.

Olena Rubtsova  
[http://orcid.org/0000\\_0002\\_4255\\_8307](http://orcid.org/0000_0002_4255_8307)  
Daria Hordiyenko  
[https://orcid.org/0000\\_0002\\_5465\\_3192](https://orcid.org/0000_0002_5465_3192)  
Tetyana Buidina  
[https://orcid.org/0000\\_0003\\_2487\\_5760](https://orcid.org/0000_0003_2487_5760)  
Valentina Chyzhankova  
[http://orcid.org/0000\\_0002\\_3372\\_9784](http://orcid.org/0000_0002_3372_9784)  
Olga Sokolova  
[https://orcid.org/0000\\_0002\\_1497\\_4995](https://orcid.org/0000_0002_1497_4995)

Щодо англійських троянд, то основні відомості (історія селекції, короткий опис сортів) наведено у книзі D. Austin [16], а решта публікацій стосуються також короткого опису сортів і порад з агротехніки. Мабуть, це пов'язано з тим, що англійські троянди виведено порівняно нещодавно і їх не використовують для промислового виробництва (вигонки в теплицях). Наразі саме троянди для вигонки є основним об'єктом різноманітних агрономічних і фізіологічних досліджень, які спрямовано на підвищення врожаю квіток та отримання прибутку.

Отже, з огляду на вищенаведене, актуальними стають дослідження англійських троянд, зокрема їхніх морфологічних особливостей і біометричних показників.

У троянд найважливішими декоративними ознаками є забарвлення, розмір, форма квіток. Але при оцінюванні сортів велику увагу також приділяють кількісним та якісним показникам вегетативних органів, зокрема листків. У них відбуваються такі важливі функції як фотосинтез, транспірація та газообмін. Крім того, листки доповнюють декоративний вигляд рослин троянд, що необхідно враховувати при створенні ландшафтних композицій. Від якісних і кількісних характеристик листків залежить архітектоніка кущів та різноманітність габітусу троянд, які є важливими показниками для відбору сортів для озеленення [18, 22]. Показники листків англійських троянд можна використовувати для ідентифікації сортів троянд у межах садової групи.

*Мета досліджень* – вивчення морфологічних особливостей та визначення біометричних показників листків англійських троянд.

### Матеріали та методика досліджень

Дослідження здійснювали на колекційній ділянці «Розарій» Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України у 2015–2019 рр. Предметом досліджень стали 48 сортів англійських троянд колекції дендропарку, об'єктом – довжина складного листка, кількість листкових пластинок, загальна площа листка, площа листкової пластинки, форма листкової пластинки, форми основи та верхівки листочків. Дослідження виконано на зразках власних зборів листків з колекції троянд дендропарку. Листки відбирали із середньої частини пагона. Для морфологічного та біометричного дослідження обирали повністю сформовані листки, що набули характерних для сорту форми та розмірів. Біометричні показники визначали

проміром 10 типових для сорту листків у чотирьох повтореннях.

Опис морфологічних ознак виконували згідно з «Атласом морфологічних ознак сортів троянди (*Rosa L.*)» [5] та «Ілюстрованим довідником з морфології квіткових рослин» [8].

### Результати досліджень

В усіх сортів англійських троянд листки дорзовентральні непарноперистоскладні, з 5–7 листковими пластинками з перистим жилкуванням. Листки досліджуваних сортів англійських троянд відрізнялись за комплексом кількісних (довжина складного листка, кількість листкових пластинок, площа листкової пластинки, загальна площа листка) та якісних (форма листкової пластинки, форма краю, основи, верхівки листкової пластинки) показників (таблиця).

Найбільшу довжину мали листки сорту 'A Shropshire Lad' (16,03 см), найменшу – 'Noble Antony' (5,80 см). Виділено два сорти, що мали близький до найвищого показник довжини листка: 'Wollerton Old Hall' – 14,02 см та 'Leonard Dudley Braithwait' – 14,65 см. Встановлено групу сортів, які мали довжину листкової пластинки від 11,05 до 12,30 см – 'Young Lycidas', 'Winchester Cathedral', 'William Morris', 'The Alnwick Rose', 'Tea Clipper', 'Summer Song', 'Queen of Sweden', 'Heritage', 'Grace', 'Golden Celebration', 'Gertrude Jekyll', 'Charlotte', 'Brother Cadfael', 'Benjamin Britten', 'Alain Titchmarsh'. Листки розрізняли за числом листкових пластинок (листочків). Кількість листочків у складному листку коливалась від 5 (35 сортів) до 7 шт. (13 сортів).

Рослини досліджуваних сортів формували неоднакову площу листкової пластинки. Найбільшу площу листкової пластинки виявили у сорту 'Sophy's Rose' (13,45 см<sup>2</sup>), найменшу – у 'Jubilee Celebration' (1,63 см<sup>2</sup>). Найбільша площа складного листка у 'James Galway' – 77,80 см<sup>2</sup>, найменша – у сорту 'Jubilee Celebration' (11,4 см<sup>2</sup>). Сорти 'A Shropshire Lad' (71,98 см<sup>2</sup>) та 'Sophy's Rose' (67,23 см<sup>2</sup>) мали високі показники площі складного листка.

Було встановлено, що листки досліджуваних сортів мали різну форму листкової пластинки: округлу, округло-еліптичну, загострено-еліптичну, еліптичну, яйцеподібну, обернено-яйцеподібну, загострено-яйцеподібну, округло-яйцеподібну, загострено-обернено-яйцеподібну, ланцетоподібну, загострено-втягнуто-еліптичну, продовгувату.

Було виявлено такі форми основи листкової пластинки у сортів англійських троянд, як округла, округло-клиноподібна, клинопо-

Таблиця

## Кількісні та якісні показники листків англійських троянд

№ з.п.	Назва сорту	Довжина складного листка, см	Кількість листкових пластинок, шт./листок	Загальна площа листка, см <sup>2</sup>	Площа листкової пластинки, см <sup>2</sup>	Форма листкової пластинки	Форма краю листкової пластинки	Форма основи листкової пластинки	Форма верхівки листкової пластинки
1	'Abraham Darby'	10,90±0,11	5	41,17±0,19	8,234±0,06	Округло еліптична	Подвійно пилчаста	Округла нерівнобічна	Гостро конічна
2	'Alain Titchmarsh'	12,98±0,10	7	40,65±0,18	5,81±0,04	Обернено яйцеподібна	Подвійно пилчаста	Нерівнобічно округло клиноподібна	Загострена
3	'A Shropshire Lad'	16,03±0,12	7	71,98±0,35	10,28±0,09	Загострено еліптична	Подвійно пилчаста	Округло клиноподібна	Гостро конічна
4	'Benjamin Britten'	11,33±0,09	5	32,28±0,20	6,46±0,04	Загострено еліптична	Подвійно зубчата	Округла клиноподібна	Гостро конічна
5	'Boscobel'	7,57±0,07	5	20,8±0,14	4,16±0,03	Загострено еліптична	Зубчата	Відтягнута	Загострена
6	'Brother Cadfael'	12,20±0,11	5	45,16±0,20	9,03±0,05	Загострено яйцеподібна	Пилчаста	Округла	Гостро конічна
7	'Charles Austin'	7,90±0,07	7	62,46±0,26	8,92±0,06	Загострено яйцеподібна	Зубчата	Округло клиноподібна	Гостро конічна
8	'Charlotte'	12,13±0,12	7	29,54±0,14	4,22±0,03	Загострено еліптична	Зубчата	Округло клиноподібна	Гостро конічна
9	'Christopher Marlowe'	10,70±0,11	7	31,62±0,12	4,52±0,03	Округло яйцеподібна	Зубчата	Відтягнуто округла	Гостро конічна
10	'Claire Austin'	10,10±0,11	7	26,36±0,11	3,77±0,03	Загострено еліптична	Пилчаста	Округло клиноподібна	Гостро конічна
11	'Cottage Rose'	7,53±0,06	5	21,11±0,09	4,22±0,03	Продовгувато еліптична	Зубчата	Клиноподібно відтягнута	Загострена
12	'Crocus Rose'	8,70±0,07	7	33,54±0,15	4,79±0,03	Загострено еліптична	Подвійно зубчата	Нерівнобічно округло клиноподібна	Загострена
13	'Crown Princess Margareta'	10,50±0,07	7	22,99±0,11	3,28±0,02	Обернено яйцеподібна	Зубчата	Нерівнобічно округло клиноподібна	Загострена
14	'Fisherman's Friend'	8,88±0,09	5	39,61±0,13	7,92±0,05	Загострено еліптична	Подвійно пилчаста	Відтягнуто округла	Загострена
15	'The Generous Gardener'	9,13±0,08	5	33,56±0,12	6,71±0,04	Ланцетовидна	Пилчаста	Відтягнуто округла	Загострена
16	'Gentle Hermione'	10,98±0,11	5	35,56±0,14	7,11±0,04	Загострено еліптична	Зубчата	Округла	Загострена
17	'Gertrude Jekyll'	11,20±0,10	5	38,75±0,12	7,75±0,04	Загострено яйцевидна	Зубчата	Нерівнобічно округла	Гостро конічна
18	'Golden Celebration'	11,43±0,10	5	32,76±0,11	6,55±0,05	Загострено еліптична	Зубчата	Нерівнобічно округла	Загострена
19	'Graham Thomas'	12,40±0,12	5	28,49±0,09	5,70±0,04	Загострено еліптична	Пилчаста	Округло клиноподібна	Загострена
20	'Grace'	11,08±0,10	5	25,5±0,07	5,10±0,04	Загострено витягнуто еліптична	Подвійно зубчата	Клиноподібна	Загострена
21	'Heritage'	11,90±0,09	5	39,63±0,09	7,93±0,05	Загострено еліптична	Подвійно зубчата	Клиноподібна	Загострена
22	'James Galway'	10,88±0,10	7	77,80±0,27	11,11±0,09	Загострено еліптична	Пилчаста	Округла	Загострена
23	'Jubilee Celebration'	6,97±0,05	7	11,40±0,06	1,63±0,01	Продовгувата	Зубчата	Клиноподібна	Загострена

Продовження таблиці

№ з.п.	Назва сорту	Довжина складного листка, см	Кількість листкових пластинок, шт./листок	Загальна площа листка, см <sup>2</sup>	Площа листкової пластинки, см <sup>2</sup>	Форма листкової пластинки	Форма краю листкової пластинки	Форма основи листкової пластинки	Форма верхівки листкової пластинки
24	'Leonard Dudley Braithwait'	14,65±0,12	5	24,26±0,08	4,85±0,02	Загострено еліптична	Двоєко пилчаста	Нерівнобоко серцевидна	Загострена
25	'Lady of Megginch'	8,40±0,07	5	16,49±0,05	3,30±0,01	Загострено еліптична	Зубчаста	Округло клиноподібна	Гостро конічна
26	'Lady of Shalott'	7,75±0,05	7	15,2±0,04	2,17±0,01	Обернено яйцеподібна	Пилчаста	клиноподібна	Загострена
27	'Lichfield Angel'	7,03±0,05	5	14,02±0,04	2,80±0,01	Загострено яйцеподібна	Зубчаста	Округло клиноподібна	Загострена
28	'Mary Rose'	10,51±0,09	5	32,93±0,12	6,59±0,03	Загострено обернено яйцеподібна	Подвійно зубчаста	Нерівнобоко округла	Гостро конічна
29	'Othello'	13,25±0,12	5	65,56±0,31	13,11±0,08	Загострено яйцеподібна	Подвійно зубчаста	Серцеподібна	Гостро конічна
30	'Pat Austin'	10,65±0,09	5	40,65±0,26	8,13±0,04	Загострено еліптична	Зубчаста	Нерівнобоко округла	Загострена
31	'Princess Alexandra of Kent'	6,28±0,05	5	11,71±0,03	2,34±0,01	Яйцеподібна	Подвійно зубчаста	Клиноподібна	Гостро конічна
32	'Queen of Sweden'	11,5±0,09	5	12,44±0,04	2,49±0,01	Округла	Зубчаста	Нерівнобоко округла	Загострена
33	'Sharifa Asma'	12,83±0,11	5	47,17±0,18	9,43±0,05	Яйцеподібна	Пилчаста	Віямчаста	Тула
34	'Sophy's Rose'	13,40±0,12	5	67,23±0,40	13,45±0,08	Округло яйцеподібна	Подвійно пилчаста	Нерівнобоко округла	Загострена
35	'Summer Song'	11,05±0,10	5	34,29±0,11	6,86±0,02	Обернено яйцеподібна	Подвійно пилчаста	Округла	Загострена
36	'Spirit of Freedom'	10,93±0,09	5	28,37±0,23	5,67±0,02	Продовгувато яйцеподібна	Подвійно зубчаста	Округла	Гостро конічна
37	'Strawberry Hill'	9,25±0,08	5	43,2±0,19	8,64±0,02	Еліптична	Зубчаста	Округла	Тула
38	'Tea Clipper'	11,98±0,08	5	39,2±0,15	7,84±0,03	Яйцеподібна	Зубчаста	Округло клиноподібна	Загострена
39	'The Alnwick Rose'	12,30±0,10	5	30,08±0,16	6,02±0,03	Округло яйцеподібна	Пилчаста	Округла	Загострена
40	'The Dark Lady'	8,17±0,06	5	36,01±0,14	7,20±0,03	Округло яйцеподібна	Подвійно пилчаста	Округла	Гостро конічна
41	'The Pilgrim'	10,45±0,08	7	48,97±0,16	6,99±0,03	Обернено яйцеподібна	Подвійно пилчаста	Нерівнобоко клиноподібна	Гостро конічна
42	'The Prince'	10,00±0,07	5	18,51±0,06	3,70±0,01	Загострено еліптична	Пилчаста	Округло клиноподібна	Гостро конічна
43	'Tradesant'	7,23±0,06	5	12,84±0,07	2,57±0,01	Округла	Подвійно зубчаста	Округла	Тула
44	'Wollerton Old Hall'	14,02±0,11	5	46,61±0,17	9,32±0,06	Загострено еліптична	Зубчаста	Нерівнобоко округла	Гостро конічна
45	'William Morris'	11,20±0,09	5	61,25±0,19	12,25±0,11	Загострено еліптична	Подвійно зубчаста	Нерівнобока	Загострена
46	'Winchester Cathedral'	11,83±0,08	5	29,5±0,17	5,90±0,03	Загострено еліптична	Подвійно зубчаста	Витягнуто нерівнобока	Загострена
47	'Young Lycidas'	11,53±0,11	7	45,12±0,23	6,45±0,02	Еліптична	Пилчаста	Округла	Гостро конічна
48	'Noble Antony'	5,80±0,04	5	12,14±0,04	2,40±0,01	Еліптична	Подвійно зубчаста	Округла	Гостро конічна

дібна, нерівнобока, відтягнута, серцеподібна, виімчаста.

Форма верхівки листкової пластинки у англійських троянд була загострена, гостроколючна і тупа.

Було встановлено типи краю листкової пластинки: зубчастий, подвійнозубчастий, пилчастий, подвійнопилчастий.

Морфологічні ознаки листків, притаманні дослідженим сортам англійських троянд, забезпечують виокремлення та впізнаваність окремих сортів цієї групи. В озелененні переважають рослини із збільшеною фотосинтетичною продуктивністю листкового апарату, яка характерна для сортів 'James Galway' та 'A Shropshire Lad'.

### Висновки

Виявлено морфологічні особливості та визначено біометричні показники листків англійських троянд із колекції Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України. Встановлено амплітуду мінливості морфологічних ознак досліджуваних сортів. В озелененні переважають рослини із збільшеною фотосинтетичною продуктивністю листкового апарату, яка характерна для сортів з великими листками 'James Galway' та 'A Shropshire Lad'.

Значне різноманіття морфологічних ознак листків досліджуваних сортів обумовлено складним походженням англійських троянд. Одержані дані з морфологічних особливостей листків англійських троянд можуть бути додатковими ознаками (крім особливостей квітки) для визначення сортів цієї групи та підґрунтям при підборі асортименту троянд для озеленення.

Подальші дослідження листків троянд можуть бути спрямовані на визначення кореляційних зв'язків морфологічних та анатомічних показників з екологічними особливостями.

### Використана література

- Браилко В. А., Губанова Т. Б., Клименко З. К. Морфологические характеристики листа некоторых сортов чайно-гибридных роз и их засухоустойчивость на Южном берегу Крыма. *Бюллетень ГНБС*. 2019. Вып. 130. С. 129–136. doi: 10.25684/NBG.boolt.130.2019.18
- Буйдіна Т. О., Рожок О. Ф. Морфологічні особливості листків сортів витких троянд роду *Rosa L.* *Plant Var. Stud. Prot.* 2016. № 2. С. 70–74. doi: 10.21498/2518.1017.2(31).2016.70318
- Васьківська С. В., Чижанькова В. І. Колекція чайно-гібридних троянд у Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України. *Plant Var. Stud. Prot.* 2016. № 4. С. 5–9. doi: 10.21498/2518.1017.4(33).2016.88551
- Величко В. П., Семенова Е. Ф., Рытнікова О. В. Макроморфологический анализ некоторых эфиромасличных роз и витаминных шиповников. *Известия ВУЗов. Поволжский регион. Естественные науки*. 2015. № 3. С. 14–17.

- Гаценко С. В., Васьківська С. В. Атлас морфологічних ознак сортів троянди (*Rosa L.*). Київ : АЛЕФА, 2009. 64 с.
- Городня Е. В. Итоги комплексной сортооценки садовых роз в условиях предгорной зоны Крыма. *Вестник КрасГАУ*. 2017. № 3. С. 16–21.
- Дениско І. Л. Біолого-екологічні особливості, інтродукція, перспективи використання троянд групи патіо у Правобережному Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. біол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаніка» / Нац. ботан. сад ім. М. М. Гришка. Київ, 2014. 22 с.
- Зиман С. М., Мосякін С. Л., Булах О. В. та ін. Ілюстрований довідник з морфології квіткових рослин. Ужгород : Медіум, 2004. 156 с.
- Клименко З. К. Биологические особенности и селекция роз группы форибунда в Крыму : автореф. дис. ... канд. біол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаніка» / Никитский бот. сад. Ялта, 1971. 25 с.
- Клименко З. К., Зыкова В. К. Ассортимент садовых роз для вертикального озеленения на южном берегу Крыма. *Бюллетень ГНБС*. 2018. Вып. 128. С. 37–47. doi: 10.25684/NBG.boolt.128.2018.05
- Кутищев В. Н. Биологические особенности и хозяйственно ценные признаки новых сортов эфиромасличной розы в различных почвенно-климатических условиях Крыма : автореф. дис. ... канд. с. х. наук : спец. 538 «Растениеводство» / Никитский бот. сад, Симферополь, 1968. 17 с.
- Плугатарь С. А. Биологические особенности чайно-гибридных роз коллекции Никитского ботанического сада : автореф. дис. ... канд. біол. наук : спец. 03.02.01 «Ботаника» / Никитский бот. сад, Ялта, 2018. 23 с.
- Плугатарь С. А., Клименко З. К., Зыкова В. К. Модифицированная шкала оценки декоративности чайно-гибридных роз в условиях Южного берега Крыма. *Бюллетень ГНБС*. 2018. Вып. 126. С. 37–42. doi: 10.25684/NBG.boolt.126.2018.05
- Рубцова О. Л., Гордієнко Д. С., Чижанькова В. І. Англійські троянди в колекції Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України та Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України. *Інтродукція рослин*. 2017. № 4. С. 79–84.
- Тыщенко Е. Л. Формирование признаков коллекции сортов роз плетистого типа в центральной подзоне Краснодарского края. *Научный журнал КубГАУ*. 2016. № 117. С. 16–21. URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/26.pdf>
- Austin D. The English Roses. New York : Buffalo, 2008. 304 p.
- Giacarlo F., Salem D., Yossef R. Validation of leaf area prediction model proposed for rose. *Chilean J. Agric. Res.* 2013. Vol. 73, Iss. 1. P. 34–42. doi: 10.4067/S0718.58392013000100011
- Demotes Mainard S., Bertheloot J., Boumaza R. et al. Rose bush leaf and internode expansion dynamics: analysis and development of a model capturing interplant variability. *Front. Plant Sci.* 2013. Vol. 4. 418. doi: 10.3389/fpls.2013.00418
- Rouphael Y., Mouneimne A., Ismail A. Modeling individual leaf area of rose (*Rosa hybrida L.*) based on leaf length and width measurement. *Rhotosynthetica*. 2010. Vol. 48, Iss. 1. P. 9–15. doi: 10.1007/s11099.010.0003.x
- Rubtsova O., Chizhankova V. Morphological characteristics and frost tolerance of cultivars derived from the *Rosa rugosa* Thunb. *J. Appl. Hortic.* 2017. Vol. 19, Iss. 1. P. 67–69. doi: 10.37855/jah.2017.v19i01.11
- Shin H. K., Lieth J. K., Kim S. H. Effects of temperature on leaf area and flower size in rose. *Acta Hort.* 2001. Vol. 547. P. 185–193. doi: 10.17660/ActaHortic.2001.547.22
- Wu X., Liangm Sh., Byrne D. H. Architectural Components of Compact Growth Habits in Diploid Roses. *HortTechnology*. 2019. Vol. 29, Iss. 5. P. 629–633. doi: 10.21273/HORTTECH04343.19

### References

- Brailko, V. A., Gubanov, T. B., & Klimenko, Z. K. (2019). Morphological and anatomical features in the leaves of some hybrid

- tea roses and their drought tolerance on the Southern Coast of the Crimea. *Bulleten Gosudarstvennogo Nikitskogo botaničeskogo sada* [Bulletin SNBG], 130, 130–136. doi: 10.25684/NBG.boolt.130.2019.18 [in Russian]
2. Buidina, T. O., & Rozhok, O. F. (2016). Morphological features of leaves in climbing roses varieties of the genus *Rosa* L. *Plant Var. Stud. Prot.*, 2, 70–74. doi: 10.21498/2518 1017.2(31).2016.70318 [in Ukrainian]
  3. Vaskivska, S. V., & Chyzhankova, V. I. (2016). Collection of hybrid tea roses at M. M. Hryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine. *Plant Var. Stud. Prot.*, 4, 5–9. doi: 10.21498/2518 1017.4(33).2016.88551 [in Ukrainian]
  4. Velichko, V. P., Semenova, E. F., & Rytikova, O. V. (2018) Macro morphological analysis of some athermal oil roses and vitamin wild roses. *Izvestiia vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Estestvennye nauki* [Univ. Proc. Volga Reg. Nat. Sci.], 3, 3–11. [in Russian]
  5. Hatsenko, S. V., & Vaskivska, S. V. (2009). *Atlas morfolohichnykh oznak sortiv troiandy (Rosa L.)* [Atlas of morphological features of rose varieties (*Rosa* L.)]. Kyiv: Alefa. [in Ukrainian]
  6. Gorodnyaya, E. V. (2017). Final results of complex evaluations of varieties of garden roses in the conditions of foothill zone of the Crimea. *Vestnik Krasnoarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Krasnoyarsk State University], 3, 16–21. [in Russian]
  7. Denysko, I. L. (2014). *Biolohe ekologichni osoblyvosti, introduktsiia, perspektyvy vykorystannia troiand hrupy patio u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy* [Biological and ecological features, introduction, prospects of patio group roses use in the Right bank Forest Steppe of Ukraine] (Cand. Biol. Sci. Diss.). M. M. Hryshko National Botanical Garden, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
  8. Zyman, S. M., Mosiak, S. L., Bulakh, O. V., Tsarenko, O. M., & Felbaba Klushyna, L. M. (2004). *Iliustrovanyi dovidnyk z morfolohii kvitkovykh roslyn* [Illustrated guide to the morphology of flowering plants]. Uzhhorod: Medium. [in Ukrainian]
  9. Klimenko, Z. K. (1971). *Biologicheskie osobennosti i selektsiya roz grupy foribunda v Krymu* [Biological features and breeding of the Foribund group in Crimea] (Cand. Biol. Sci. Diss.). Nikita Botanical Garden, Yalta, Ukraine. [in Russian]
  10. Klimenko, Z. K., & Zykova, V. K. (2018). Garden roses assortment for wall gardening on the Southern Coast of the Crimea. *Bulleten Gosudarstvennogo Nikitskogo botaničeskogo sada* [Bulletin SNBG], 128, 37–47. doi: 10.25684/NBG.boolt.128.2018.05 [in Russian]
  11. Kutischev, V. N. (1968). *Biologicheskie osobennosti i khozyaystvenno tsennyye priznaki novykh sortov efirmaslichnoy rozy v razlichnykh pochvenno klimaticheskikh usloviyakh Kryma* [Biological features and economically valuable traits of new varieties of essential oil roses in various soil and climatic conditions of Crimea] (Cand. Biol. Sci. Diss.). Nikita Botanical Garden, Yalta, Ukraine. [in Russian]
  12. Plugatar, S. A. (2018). *Biologicheskie osobennosti chayno gibridnykh roz kollektzii Nikitskogo botanicheskogo sada* [Biological features of hybrid tea roses of the Nikitsky Botanical Gardens collection] (Cand. Biol. Sci. Diss.). Nikita Botanical Garden, Yalta, Ukraine. [in Russian]
  13. Plugatar, S. A., Klimenko, Z. K., & Zykova, V. K. (2018). Modified scale of estimation of decorativeness of hybrid tea roses under conditions of the Southern Coast of the Crimea. *Bulleten Gosudarstvennogo Nikitskogo botaničeskogo sada* [Bulletin SNBG], 126, 37–42. doi: 10.25684/NBG.boolt.126.2018.05 [in Russian]
  14. Rubtsova, O. L., Gordiyenko, D. S., & Chyzhankova, V. I. (2017). English roses in the collections of the M. M. Hryshko National Botanical Garden of NAS of Ukraine and the Alexandria State Dendrological Park of NAS of Ukraine. *Introduktsiia roslyn* [Plant Introduction], 4, 79–84. [in Ukrainian]
  15. Tyshchenko, E. L. (2018). Forming sign collection of rose varieties of climbing type in Central subzone of the Krasnodar region. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU], 117, 16–21. Retrieved from <http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/26.pdf> [in Russian]
  16. Austin, D. (2008). *The English Roses*. New York: Buffalo.
  17. Giacarlo, F., Salem, D., & Yossef, R. (2013). Validation of leaf area prediction model proposed for rose. *Chilean J. Agric. Res.*, 73(1), 34–42. doi: 10.4067/S0718 58392013000100011
  18. Demotes Mainard, S., Bertheloot, J., Boumaza, R., Huché Thélér, L., Guéritaine, G., Guérin, V., & Andrieu, B. (2013). Rose bush leaf and internode expansion dynamics: analysis and development of a model capturing interplant variability. *Front. Plant Sci.*, 4, 418. doi: 10.3389/fpls.2013.00418
  19. Roupael, Y., Mouneimne, A., Ismail, A., Mendoza De Gyves, E., Rivera, C. M., & Colla, G. (2010). Modeling individual leaf area of rose (*Rosa hybrida* L.) based on leaf length and width measurement. *Rhotosynthetica*, 48(1), 9–15. doi: 10.1007/s11099 010 0003 x
  20. Rubtsova, O., & Chyzhankova, V. (2017). Morphological characteristics and frost tolerance of cultivars derived from the *Rosa rugosa* Thunb. *J. Appl. Hortic.*, 19(1), 67–69. doi: 10.37855/jah.2017.v19i01.11
  21. Shin, H. K., Lieth, J. K., & Kim, S. H. (2001). Effects of temperature on leaf area and flower size in rose. *Acta Hort.*, 547, 185–193. doi: 10.17660/ActaHortic.2001.547.22
  22. Wu, X., Liang, Sh., & Byrne, D. H. (2019). Architectural Components of Compact Growth Habits in Diploid Roses. *HortTech nology*, 29(5), 629–633. doi: 10.21273/HORTTECH04343 19

УДК 582.734.4:581.45:631.525

**Рубцова О. Л.<sup>1\*</sup>, Гордиенко Д. С.<sup>2</sup>, Буйдина Т. А.<sup>1</sup>, Чижанькова В. И.<sup>1</sup>, Соколова О. А.<sup>2</sup>** Морфологические особенности и биометрические показатели листьев сортов английских роз // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 1. С. 25–31. <https://doi.org/10.21498/2518 1017.16.1.2020.201017>

<sup>1</sup>Национальный ботанический сад имени Н. Н. Гришко НАН Украины, ул. Тимирязевская, 1, г. Киев, 01014, Украина, \*e mail: olenarubtsova@gmail.com

<sup>2</sup>Государственный дендрологический парк «Александрия» НАН Украины, г. Белая Церковь, Киевская обл., 09113, Украина

**Цель.** Изучить морфологические особенности и определить биометрические показатели листьев английских роз. **Методы.** Полевой, морфологический, биометрический. Описание морфологических признаков проводили в соответствии с «Атласом морфологических признаков сортов троянды (*Rosa* L.) (2009) и «Иллюстрированным довідником з морфології квіткових рослин» (2004). **Результаты.** Определены морфологические особенности листьев сортов английских роз. Изучены количественные (длина сложного листа, количество листовых пластинок, площадь

листовой пластинки, общая площадь листа) и качественные (форма листовой пластинки, форма края листовой пластинки, форма основания листовой пластинки, форма верхушки листовой пластинки) показатели. Выделены сорта английских роз, которые имеют максимальные и минимальные значения по этим показателям. **Выводы.** Установлены морфологические особенности и определены биометрические показатели листьев английских роз из коллекции Государственного дендрологического парка «Александрия» НАН Украины. Определена амплитуда

изменчивости морфологических признаков исследуемых сортов. Особенности морфологического строения и биометрических параметров листов растений сортов английских роз могут быть диагностическими признаками для определения сортов в границах вида. Для озеленения преимущество имеют растения с увеличенной

фотосинтетической продуктивностью листового аппарата, что является характерным для сортов 'James Galway' и 'A Shropshire Lad'.

**Ключевые слова:** розы Дэвида Остина; биометрические показатели; листовая пластинка; количественные параметры; качественные параметры.

UDC 582.734.4:581.45:631.525

**Rubtsova, O. L.<sup>1\*</sup>, Hordiienko, D. S.<sup>2</sup>, Buidina, T. A.<sup>1</sup>, Chyzhankova, V. I.<sup>1</sup>, & Sokolova, O. A.<sup>2</sup>** (2020). Morphological features and biometric characteristics of leaves of English rose varieties. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(1), 25–31. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.16.1.2020.201017](https://doi.org/10.21498/2518_1017.16.1.2020.201017)

<sup>1</sup>*M. M. Hryshko National Botanic Garden, NAS of Ukraine, 1 Tymiriazivska St., Kyiv, 01014, Ukraine, \*e mail: olenarubtsova@gmail.com*

<sup>2</sup>*Alexandria State Dendrological Park of NAS of Ukraine, Bila Tserkva, Kyiv region, 09113, Ukraine*

**Purpose.** To study the morphological features and determine the biometric indices of leaves of English roses. **Methods.** Field, morphological, descriptive, biometric. Morphological descriptions were carried out in accordance with the Atlas of morphological features of rose varieties (*Rosa L.*) (2009) and the Illustrated Guide to Flowering Plant Morphology (2004). **Results.** The morphological features of the leaves of English rose varieties were determined. Quantitative (length of complex leaf, number of leaf plates, area of leaflet, total leaf area) and qualitative (leaflet shape, leaflet edge shape, leaflet base shape, leaflet tip) were studied. Varieties of English roses that have maximum and minimum values for these indicators were highlighted. **Conclusions.** The morphological features

were revealed and the biometric indicators of the leaves of English roses from the collection of the State Dendrological Park "Alexandria" NAS of Ukraine were determined. The amplitude of variability of morphological characters of the studied varieties was determined. Peculiarities of the morphological structure and biometric parameters of leaves of English rose varieties can be diagnostic signs for determining varieties within the boundaries of the species. Plants with increased photosynthetic productivity of the leaf apparatus, which is characteristic of the 'James Galway' and 'A Shropshire Lad' varieties, have an advantage in landscaping.

**Keywords:** David Austin roses; biometric indicators; leaflet; quantitative parameters; qualitative parameters.

Надійшла / Received 24.02.2020

Погоджено до друку / Accepted 19.03.2020.



## Оцінка вихідного селекційного матеріалу тритикале озимого за основними ознаками придатності до переробки на біоетанол

О. С. Левченко\*, В. М. Стариченко

ННЦ «Інститут землеробства НААН», вул. Машинобудівників, 26, смт Чабани, Києво Святошинський р н, Київська обл., 08162, Україна, \*e mail: [feniks1213@gmail.com](mailto:feniks1213@gmail.com)

**Мета.** Проаналізувати колекційні зразки за врожайністю і вмістом у зерні білка і крохмалю, його гранулометричним складом та виділити цінні джерела для створення сортів, придатних для переробки на біоетанол. **Методи.** Для оцінювання колекційного матеріалу застосовували польові, лабораторні, вимірювально вагові та математично статистичні методи досліджень. Хімічні показники якості зерна тритикале аналізували методом інфрачервоної спектроскопії на приладі Infracal 1241. Розмір гранул крохмалю визначали методом світлової мікроскопії із застосуванням комп'ютерної програми ImageJ. Статистичну обробку отриманих результатів досліджень здійснювали з використанням комп'ютерної програми Statistica 6. **Результати.** Наведено результати досліджень з вивчення колекції тритикале озимого за основними ознаками придатності для переробки на біоетанол. Врожайність зерна у колекційних зразках у середньому за роки досліджень становила від 3,69 до 5,17 т/га. Виділено кращі зразки – номери 181, 101, 185, 219 і сорт 'Аристократ' із врожайністю 5,01–5,17 т/га. За високим вмістом крохмалю виділено номери 123 (69,5%), 101 (69,8%) та сорти 'Петрол' (69,0%), 'Солодюк' (70,1%) і 'Любомир' (70,3%). Установлено помірну від'ємну кореляцію врожайності із вмістом білка ( $r = 0,37$ ) та значну від'ємну – між вмістом крохмалю і білка ( $r = 0,64$ ). Проаналізовано колекційні зразки тритикале озимого за гранулометричним складом крохмалю. Максимальний розмір крохмальних гранул у колекційних зразків варіював від 19,4 до 32,7 мкм, мінімальний – від 9,9 до 15,7 мкм, а за середнім розміром гранул діапазон мінливості становив 15,4–20,0 мкм. Виділено сорти 'Яша' і 'Mundo' за найменшим середнім розміром гранул крохмалю (15,4 і 15,6 мкм) та вирівняністю гранулометричного складу. **Висновки.** Виділено джерела цінних ознак за високою врожайністю, вмістом крохмалю та вирівняним і дрібним гранулометричним складом. Установлено помірний кореляційний зв'язок між урожайністю і вмістом білка та значний від'ємний – між вмістом крохмалю і білка.

**Ключові слова:** врожайність; вміст білка і крохмалю; кореляція; розмір крохмальних гранул; *xTriticosecale* Witt.

### Вступ

Одним із шляхів вирішення проблеми вичерпності запасів вуглеводневого палива може стати використання відновлюваних його джерел, зокрема біоетанолу, який є екологічним та порівняно недорогим у виробництві [1]. В Україні, як сировину для виробництва етанолу, в основному використовують зерно злакових культур [2, 3]. Тритикале озиме (*xTriticosecale*) довгий час використовували лише як кормову культуру. Проте на теперішній час вона визнана перспективною за придатністю для переробки на біопа-

ливо [4–8]. Порівняно з іншими культурами тритикале має ряд вагомих переваг, тому що воно може вирощуватись та давати гарні врожаї навіть на малородючих піщаних і супіщаних ґрунтах з підвищеною кислотністю. Враховуючи технічний напрям використання біоетанолу, тритикале можна вирощувати також у зонах, що зазнали забруднення внаслідок Чорнобильської або інших техногенних аварій.

З однієї тонни зерна тритикале можна отримати до 380 л біоетанолу. Для покращення ефективності переробки і тим самим збільшення обсягів виробництва біопалива потрібно створювати і впроваджувати нові сорти із відповідним комплексом заданих ознак, які у першу чергу характеризуються високою врожайністю та підвищеним вмістом і якістю крохмалю [9–14].

Olha Levchenko

[https://orcid.org/0000\\_0003\\_1639\\_326X](https://orcid.org/0000_0003_1639_326X)

Vasyl Starychenko

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_4551\\_8263](https://orcid.org/0000_0002_4551_8263)

Важливим показником якості є гранулометричний склад крохмалю, тому що від цього певною мірою залежить ефективність перетворення його у етанол. Відомо, що розмір і форма крохмальних гранул є характерними для різних культур і навіть сортів [15]. Зерно сортів тритикале із дрібними і вирівняними за розмірами крохмальними гранулами завдяки більшій площі реагування з ферментами відрізняється прискореним процесом збродження. Тому перспективним є створення нових сортів тритикале для спиртодистильного напряму використання із дрібним та однорідним за розміром гранулометричним складом крохмалю.

*Мета досліджень* – оцінити колекційний матеріал тритикале озимого за врожайністю, вмістом у зерні білка і крохмалю та його гранулометричним складом, виділити цінні джерела для створення сортів, придатних для переробки на біоетанол.

### Матеріали та методика досліджень

Досліджували колекцію тритикале озимого впродовж 2017–2019 років у ННЦ «Інститут землеробства НААН». Дослідні ділянки розміщували на полях зерно-просапної сівозміни, що розташовані у Києво-Святошинському районі Київської області. Ґрунти полів відносяться до дерново-середньоопідзолених супіщаних. Уміст гумусу в орному шарі ґрунту (0–20 см) становив до 1,23% (за Тюріним), кількість рухомих форм фосфору – 9 мг, калію – 15 мг (за Ареніусом), азоту, що легко гідролізується – 7,0 мг на 100 г ґрунту (за Корнфільдом). Реакція ґрунтового розчину слабокисла, рН сольової витяжки – 5,5.

Температура за весняно-літній період 2017 року у цілому була близькою до норми, проте кількість опадів була недостатньою. Значення гідротермічного коефіцієнту (ГТК, за Г. Т. Селяніновим) за період вегетації тритикале озимого у 2016–2017 роках було 0,85, що характеризує його, як недостатньо забезпечений вологою. У 2018 році за період квітень–липень температура була вищою за норму. За значенням гідротермічного коефіцієнту (1,08) вегетація тритикале у 2017–2018 роках проходила в умовах достатнього забезпечення вологою. За весь весняно-літній період 2019 року температура повітря перевищувала середньобогаторічну норму, особливо у червні. Погодні умови вегетації тритикале озимого у 2018–2019 роках за значенням гідротермічного коефіцієнту, який становив 0,6, характеризувались як дуже посушливі.

Колекційний розсадник включав 160 зразків тритикале озимого, що представлені сор-

тами і селекційними лініями вітчизняного та іноземного походження. За результатами попереднього комплексного оцінювання низки господарсько-цінних ознак для подальшого поглибленого вивчення було відібрано 43 зразки, з яких 30 – це власний селекційний матеріал, 13 – сорти селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН» ('Аристократ', 'Волемир', 'Любомир', 'Маєток Полісся', 'Петрол', 'Солодюк', 'Котигорошко', 'Фанат', 'Поліський 7') та закордонної селекції ('Яша', 'Алмаз', 'Докучаєвське' – Росія, 'Mundo' – Польща). Як стандарт використовували сорт 'Мольфар' селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН», занесений до Реєстру сортів рослин України у 2014 році. Площа польової ділянки у колекційному розсаднику становила 5,5 м<sup>2</sup> за чотирьохразової повторності. Розміщення ділянок – систематичне зі зміщенням, стандарт, сорт 'Мольфар', висівали через кожні 10 номерів.

Для оцінювання колекційного матеріалу застосовували польові, лабораторні, вимірювально-вагові та математично-статистичні методи досліджень. Аналізували хімічні показники якості зерна тритикале у лабораторних умовах методом інфрачервоної спектроскопії на приладі Infratec 1241. Досліджували гранулометричну структуру крохмалю методом світлової мікроскопії. Розмір гранул визначали за допомогою комп'ютерної програми ImageJ. Статистичну обробку отриманих результатів досліджень здійснювали з використанням комп'ютерної програми Statistica 6.

### Результати досліджень

За результатами оцінювання колекційних зразків за рівнем урожайності зерна було встановлено, що її показники у різних зразків у середньому за три роки досліджень мали межі індивідуальних варіювань від 3,69 до 5,17 т/га. У таблиці 1 наведено показники 20 кращих зразків із рівнем врожайності від 4,60 т/га, які суттєво перевищували сорт-стандарт 'Мольфар'.

Найвищу врожайність отримали у 2017 році із значенням у середньому по всій колекції 4,97 т/га та коливаннями від 4,02 (зразок 215) до 5,72 т/га (зразок 181). Сорт-стандарт 'Мольфар' за врожайністю перевищили 33 зразки на 0,01–0,94 т/га. У 2018 році врожайність була нижчою й у середньому становила 4,38 т/га із максимальним значенням 5,23 т/га у номеру 101. Кращими за стандарт виявилися 27 зразків із перевищенням до 0,61 т/га. Найнесприятливішим для формування продуктивності рослин і, відповідно, врожайнос-

Таблиця 1

## Оцінка колекційних зразків тритикале озимого за врожайністю та вмістом у зерні білка і крохмалю (середнє за 2017–2019 рр.)

Назва зразка	Урожайність		Уміст білка, %	Крохмаль		
	т/га	+ до St		вміст, %	вихід з 1 га, т	+ до St
'Мольфар' – St	4,25	–	11,0	68,2	2,90	–
181	5,17	0,92	10,6	68,5	3,54	0,64
101	5,12	0,87	10,0	69,8	3,57	0,67
185	5,11	0,86	11,9	66,0	3,37	0,47
219	5,09	0,84	11,6	67,2	3,42	0,52
'Аристократ'	5,01	0,76	10,0	68,7	3,44	0,54
87	4,97	0,72	10,5	68,6	3,41	0,51
'Маєток Полісся'	4,85	0,60	10,3	66,8	3,24	0,34
123	4,78	0,53	10,0	69,5	3,32	0,42
'Солодюк'	4,75	0,50	10,9	70,1	3,33	0,42
141	4,74	0,49	11,5	66,9	3,17	0,27
217	4,72	0,47	12,0	67,5	3,19	0,29
'Петрол'	4,72	0,47	9,3	69,0	3,26	0,36
'Любомир'	4,69	0,44	10,7	70,3	3,30	0,40
213	4,64	0,39	10,7	68,4	3,17	0,27
53	4,64	0,39	11,5	67,3	3,12	0,22
'Волемир'	4,63	0,38	11,0	68,2	3,16	0,26
147	4,62	0,37	11,7	67,9	3,14	0,24
209	4,61	0,36	10,7	68,3	3,15	0,25
205	4,60	0,35	12,2	66,7	3,07	0,17
135	4,60	0,35	11,5	68,0	3,13	0,23
S	0,4	–	1,1	0,7	0,3	–
V, %	8,3	–	1,7	6,4	8,7	–
НІР <sub>0,05</sub>	0,32	–	–	–	0,28	–

ті був 2019 рік із жаркою та посушливою погодою під час цвітіння і наливу зерна тритикале озимого. Тому було отримано найнижчу за всі роки досліджень урожайність, яка у середньому по всій колекції становила 4,09 т/га, а у кращого номеру 181 – 4,98 т/га. Сорт-стандарт перевищили 34 зразки на 0,05–1,21 т/га. За результатами оцінювання колекції тритикале озимого за врожайністю зерна як кращі виділено зразки 181, 101, 185, 219 і сорт 'Аристократ' із показниками у середньому за три роки 5,01–5,17 т/га. Ці зразки є джерелами високої продуктивності і цінним вихідним матеріалом для використання у селекційній практиці.

За результатами трьохрічних досліджень з оцінювання колекційних зразків за вмістом у зерні крохмалю встановлено, що його показники змінювались за роками аналогічно варіюванню врожайності. У 2017 році, коли було отримано найвищу врожайність зерна, вміст крохмалю також був найвищим і становив у середньому по всій колекції 68,7%. У 2018 році кількість крохмалю у зерні становила 67,7%, а у 2019 – 67,1%. Проте врожайність за роками знижувалася сильніше, ніж вміст крохмалю. Якщо величину врожайності і вміст крохмалю у 2017 році у середньому по колекції прийняти за 100%, то у 2018 році вони дорівнювали 88,1% і 98,5%, а у 2019 – 82,3% і 97,7%, відповідно. Таким

чином прослідковується менший вплив умов року на вміст крохмалю ніж на врожайність.

Установлено різну реакцію колекційних зразків за проявом вмісту крохмалю у зерні на зміну умов вирощування. У таких сортів як 'Петрол', 'Аристократ' і номерів 135, 101 показники цієї ознаки за роками досліджень змінювались незначно (до 0,4%), а у номерів 181, 191, 53, 223, 185 ці зміни сягали до 3,5%. Загалом по колекції у 8-ми зразків різниця між показниками за роками становила менше 1,0%, у 15 номерів – 2,0–3,5%, а у всіх інших – 1,0–1,9%.

Сильніше, ніж під впливом умов років досліджень, кількість крохмалю у зерні колекційних зразків коливалась залежно від генетичного різноманіття колекції за цією ознакою. У середньому за три роки показники вмісту крохмалю змінювались по всій колекції від 65,5% у сорту 'Котигорошко' до 70,3% у сорту 'Любомир', тобто різниця між максимальним і мінімальним значенням показників становила 4,8%. З урахуванням коефіцієнту варіації (6,4%) можна зробити висновки, що загалом мінливість у колекційних зразків за вмістом крохмалю була незначною. За результатами оцінювання виділено наступні зразки із найвищим умістом крохмалю: номери 123 (69,5%), 101 (69,85%) та сорти 'Петрол' (69,0%), 'Солодюк' (70,1%), 'Любомир' (70,3%), які є цінними джерелами

за цією ознакою та можуть бути залучені як батьківські форми у схрещування для створення нових сортів, найпридатніших для виробництва біопалива.

Головна вимога до сортів тритикале озимого, придатних для переробки на біоетанол – здатність забезпечувати із врожаєм зерна високий вихід крохмалю з одиниці площі. Забезпечення зростання цього показника можна досягти як за рахунок підвищення рівня врожайності, так і вмісту у зерні крохмалю. Найкращим рішенням є поєднання високих показників цих ознак в одному генотипі. За результатами проведеного оцінювання колекційних зразків було зроблено розрахунок теоретичного виходу крохмалю з одного гектара, який коливався по колекції у середньому за три роки від 2,50 до 3,57 т/га. Дванадцять колекційних зразків із виходом крохмалю від 3,19 т/га достовірно перевищували сорт-стандарт ‘Мольфар’ на 0,29–0,67 т/га. За роками досліджень вихід крохмалю змінювався аналогічно змінам рівня врожайності (рис.).

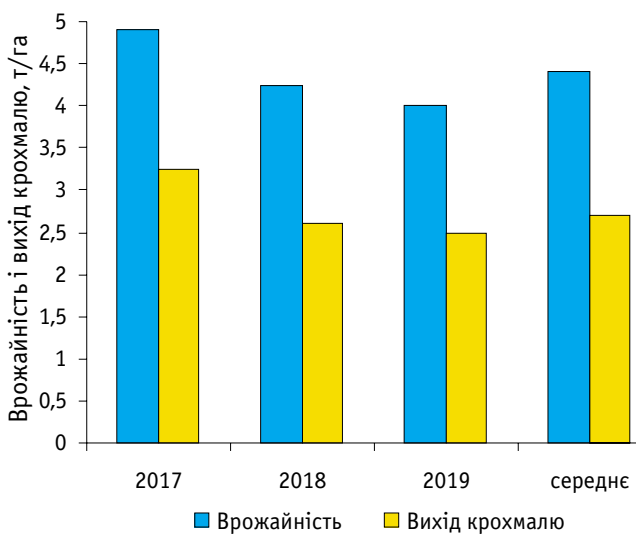


Рис. Врожайність і вихід крохмалю із врожаєм зерна колекційних зразків тритикале озимого

Одинадцять зразків із всієї колекції забезпечили вихід крохмалю понад 3,24 т/га, а кращі з них (номери 101, 181, 87, 219 і сорт ‘Аристократ’) – 3,41–3,57 т/га. П’ять зразків (номери 101, 123 і сорти ‘Аристократ’, ‘Солодюк’ та ‘Петрол’) із рівнем 3,26–3,57 т/га характеризувалися поєднанням підвищених показників врожайності і вмісту крохмалю: 4,72–5,12 т/га і 68,7–71,1%, відповідно. Зразки 181, 185, 219, 87 і сорт ‘Маєток Полісся’ із рівнем 3,24–3,54 т/га забезпечили великий вихід крохмалю завдяки підвищеному рівню врожайності (4,85–5,17 т/га). Водночас

окремі зразки з високою врожайністю, але зі знизеним умістом крохмалю, показали за його виходом нижчий рівень, порівняно з менш врожайними, проте із підвищеним умістом крохмалю у зразках. Найнижчі показники за виходом крохмалю, на рівні 2,50 т/га, було отримано у зразка 215, який мав низьку врожайність зерна і знизений уміст у ньому крохмалю.

У селекції багатьох культур, у тому числі і зернових, велику увагу приділяють створенню сортів із підвищеним умістом білка. Проте сорти, придатні для переробки на біопаливо, навпаки, повинні характеризуватися низьким умістом білка у зерні. Значення показників умісту білка у колекційних зразків тритикале озимого у середньому за 2017–2019 роки по всій колекції становило 11,2% і варіювало від 9,3% (сорт ‘Петрол’) до 12,2% (номери 229 і 205). За роками досліджень спостерігали зміни показників умісту білка у зерні колекційних зразків. Найнижчий його вміст було зафіксовано у кращому за умовами вирощування 2017 році, коли у середньому по колекції він становив 10,3%, а межі мінливості індивідуальних значень були від 8,6% у сорту ‘Петрол’ до 11,7% у номеру 229. У 2018 році, коли відбулось знизення рівня врожайності і вмісту у зерні крохмалю порівняно із попереднім роком, уміст білка навпаки збільшився. Середній його показник по колекції збільшився на 1,3% і становив 11,6%. Загалом по колекції вміст білка коливався від 9,5% у сорту ‘Петрол’ до 12,6% у зразка 221. За визначення кількості білка у колекційних зразків у 2019 році отримано неоднозначні результати. У більшості зразків одночасно із подальшим знизенням врожайності зерна спостерігали збільшення вмісту білка. У номерів 153, 215, 93, 53 та сортів ‘Яша’, ‘Мольфар’ і ‘Солодюк’ він підвищився на 0,5–1,3%. У зразків 229, 201, 205, 207 та інших суттєвого збільшення вмісту білка не спостерігали (+0,1–0,2%). Загалом, порівняно із минулим роком, у 26 зразків колекції показники білковості зросли, у 14 – знизились, а у 3 зразків – не змінилися. Варто зазначити, що зростання спостерігалось здебільшого у зразків, що характеризувались підвищеним загальним умістом білка, який у середньому за три роки становив від 11,0 до 12,2%. Загалом у 2019 році було визначено найвищий за всі роки досліджень уміст білка, який у середньому по колекції становив 11,8% із межами варіювання від мінімального значення у сорту ‘Петрол’ (9,7%) до максимального у номера 53 (12,8%).

За трьохрічними даними з найвищим вмістом білка виділено номери 229, 205, 207, 217, 223, 221 і сорт 'Mundo' (12,0–12,2%). Низький вміст білка, у зв'язку із від'ємною кореляцією із крохмалем, є одним із відносних показників придатності сортів для переробки на біоетанол. Тому зразки 191, 101, 123 та сорти 'Петрол' і 'Аристократ', що характеризуються відповідними низькими показниками (до 10,5%), є цінним вихідним матеріалом для використання у селекційній роботі.

Для встановлення сили і направленості зв'язків між такими важливими ознаками, як врожайність зерна та вміст у ньому крохмалю і білка було проведено кореляційний аналіз. Коефіцієнти кореляції розраховано за середніми за три роки показниками цих ознак. За результатами аналізу встановлено слабку позитивну кореляцію урожайності із вмістом крохмалю ( $r = 0,17$ ) та помірну від'ємну із вмістом білка ( $r = -0,37$ ), що дозволяє проводити селекцію на підвищення врожайності зерна, не знижуючи при цьому вміст крохмалю. Між вмістом крохмалю і білка виявлено обернений значний зв'язок ( $r = -0,64$ ). Кореляційні зв'язки між врожайністю і вмістом білка та білком і крохмалем є суттєвими за 5% рівнем значущості, а між врожайністю і вмістом крохмалю зв'язок виявився недостовірним через недостатню кількість пар спостережень.

Для сортів спирто-дистилятного напрямку використання важливим є не лише кількість, але й якість крохмалю, одним із показників якого є розмір крохмальних гранул. Результати досліджень багатьох учених показують, що гранули крохмалю у сортів різних зернових культур різняться за своїми розмірами [17–20]. Для ідентифікації колекційних зразків тритикале озимого за розміром гранул крохмалю було проаналізовано його гранулометричний склад. У кожного зразка було визначено мінімальний, максимальний і середній розмір крохмальних гранул. За результатами досліджень встановлено, що крохмальні зерна різних зразків різняться за розміром і, таким чином, доведено генетичну різноманітність колекції за гранулометричною структурою крохмалю. У середньому за три роки максимальний розмір крохмальних гранул у 43 зразків тритикале озимого варіював від 19,4 до 32,7 мкм і становив у середньому по колекції 28,7 мкм. Мінімальний розмір гранул коливався від 9,9 до 15,7 мкм із середнім значенням 10,7 мкм. Середній розмір гранул є найоб'єктивнішою характеристикою гранулометричного складу крохмалю, тому що грану-

ли максимальних і мінімальних розмірів можуть бути представлені лише поодинокими екземплярами. За середнім розміром крохмальних зерен діапазон мінливості становив від 15,4 до 20,0 мкм із середнім значенням 16,9 мкм. Більшу різноманітність колекційних зразків встановлено за мінімальними і максимальними розмірами гранул крохмалю, коефіцієнт варіації становив 10,2 і 10,7%, відповідно. Меншу різноманітність виявлено за середнім розміром гранул із значенням коефіцієнту варіації 5,4%.

У таблиці 2 наведено колекційні зразки, що представляють увесь діапазон мінливості колекції за середніми розмірами гранул крохмалю. Сорти 'Яша' і 'Mundo' мають найменші середні розміри гранул (у середньому за три роки – 15,4 і 15,6 мкм), зразки 181 і 181 мають гранули розміром 16,5 та 16,6 мкм; зразки 'Любомир' і 219 – 17,5 та 17,6 мкм; зразки 'Маєток Полісся' і 215 – 18,1 та 18,5 мкм; сорти 'Докучаєвське' і 'Алмаз' – 19,1 та 20,0 мкм.

Таблиця 2

#### Розміри крохмальних гранул у колекційних зразках тритикале озимого (середнє за 2017–2019 рр.)

Сорт, селекційний номер	Розмір гранул, мкм		
	мінімальний	максимальний	середній
'Мольфар' – St	10,4	25,7	17,1
'Яша'	13,2	19,4	15,4
'Mundo'	12,7	19,7	15,6
181	10,6	30,1	16,5
181	10,6	26,5	16,6
'Любомир'	10,5	27,7	17,5
219	11,0	32,7	17,6
'Маєток Полісся'	10,3	32,6	18,1
215	10,5	31,9	18,5
'Докучаєвське'	13,6	31,1	19,1
'Алмаз'	15,7	30,3	20,0
Середнє по колекції	10,7	28,7	16,9
Lim	9,9–15,7	19,4–32,7	15,4–20,0
S	1,1	2,9	0,9
V, %	10,2	10,7	5,4

Колекційні зразки різнилися між собою не лише за розміром гранул, але й за вирівняністю гранулометричного складу. Сорти 'Яша' і 'Mundo' із найменшим середнім розміром гранул, відрізнялись також їхньою однорідністю. Різниця у цих зразків між мінімальним і максимальним значенням становила 6,2 і 7,1 мкм, відповідно. Встановлено, що розмір гранул не залежить від вмісту у зерні крохмалю. Наприклад, у сорту 'Яша' вміст крохмалю становив 67,4%, а у сорту 'Mundo' – 65,7%, проте розміри гранул у них були майже однаковими. Також зразок 185 і сорт 'Любомир' із вмістом крохмалю 66,0 і

70,3%, відповідно, характеризувались близьким за розміром гранулометричним складом. Тому серед колекційних зразків з високим умістом крохмалю найціннішими є зразки з однорідними дрібними гранулами.

### Висновки

Виділено зразки 181, 101, 185, 219 і сорт 'Аристократ' із рівнем врожайності зерна 5,01–5,17 т/га, які є джерелами високої продуктивності. За високим умістом крохмалю виділено номери 123 (69,5%), 101 (69,85%) та сорти 'Петрол' (69,0%), 'Солодюк' (70,1%) і 'Любомир' (70,3%).

Колекційні зразки 101, 123, 'Аристократ', 'Солодюк', 'Петрол', що забезпечили високий вихід крохмалю з гектара (до 3,57 т/га) завдяки поєднанню підвищених показників врожайності і вмісту крохмалю (4,72–5,12 т/га і 68,7–71,1%, відповідно), найбільше відповідають вимогам до сортів, придатних для переробки на біоетанол.

Виявлено помірну від'ємну кореляцію врожайності із вмістом білка ( $r = -0,37$ ) та значну від'ємну – між вмістом крохмалю і білка ( $r = -0,64$ ).

Доведено різноманітність колекційних зразків за розміром крохмальних гранул. За найменшим середнім розміром гранул крохмалю (15,4 і 15,6 мкм) та вирівняністю гранулометричного складу виділено сорти 'Яша' і 'Mundo', які є цінним вихідним матеріалом для створення сортів спирто-дистильного напрямку використання.

### Використана література

- Zabed H., Sahu J. N., Suely A. et al. Bioethanol production from renewable sources: Current perspectives and technological progress. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2017. Vol. 71. P. 475–501. doi: 10.1016/j.rser.2016.12.076
- Брей В. В., Щуцький І. В. Біоетанол в Україні. *Вісн. НАН України*. 2016. № 6. С. 71–76. doi: 10.15407/vsn2016.06.071
- Червоніс М. В., Сурженко І. О. Селекційні критерії сортів та гібридів зернових культур для виробництва біоетанолу. *Збірник наукових праць СГІ – НЦНС*. 2009. Вип. 14. С. 27–36.
- Obuchowski W., Banaszak Z., Makowska A., Łuczak M. Factors affecting usefulness of triticale grain for bioethanol production. *J. Sci. Food Agric.* 2010. Vol. 90, Iss. 14. P. 2506–2511. doi: 10.1002/jsfa.4113
- McKenzie R. H., Bremer E., Middleton A. B. et al. Agronomic practices for bioethanol production from spring triticale in Alberta. *Can. J. Plant Sci.* 2014. Vol. 94, Iss. 1. P. 15–22. doi: 10.4141/cjps2013 112
- Cantale C., Petrazzuolo F., Correnti A. et al. Triticale for bioenergy production. *Agric. Agric. Sci. Procedia*. 2016. Vol. 8. P. 609–616. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.02.083
- Habtam A., Tadele T. K., Twain J. B., Xue Feng M. Triticale Improvement for Forage and Cover Crop Uses in the Southern Great Plains of the United States. *Front Plant Sci.* 2018. Vol. 9. P. 1130. doi: 10.3389/fpls.2018.01130
- McGoverin C. M., Snyders F., Muller N. et al. A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. *J. Sci. Food Agric.* 2011. Vol. 91, Iss. 7. P. 1155–1165. doi: 10.1002/jsfa.4338
- Dumbravă M., Ion V., Epure, L. I. et al. Yield and Yield Components at Triticale under Different Technological Conditions. *Agric. Agric. Sci. Procedia*. 2016. Vol. 10. P. 94–103. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.09.023
- Грабовец А. И., Андреев Н. Р., Крохмаль А. В., Шевченко Н. А. Проблемы селекции тритикале с высоким содержанием крахмала в зерне и его использования. *Доклады РАСХН*. 2013. № 5. С. 14–16.
- Оверченко М. Б., Игнатова Н. И., Сербя Е. М. та ін. Исследование различных сортов тритикале для использования их в спиртовом производстве. *Пиво и напитки*. 2014. № 6. С. 14–18.
- Грабовец А. И., Оверченко М. Б., Игнатова Н. И., Хричикова Г. Н. Селекция тритикале для бродильного производства: итоги и проблемы. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2015. № 2. С. 63–68.
- Копусь М. М., Копусь Е. М., Парапонов А. А. Качество зерна тритикале как сырья для производства биоэтанола на юге России. *Тритикале : матер. Междунар. практ. конф. «Роль тритикале в стабилизации и увеличении производства зерна и кормов»* (г. Ростов на Дону, 15–17 марта 2010 г.). Ростов на Дону, 2010. С. 238–241.
- Рыбалка О. И. Тритикале и энергетика. Перспектива недооценённой культуры. *Зерно*. 2012. № 9. С. 34–37.
- Рыбалка О. И., Червоніс М. В., Моргун Б. В. та ін. Генетичні та селекційні критерії створення сортів зернових культур спирто-дистильного напрямку технологічного використання зерна. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2013. Т. 45, № 1. С. 3–19.
- Jaiswal S., Baga M., Ahuja G. et al. Development of barley (*Hordeum vulgare* L.) lines with altered starch granule size distribution. *J. Agric. Food Chem.* 2014. Vol. 62, Iss. 10. P. 2289–2296. doi: 10.1021/jf405424x
- Yu A., Li Y., Ni Y. et al. Differences of starch granule distribution in grains from different spikelet positions in winter wheat. *PLoS ONE*. 2014. Vol. 9, Iss. 12. e114342. doi: 10.1371/journal.pone.0114342
- Xurun Y., Heng Y., Jing Z. et al. Comparison of endosperm starch granule development and physicochemical properties of starches from waxy and non waxy wheat. *Int. J. Food Prop.* 2015. Vol. 18, Iss. 11. P. 2409–2421. doi: 10.1080/10942912.2014.980949
- Cornejo Ramirez Y. I., Cinco Moroyoqui F. J., Ramirez Reyes F. et al. Physicochemical characterization of starch from hexaploid triticale (*xTriticosecale* Wittmack) genotypes. *CYTA J. Food*. 2015. Vol. 13, Iss. 3. P. 420–426. doi: 10.1080/19476337.2014.994565
- Li W., Yan S., Shi X., Zhang C., Shao Q., Xu F., Wang J. Starch granule size distribution from thalw wheat cultivars in east China's Huaibei region. *Can. J. Plant Sci.* 2016. Vol. 96, Iss. 2. P. 176–182. doi: 10.1139/cjps 2015 0048

### References

- Zabed H., Sahu, J. N., Suely, A., Boyce, A. N., & Faruq, G. (2017). Bioethanol production from renewable sources: Current perspectives and technological progress. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 71, 475–501. doi: 10.1016/j.rser.2016.12.076
- Brai, V. V., & Shchutskyi, I. V. (2016). Bioethanol in Ukraine. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* [Herald of National Academy of Sciences of Ukraine], 6, 71–76. doi: 10.15407/vsn2016.06.071 [in Ukrainian]
- Chervonis, M. V., & Surzhenko, I. O. (2009). Breeding criterias for varieties and hybrids of cereals for bioethanol production. *Zbirnik naukovih prac SGI – NCNS* [Collected Scientific Articles of PBGI – NCSCI], 14, 27–36. [in Ukrainian].
- Obuchowski, W., Banaszak, Z., Makowska, A., & Łuczak, M. (2010). Factors affecting usefulness of triticale grain for bioethanol

- production. *J. Sci. Food Agric.*, 90(14), 2506–2511. doi: 10.1002/jsfa.4113
5. McKenzie, R. H., Bremer, E., Middleton, A. B., Beres, B., Yoder, C., Hietamaa, C., ... Henriquez, B. (2014). Agronomic practices for bioethanol production from spring triticale in Alberta. *Can. J. Plant Sci.*, 94(1), 15–22. doi: 10.4141/cjps2013\_112
  6. Cantale, C., Petrazzuolo, F., Correnti, A., Farneti, A., Felici, F., Latini, A., & Galeffi, P. (2016). Triticale for bioenergy production. *Agric. Agric. Sci. Procedia*, 8, 609–616. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.02.083
  7. Habtamu, A., Tadele, T. K., Twain, J. B., & Xue Feng, M. (2018). Triticale Improvement for Forage and Cover Crop Uses in the Southern Great Plains of the United States. *Front Plant Sci.*, 9, 1130. doi: 10.3389/fpls.2018.01130
  8. McGoverin, C. M., Snyders, F., Muller, N., Botes, W., Fox, G., & Manley, M. (2011). A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. *J. Sci. Food Agric.*, 91(7), 1155–1165. doi: 10.1002/jsfa.4338
  9. Dumbravă, M., Ion, V., Epure, L. I., Băşa, A. G., Ion, N., & Duşa, E. M. (2016). Yield and Yield Components at Triticale under Different Technological Conditions. *Agric. Agric. Sci. Procedia*, 10, 94–103. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.09.023
  10. Grabovec, A. I., Andreev, N. R., Krohmal, A. V., & Shevchenko, N. A. (2013). Problems of breeding of triticale with a high content of starch in grain and its use. *Doklady Rossijskoj akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk* [Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences], 5, 14–16. [in Russian]
  11. Overchenko, M. B., Ignatova, N. I., Serba, E. M., Shelehova, N. V., Veselovskaya, O. V., Abramova, I. M., & Rimareva, L. V. (2014). Study Triticale Different Varieties for Use in Alcohol Production. *Pivo i napitki* [Beer and Beverages], 6, 14–18. [in Russian]
  12. Grabovec, A. I., Overchenko, M. B., Ignatova, N. I., & Grichikova, G. N. (2015). Triticale breeding for fermentation production: results and problems. *Zernobobovye i krupnanye kultury* [Leguminous and Groat Crops], 2, 63–68. [in Russian]
  13. Kopus, M. M., Kopus, E. M., & Paraponov, A. A. (2010). Quality of triticale grain as raw material for bioethanol production in the south of Russia. In *Triticale: mater. Mezhdunar. prakt. konf. «Rol tritikale v stabilizatsii i uvelichenii proizvodstva zerna i kormov»* [Triticale: Proc. of the Int. Pract. Conf. "The Role of Triticale in Stabilizing and Increasing Grain and Feed Production"] (pp. 238–242). March 15–17, 2010, Rostov on Don, Russia. [in Russian]
  14. Rybalka, O. I. (2012). Triticale and energy. The prospect of an underrated culture. *Zerno* [Grain], 9, 34–37. [in Russian]
  15. Rybalka, A. I., Chervonis, M. V., Morgun, B. V., Pochinok, V. M., & Polischuk, S. S. (2013). Genetic and breeding criteria of crop cultivars production for ethanol distilling end use. *Fiziol. Biokhim. Kul't. Rast.* [Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants], 45(1), 3–19. [in Ukrainian]
  16. Jaiswal, S., Bâga, M., Ahuja, G., Rossnagel, B., & Chibbar, R. (2014). Development of barley (*Hordeum vulgare* L.) lines with altered starch granule size distribution. *J. Agric. Food Chem.*, 62(10), 2289–2296. doi: 10.1021/jf405424x
  17. Yu, A., Li, Y., Ni, Y., Yang, W., Yang, D., Cui, Zh., Wang, Zh., & Yin, Y. (2014). Differences of starch granule distribution in grains from different spikelet positions in winter wheat. *PLoS ONE*, 9(12), e114342. doi: 10.1371/journal.pone.0114342
  18. Xurun, Y., Heng, Y., Jing, Z., Shanshan, S., & Liang, Z. (2015). Comparison of endosperm starch granule development and physicochemical properties of starches from waxy and non waxy wheat. *Int. J. Food Prop.*, 18(11), 2409–2421. doi: 10.1080/10942912.2014.980949
  19. Cornejo Ramirez, Y. I., Cinco Moroyoqui, F. J., Ramirez Reyes, F., Rosas Burgos, E. C., Osuna Amarillas, P. S., Wong Corral, F. J., Borboa Flores, J., & Cota Gastélum, A. G. (2015). Physicochemical characterization of starch from hexaploid triticale (*×Triticosecale* Wittmack) genotypes. *CYTA J. Food.*, 13(3), 420–426. doi: 10.1080/19476337.2014.994565
  20. Li, W., Yan, S., Shi, X., Zhang, C., Shao, Q., Xu, F., & Wang, J. (2016). Starch granule size distribution from twelve wheat cultivars in east China's Huaibei region. *Can. J. Plant Sci.*, 96(2), 176–182. doi: 10.1139/cjps 2015 0048

УДК 631.527: 631.1: 633.112.9

**Левченко О. С.\***, **Стариченко В. Н.** Оценка исходного селекционного материала тритикале озимого по основным признакам пригодности к переработке на биоэтанол // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 1. С. 32–39. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.16.1.2020.201018](https://doi.org/10.21498/2518_1017.16.1.2020.201018)

ННЦ «Институт земледелия НААН», ул. Машиностроителей, 26, пгт Чабаны, Киевско-Святошинский р-н, Киевская обл., 08162, Украина, \*e mail: [feniks1213@gmail.com](mailto:feniks1213@gmail.com)

**Цель.** Проанализировать коллекционные образцы по урожайности и содержанию в зерне белка и крахмала, его гранулометрическому составу и выделить ценные источники для создания сортов, пригодных для переработки на биоэтанол. **Методы.** Для оценки коллекционного материала применяли полевые, лабораторные, измерительно-весовые и математико-статистические методы исследований. Анализировали химические показатели качества зерна тритикале методом инфракрасной спектроскопии на приборе Infracrac 1241. Размер гранул крахмала определяли методом световой микроскопии с применением компьютерной программы ImageJ. Статистическую обработку полученных результатов исследований осуществляли с использованием компьютерной программы Statistica 6. **Результаты.** Приведены результаты исследований по изучению коллекции тритикале озимой по основным признакам пригодности для переработки на биоэтанол. Урожайность зерна у коллекционных образцов в среднем за годы исследований составляла от 3,69 до 5,17 т/га. Выделены лучшие образцы – номера 181, 101, 185, 219 и сорт 'Аристократ' с урожайностью 5,01–5,17 т/га. За высоким содержанием крахмала выделены номера 123 (69,5%),

101 (69,8%) и сорта 'Петрол' (69,0%), 'Солодюк' (70,1%) и 'Любомир' (70,3%). Выявлена умеренная отрицательная корреляция урожайности с содержанием белка ( $r = 0,37$ ) и значительная отрицательная – между содержанием крахмала и белка ( $r = 0,64$ ). Проанализированы коллекционные образцы тритикале озимой по гранулометрическому составу крахмала. Максимальный размер крахмальных гранул у коллекционных образцов варьировал от 19,4 до 32,7 мкм, минимальный – от 9,9 до 15,7 мкм, а по среднему размеру гранул диапазон изменчивости составлял 15,4–20,0 мкм. Выделены сорта 'Яша' и 'Mundo' с наименьшим средним размером гранул крахмала (15,4 и 15,6 мкм) и однородным гранулометрическим составом. **Выводы.** Выделены источники ценных признаков высокой урожайности, содержания крахмала и выровненного и мелкого гранулометрического состава. Выявлена умеренная корреляционная связь между урожайностью и содержанием белка и значительная отрицательная – между содержанием крахмала и белка.

**Ключевые слова:** урожайность; содержание белка и крахмала; корреляция; размер крахмальных гранул; *×Triticosecale* Witt.

UDC 631.527: 631.1: 633.112.9

**Levchenko, O. S.\***, & **Starychenko, V. M.** (2020). Evaluation of the source breeding material of winter triticale by the main signs of suitability for processing into bioethanol. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(1), 32–39. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.16.1.2020.201018](https://doi.org/10.21498/2518_1017.16.1.2020.201018)

*NSC 'Institute of Agriculture of NAAS', 2 B Mashynobudivnykiv St., Chabany, Kyiv Sviatoshynskiy district, Kyiv region, 08162, Ukraine, \*e mail: feniks1213@gmail.com*

**Purpose.** To analyze collection samples by yield, protein and starch content in grain, its granulometric composition and highlight valuable sources for creating varieties suitable for bioethanol processing. **Methods.** To assess the collection material, field, laboratory, measurement and weight, mathematical and statistical research methods were used. The analysis of chemical quality indicators of triticale grain was carried out by infrared spectrometry on an Infratec 1241 device. The size of starch granules was determined by light microscopy and using the ImageJ computer program. Statistical processing of the obtained research results was carried out with the introduction of the computer program Statistica 6. **Results.** The results of studies on the collection of winter triticale by the main signs of suitability for bioethanol processing are presented. The grain yield in collection samples on average over the years of research ranged from 3.69 to 5.17 t/ha. The best samples were identified – numbers 181, 101, 185, 219 and the variety 'Arystokrat' with a yield of 5.01–5.17 t/ha. By the high starch content numbers 123 (69.5%), 101 (69.8%)

and the varieties 'Petrol' (69.0%), 'Solodiuk' (70.1%) and 'Liubomyr' (70.3%) were selected. A moderate negative correlation was found between yield and protein content ( $r = 0.37$ ) and a significant negative correlation was found between starch and protein content ( $r = 0.64$ ). The analysis of collection samples of winter triticale by granulometric starch composition was carried out. Maximum size of starch granules in the collection samples ranged from 19.4 to 32.7  $\mu\text{m}$ , the minimum – 9.9 to 15.7  $\mu\text{m}$ , and the variability range for the average size of granules was 15.4–20.0  $\mu\text{m}$ . Varieties 'Yasha' and 'Mundo' were distinguished by the smallest average granule size of starch (15.4 and 15.6  $\mu\text{m}$ ) and uniformity of particle size distribution. **Conclusions.** Sources of valuable traits were identified by high productivity, starch content and aligned and fine granule size distribution. A moderate correlation between productivity and protein content and a significant negative correlation between starch and protein content was revealed.

**Keywords:** yield; protein and starch content; correlation; size of starch granules; *xTriticosecale* Witt.

Надійшла / Received 12.02.2020  
Погоджено до друку / Accepted 19.03.2020



UDC 631.544.7:582.683.211.6

## Economic and biological evaluation of Chinese cabbage [*Brassica rapa* L. var. *pekinensis* (Lour.) Kitam.] hybrids grown in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine

Z. I. Kovtuniuk<sup>1\*</sup>, V. I. Voitovska<sup>2</sup>, L. I. Storozhyk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uman National University of Horticulture, 1 Instytutska St., Uman, Cherkasy Region, 20305, Ukraine, e mail: kovpetfom@ukr.net

<sup>2</sup>Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine

**Purpose.** To study the economic and biological characteristics and to reveal the genetic potential of various hybrids of Chinese cabbage depending on the climatic zone of cultivation. **Methods.** In the experiment, hybrids of Chinese cabbage 'Pioner F<sub>1</sub>' (control), 'Villi F<sub>1</sub>', 'Manoko F<sub>1</sub>', 'Orient Star F<sub>1</sub>', 'Vitimo F<sub>1</sub>', 'Sprinkin F<sub>1</sub>', 'Summer Highland F<sub>1</sub>', 'Suprin F<sub>1</sub>', and 'Richi F<sub>1</sub>' were evaluated. The experiment was laid out in a randomized block design with four replications with a single plot area of 21 m<sup>2</sup>. The container seedlings (40 days old) were planted in the middle of April according to the scheme 70 cm by 25 cm. **Results.** Having been planted at the same time, seed germination over the studied hybrids was not simultaneous. The first sprouted seeds (4 days after seeding) belonged to hybrids 'Villi F<sub>1</sub>', 'Manoko F<sub>1</sub>', 'Orient Star F<sub>1</sub>', and 'Summer Highland F<sub>1</sub>'. Seeds of the other hybrids started active germination on the 5–6 days after seeding. The highest yield of the cabbage heads was obtained from hybrids 'Villi F<sub>1</sub>' (31.7 t/ha) and 'Sprinkin F<sub>1</sub>' (28.7 t/ha), which was 10.0 and 7.0 t/ha more than in the control variant. The yield of 'Summer Highland F<sub>1</sub>' was 24.9 t/ha and 'Suprin F<sub>1</sub>' 24.6 t/ha. Under the conditions of unstable soil moisture, hybrids 'Villi F<sub>1</sub>' and 'Sprinkin F<sub>1</sub>' appeared the most productive and ensured yield increase of 10.0 t/ha and 7.0 t/ha, respectively, compared to the control; and crop commercial quality was high. The highest percentage of dry matter (DM) content was in 'Summer Highland F<sub>1</sub>' (6.2%) followed by 'Sprinkin F<sub>1</sub>' (5.9%), which was 1.1% and 0.8% more than in the control. There was no significant difference between the values of the total sugars content over the variants. They ranged between 1.7 and 2.1%, which was similar to the control values. The content of nitrates in the cabbage heads of the studied Chinese cabbage hybrids was within the tolerance limit and amounted to 600 mg/kg (raw mass). **Conclusions.** Phenological observations of plant development and their biometric indices, depending on the varietal characteristics, indicate that under the conditions of unstable soil moisture, hybrids 'Villi F<sub>1</sub>' and 'Sprinkin F<sub>1</sub>' were more yielding and ensured yield increase of 10.0 t/ha and 7.0 t/ha, respectively, compared to the control. The crop commercial quality was high. The long growing season of 'Richi F<sub>1</sub>' (93 days) did not affect the crop quality and yield and demonstrated the lowest productivity compared to the control and the other experiment variants.

**Keywords:** cabbage head; biometric indicators; phenological observations; nitrate content, yield.

### Introduction

Nowadays olericulture is aimed at providing the population with fresh vegetables. The need for them is far from being fully satisfied, there is a poor assortment of vegetables both in the public and in the individual sector, the seasonality of fresh produce, low productivity and

product quality and a low percentage of its sale [1]. Chinese cabbage, as an early-ripe crop, is becoming more and more popular with consumers every year and, accordingly, its cultivation areas are increasing. The growing demand for chinese cabbage is due to the growing culture of its consumption by the population and its unique chemical composition. Chinese cabbage has a low energy value – 125 kJ/100 g of product, and heads rich in sugar – 1.5–3.8%, starch – up to 0.4%, fiber – up to 0.7–1.2%, calcium – 0.95%, phosphorus – 1.16%, potassium – 0.36%, and sodium – 0.16% [2]. In a short period, the plant forms nutritionally valuable greens. 100 g of fresh produce contains up to 1 g

Zoia Kovtuniuk

<https://orcid.org/0000-0001-6581-2315>

Viktoriiia Voitovska

<https://orcid.org/0000-0001-5538-461X>

Larysa Storozhyk

<https://orcid.org/0000-0003-1587-1477>

of protein, 0.3 g of fat, 250 mg of potassium, 0.9–1.3 mg of iron. The refined taste and aroma of its fresh leaves stimulates appetite, increases the ability to assimilate [3, 4].

Fifteen years ago in Ukraine Chinese cabbage leafy varieties called lettuce, prevailed; now head forming varieties of foreign breeding are mainly grown, which brought the culture of its consumption to the level of white cabbage with high productivity and product quality [5]. When choosing a variety or hybrid, one should take into account its resistance to bolting, a suitable growing period, and head weight. A variety as a biological system determines the degree of use of environmental and technogenic resources. Therefore, breeding under market conditions should respond specifically to the needs of the time and be aimed at drought tolerance, adaptability, early maturity, quality and a high low-threshold for the productivity of vegetable raw materials [6, 7].

Chinese cabbage is a promising early vegetable crop. In Ukraine, there is a small assortment of domestic varieties and hybrids of Chinese cabbage with a high potential for productivity of various ripeness groups, indicators of the quality of commodity and seed production that are resistant to diseases [5, 8]. Therefore, an important element of agricultural technology for the cultivation of Chinese cabbage is the selection of modern varieties and hybrids of the intensive type, high-yielding, resistant to bolting. Their diversity is much less than that of white cabbage and they differ mainly in the shape and weight of the head. Varieties and hybrids with elongated cylindrical heads are more popular.

Chinese cabbage is quite demanding on growing conditions, especially in greenhouses [7]. Market for its products is growing every year and is associated with a rich chemical composition, medicinal properties and long-term storage ability [1, 8].

One of the requirements for choosing is bolt-resistant varieties. Varieties and hybrids are divided into two groups according to the timing of cultivation, in particular, are recommended for spring and autumn cultivation. The size of the head of cabbage depends on the biological characteristics of the variety or hybrid and the density of sowing or seedling planting schemes. The mass of the head can vary from 1 to 5 kg or more, depending on the growing technology. Heads weighing 0.8–1.5 kg are more popular among consumers [1, 9, 10]. A characteristic feature of most hybrids is the ability of the leaves not to lose their dark green color even during prolonged storage.

In Ukraine, there is currently a tendency for cultivation of hybrids of domestic and foreign breeding, which is associated with the growing requirements of plant resistance to disease, yield and quality of production [2].

*The purpose* of the research is to study the economic and biological features and uncover the genetic potential of various hybrids of Chinese cabbage, depending on the climatic zone of cultivation.

### Materials and methods

The studies were carried out during 2017–2019 at the experimental field of the Department of Vegetable Growing of the Uman NUH on black soil podzolic heavy-loam, which was marked by a deep occurrence of carbonates (115–120 cm) and low content in the arable layer of humus (1.92–2.1%). According to the problem laboratory of the Uman NUH, the reaction of the soil solution was slightly acidic (pH 6.25), hydrolytic acidity of 2.46 mg-eq/100 g of soil, the content of mobile forms of phosphorus 280 mg/kg and potassium 278 mg/kg (according to Chirikov), nitrogen alkaline-hydrolyzed compounds (according to Kornfield) 105.7 mg/kg.

In 2017 the weather conditions were slightly different from perennial values. The spring was long and moderately warm with insufficient rainfall compared to annual average. Average air temperatures in March were 5.5 °C above the climate normals. Summer of 2017 was warm (average air temperature for the season was 20.9 °C, which is 2.6 °C above the climate normals), precipitation was 130.1 mm, that is 102.9 mm below the climate normals. The average air temperature in June, July and August was 20.0; 20.6 and 22.1 °C, what was 2.4; 1.6 and 3.9 °C above normal for the Right-Bank Forest Steppe. A feature of that summer was the average monthly August temperature, what was higher than July one. In 2018, the amount of precipitation was 680.6 mm, that is, 47.6 mm more than the climate normals, and the average air temperature by 2.3 °C exceeded the traditional long-term average and was 9.7 °C. The summer season was characterized by downpours. Thus, in June their number was only 41 mm, which was less by 46 mm of the climate normals, and in July and August they were by 27.8 and 29.1 mm less than the average values. In 2019 weather conditions were characterized by uneven rainfall and extremely high temperatures, especially in July, an abnormally hot last decade and extremely hot August with an excess of 37 °C. In general, the weather conditions during the years of re-

search were typical of the specified area of cultivation.

The object of the study was hybrids of Chinese cabbage of foreign breeding – ‘Pioneer F<sub>1</sub>’ (control), ‘Vili F<sub>1</sub>’, ‘Manoko F<sub>1</sub>’, ‘Orient Star F<sub>1</sub>’, ‘Vitimo F<sub>1</sub>’, ‘Sprinkin F<sub>1</sub>’, ‘Summer Highland F<sub>1</sub>’, ‘Suprin F<sub>1</sub>’, ‘Richi F<sub>1</sub>’, listed in the Register of plant varieties of Ukraine. All hybrids are suitable for cultivation in the Forest-Steppe zone. The average mass of the head is from 1.5 to 2.5 kg, they are characterized by high resistance to disease, bolting and high uniformity. The growing season lasts 60–85 days.

The container seedlings (40 days old) were planted in the middle of April according to the scheme 70 cm by 25 cm, i. e. 57.1 thousand plant/ha. The area of the accounting site was 21 m<sup>2</sup>. The experiment was laid out in a randomized block design with four replications. During the growing season of plants, their phenology was monitored, measurements were made, and analyzes were performed using conventional methods [10]. The content of dry soluble and insoluble substances, ascorbic acid, and nitrates was determined in finished products in laboratory conditions [11]. Plants were cared for in accordance with the requirements of this culture and research questions. They were wa-

tered as needed, hilled up, protected from pests and diseases; the soil in the aisles was loosened, weeds were removed. Statistical processing of the results was performed using computer software Excel and Statistica 6.0 [12].

## Results and discussion

Monitoring the rate of passage of the main phenological phases of Chinese cabbage showed that, having been planted within the same time frame seed germination was not simultaneous. The first sprouted seeds (4 days after seeding) belonged to hybrids ‘Vili F<sub>1</sub>’, ‘Manoko F<sub>1</sub>’, ‘Orient Star F<sub>1</sub>’ and ‘Summer Highland F<sub>1</sub>’. Seeds of the other hybrids started active germination on the 5–6 days after seeding. Even sprouts were in ‘Vili F<sub>1</sub>’ and ‘Summer Highland F<sub>1</sub>’ (95% germination). The beginning of head formation was observed in the second decade of May in all variants. The duration of the growing season over the course of research was influenced by the sum of effective air temperatures. According to this indicator, most of the hybrids were at the control level 61–62 days from seedlings, unlike ‘Richi F<sub>1</sub>’ hybrid, where the phase of head formation occurred on average 4 days later during the years of studies (Table 1).

Table 1

The duration of the interphase periods in hybrids of Chinese cabbage, days

Hybrids	Mass sprouts	Sprouts – the beginning of head formation	Sprouts – technical maturity
‘Pioneer F <sub>1</sub> ’ – control	5	62	90
‘Vili F <sub>1</sub> ’	4	62	89
‘Manoko F <sub>1</sub> ’	4	62	89
‘Orient Star F <sub>1</sub> ’	4	64	87
‘Vitimo F <sub>1</sub> ’	6	64	92
‘Summer Highland F <sub>1</sub> ’	4	62	89
‘Sprinkin F <sub>1</sub> ’	5	62	87
‘Suprin F <sub>1</sub> ’	6	61	85
‘Richi F <sub>1</sub> ’	5	66	93

‘Sprinkin F<sub>1</sub>’ hybrid (85 days after sprouting) entered the technical maturity stage early, 5 days faster than the control. The long growing season was observed in the ‘Richi F<sub>1</sub>’ hybrid – 93 days. The duration of the growing season in other variants was at the level of control.

In the phase of the beginning of head formation, plants of ‘Sprinkin F<sub>1</sub>’ hybrid (16.5 cm) were tall at the control level. This indicator was at the same level in hybrids ‘Vili F<sub>1</sub>’ and ‘Summer Highland F<sub>1</sub>’, respectively 15.7 and 15.5 cm. The lowest plant height was observed in hybrids ‘Richi F<sub>1</sub>’ (14.5 cm), which is explained by the varietal features of plants. In the technical ripeness phase, the plants differed between variants on this indicator. Thus, the plant height of ‘Pi-

oner F<sub>1</sub>’ hybrids (control), ‘Vili F<sub>1</sub>’ and ‘Summer Highland F<sub>1</sub>’ was almost the same, with a slight difference. Hybrid ‘Sprinkin F<sub>1</sub>’ (31.5 cm) had the highest growth force, the smallest was in ‘Richi F<sub>1</sub>’ hybrid (24.0 cm), which is 3.1 cm less than in the control. During the growing season the number of leaves in the rosette was determined in dynamics. In the phase of the beginning of head formation, more leaves were formed by the plants of hybrids ‘Vili F<sub>1</sub>’ and ‘Summer Highland F<sub>1</sub>’, respectively 13.5 and 13.0 pcs./plant, 2.6–3.1 more than in the control. The lowest number of leaves was observed in hybrid ‘Richi F<sub>1</sub>’ – 9.1 pcs./plant, less than in the control variant.

In the phase of technical maturity, the biggest leafage of plants was observed in hybrids ‘Vili F<sub>1</sub>’ and ‘Sprinkin F<sub>1</sub>’; on average over the

Table 2

## Quantitative indicators of the chinese cabbage harvest structure

Hybrids	Head diameter, cm	Head height, cm	Head mass, kg
'Pioneer F <sub>1</sub> ' – control	11.9	26.8	1.4
'Vili F <sub>1</sub> '	14.2	20.5	2.1
'Manoko F <sub>1</sub> '	12.8	19.8	1.9
'Orient Star F <sub>1</sub> '	13.0	20.4	2.0
'Vitimo F <sub>1</sub> '	12.7	22.1	2.3
'Summer Highland F <sub>1</sub> '	15.6	24.7	1.8
'Sprinkin F <sub>1</sub> '	11.8	22.8	1.3
'Suprin F <sub>1</sub> '	13.1	21.9	2.1
'Richi F <sub>1</sub> '	12.5	17.8	0.95
LSD <sub>0.05</sub>	0.3	0.5	0.4

years of research, the number of leaves was 21.7 and 21.4 pcs./plant, which was 1.6 and 1.3 pcs. more than in the control. Plants of hybrid 'Summer Highland F<sub>1</sub>' in this phase formed the smallest number of leaves 18.3 pcs., what was 1.8 pcs. less than in the control.

Fig. 1. Plants of the hybrid 'Summer Highland F<sub>1</sub>'

Qualitative indicators, on average, did not vary significantly over the years. In the structure of the commercial crop of Chinese cabbage, the height, weight and diameter of the heads were determined (Table 2). Analysis of the results showed that on average the highest height (14.2 and 15.6 cm) and the head weight (2.1 and 1.7 kg) were in hybrids 'Vili F<sub>1</sub>' and 'Summer Highland F<sub>1</sub>', respectively by 2.3 and 3.7 cm and 0.7 and 0.4 kg more than in the control, what had a positive effect on the value of gross product. 'Sprinkin F<sub>1</sub>' hybrid formed narrowed heads with a diameter of 11.8 cm, a height of 21.9 cm and a mass of 1.3 kg, which was almost at the level of the control. In hybrids 'Manoko F<sub>1</sub>', 'Orient Star F<sub>1</sub>', 'Vitimo F<sub>1</sub>', 'Suprin F<sub>1</sub>' the weight of the head was 1.9; 2.0; 2.3 and 2.1 kg respectively. The smallest weight was noted in hybrid 'Richi F<sub>1</sub>' – 0.95 kg, which was 0.45 kg less than in the control variant.

To assess the degree of maturity of the variety the beginning of production and the value of the crop is of great importance. According to the results of research, the technical maturity of Chinese cabbage hybrids occurred in the first decade of June. The heads were cut with a knife at a minimum mass of 250–300 g.

On average, during the study period, high commercial yields of heads were obtained in hybrids 'Vili F<sub>1</sub>' (31.7 t/ha) and 'Sprinkin F<sub>1</sub>' (28.7 t/ha), which were 10.0 and 7.0 t/ha more

than in the control (Table 3, Fig. 2). The yields of 'Summer Highland F<sub>1</sub>' (24.9) and 'Suprin F<sub>1</sub>' (24.6 t/ha) hybrids were significantly lower. The low yield of marketable products is due to the lower resistance of plants to higher temperatures in the late spring, which led to the formation of loose and smaller heads. 'Monoko F<sub>1</sub>' and 'Vitimo F<sub>1</sub>' hybrids had almost identical yields, which were +1.2 and +1.5 t/ha, respectively.

Fig. 2. Cabbage head of hybrid 'Sprinkin F<sub>1</sub>'

Depending on the weather conditions, the yield of Chinese cabbage hybrids varied separately by year. On average, in the years of research, the greatest increase to control was in hybrids 'Vili F<sub>1</sub>' and 'Sprinkin F<sub>1</sub>'. The control variant 'Pioneer F<sub>1</sub>' had the lowest yield – 21.7 t/ha on average during the years of research.

Table 3

## Commodity yield of Chinese cabbage hybrids

Hybrids	Commodity yield, t/ha				± to control
	2017	2018	2019	mean	
'Pioneer F <sub>1</sub> ' – control	22.0	21.4	21.8	21.7	–
'Vili F <sub>1</sub> '	35.2	29.5	30.5	31.7	+10.0
'Manoko F <sub>1</sub> '	23.1	22.7	23.0	22.9	+1.2
'Orient Star F <sub>1</sub> '	23.5	24.3	24.6	24.1	+2.4
'Vitimo F <sub>1</sub> '	23.4	23.2	23.0	23.2	+1.5
'Summer Highland F <sub>1</sub> '	25.5	24.4	24.8	24.9	+3.2
'Sprinkin F <sub>1</sub> '	30.6	28.3	27.4	28.7	+7.0
'Suprin F <sub>1</sub> '	26.1	24.2	23.7	24.6	+2.9
'Richi F <sub>1</sub> '	21.9	21.7	22.3	20.9	+0.2
LSD <sub>0.05</sub>	1.4	1.7	1.2	1.5	–

Studies have also shown that Chinese cabbage yields differed not only in biometrics but also in chemical composition. The obtained

results indicate that the highest soluble solids content was in the heads of 'Summer Highland F<sub>1</sub>' hybrids (6.2%) and 'Sprinkin F<sub>1</sub>' (5.9%), what was 1.1 and 0.8% more than in the control, respectively. There was no significant difference in the amount of sugars over the variants, this indicator was at the level of control (1.7–2.1%). The content of ascorbic acid was in the range of 38.6–45.0 mg, this indicator was in hybrid 'Vili F<sub>1</sub>' – 45.0 mg, which is 6.4 mg more than in the control. The content of nitrates in the cabbage heads of the studied Chinese cabbage hybrids was within the tolerance limit and amounted to 600 mg/kg (fresh mass) and ranged from 350 mg/kg in 'Summer Highland F<sub>1</sub>' hybrid to 465 mg/kg wet weight in 'Vili F<sub>1</sub>' hybrid (Table 4).

Table 4

## Biochemical composition of Chinese cabbage heads

Hybrids	Content in heads			Sum of sugars, %
	soluble dry matter, %	ascorbic acid, mg	nitrates, mg/kg	
'Pioneer F <sub>1</sub> ' – control	5.1	38.6	498	1.7
'Vili F <sub>1</sub> '	5.5	45.0	465	2.1
'Manoko F <sub>1</sub> '	5.2	41.1	421	1.8
'Orient Star F <sub>1</sub> '	5.2	40.8	453	1.8
'Vitimo F <sub>1</sub> '	5.4	41.0	445	1.7
'Summer Highland F <sub>1</sub> '	6.2	41.6	350	2.0
'Sprinkin F <sub>1</sub> '	5.9	42.1	411	1.8
'Suprin F <sub>1</sub> '	5.0	41.4	468	1.9
'Richi F <sub>1</sub> '	5.2	40.7	457	1.7

Therefore, under the conditions of unstable soil moisture, hybrids 'Vili F<sub>1</sub>' and 'Sprinkin F<sub>1</sub>' appeared the most productive and ensured yield increase of 10.0 t/ha and 7.0 t/ha, respectively, compared to the control; and the production was of high commercial quality.

## Conclusion

Monitoring the rate of passage of the main phenological phases of Chinese cabbage showed that, having been planted within the same time frame seed germination was not simultaneous. The first sprouted seeds (4 days after seeding) belonged to hybrids 'Vili F<sub>1</sub>', 'Manoko F<sub>1</sub>', 'Orient Star F<sub>1</sub>' and 'Summer Highland F<sub>1</sub>'. Seeds of the other hybrids started active germination on the 5–6 days after seeding. 'Sprinkin F<sub>1</sub>' hybrid entered the phase of technical ripeness earlier (85 days after germination), which was 5 days faster than in the control. A long vegetation period was observed in the hybrid 'Richi F<sub>1</sub>' – 93 days. The duration of the growing season in other hybrids was at the control level.

The biometric indicators of cabbage showed that in the phase of the beginning of head for-

mation plants of 'Sprinkin F<sub>1</sub>' hybrid (16.5 cm) were the highest, at the control level. This indicator was at the same level in 'Vili F<sub>1</sub>' and 'Summer Highland F<sub>1</sub>' hybrids, respectively 15.7 and 15.5 cm. The lowest plant height was observed in 'Richi F<sub>1</sub>' hybrid (14.5 cm), due to varietal characteristics of plants.

In the phase of technical maturity, the biggest leafage of plants was observed in hybrids 'Vili F<sub>1</sub>' and 'Sprinkin F<sub>1</sub>'; on average over the years of research, the number of leaves was 21.7 and 21.4 pcs./plant, which was 1.6 and 1.3 pcs. more than in control. Plants of hybrid 'Summer Highland F<sub>1</sub>' in this phase formed the smallest number of leaves 18.3 pcs., what was 1.8 pcs. less than in the control.

The highest commodity crop of heads was obtained for the hybrids 'Vili F<sub>1</sub>' (31.7 t/ha) and Sprinkin F1 (28.7 t/ha), which was 10.0 and 7.0 t/ha more than in the control. The yields of 'Summer Highland F<sub>1</sub>' hybrids were significantly lower – 24.9 and the 'Suprin F<sub>1</sub>' – 24.6 t/ha.

The highest soluble solids content was in the heads of hybrids 'Summer Highland F<sub>1</sub>' (6.2%) and 'Sprinkin F<sub>1</sub>' (5.9%), which was 1.1 and

0.8% more than in the control. By the amount of sugars, there was no significant difference between the options; this indicator was at the control level (1.7–2.1%). The nitrate content in the heads of the studied hybrids of Chinese cabbage was within the permissible norm and amounted to 600 mg/kg of wet weight.

## References

- Chernetskyi, V. M., & Shvydkyi, P. A. (2016). Vegetable growing in Ukraine: state, problems, prospects. In *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo: istorychni aspekty, suchasnyi stan, problemy i perspektyvy rozvytku: materialy IV Mizhnarodnoi naukovo praktychnoi konferentsii* [Vegetables and melons: historical aspects, current status, problems and prospects for development: materials of the IV International Scientific and Practical Conference] (Vol. 2, pp. 168–175). March 12–13, 2018, Kruty, Ukraine. [in Ukrainian]
- Puzik, L. M., Koltunov, V. A., Romanov, O. V., Bondarenko, V. A., Haiova, L. O., & Shcherbyna, E. (2015). *Kapustiani ovochi. Tekh nolohiia vyroshchuvannia i zberihannia* [Cabbage vegetables. Growing and storage technology]. Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]
- Reza, M. S., Islam, A. K. M. S., Rahman, M. A., Miah, M. Y., Akhter, S., & Rahman, M. M. (2016). Impact of organic fertilizers on yield and nutrient uptake of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *J. Sci. Technol. Environ. Inform.*, 3(2), 231–244. doi: 10.18801/jstei.030216.26
- Park, C. H., Yeo, H. J., Park, S. Y., Kim, J. K., & Park, S. U. (2019). Comparative phytochemical analyses and metabolic profiling of different phenotypes of chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*). *Foods*, 8(11), 587. doi: 10.3390/foods8110587
- Khareba, O. V. (2016). Aspects of scientific support of organic production of low spread vegetable plants in Ukraine. In *Stan ta perspektyvy rozvytku vyrobnytstva orhanichnoi produktsii: materialy Mizhnarodnoi naukovo praktychnoi konferentsii* [Status and Prospects of Organic Production Production: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference] (pp. 156–117). July 20, 2016, Seleksiine, Kharkiv region, Ukraine. [in Ukrainian]
- Yarovy, H. I., & Nehreba, M. S. (2015). Hybrids crop capacity of pekingese cabbage suitable for growing in the conditions of left bank Forest Steppe of Ukraine. *Visnik HNAU. Seriâ Roslinnytstvo, selekciâ i nasinnictvo, plodoovočivnytstvo i zberigannâ* [The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Crop Production, Breeding and Seed Production, Horticulture], 2, 126–132. [in Ukrainian]
- Chuan L., Zheng, H., Sun, S., Wang, A., Liu, J., Zhao, T., & Zhao, J. A. (2019). Sustainable Way of Fertilizer Recommendation Based on Yield Response and Agronomic Efficiency for Chinese Cabbage. *Sustainability*, 11(16), 4368. doi: 10.3390/su11164368
- Wei, Y., Li, F., Zhang, S., Zhang, S., Zhang, H., & Sun, R. (2018). Characterization of Interspecific Hybrids between Flowering Chinese Cabbage and Chinese Kale. *Agronomy*, 8(11), 258. doi: 10.3390/agronomy8110258
- Jeongyeo, L., Young Hee, N., Kun Hyang, P., Dae Soo, K., Han, T. J., Haeng Soon, L., Sung, R., & HyeRan, K. (2016). Environmentally friendly fertilizers can enhance yield and bioactive compounds in Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*). *Turk. J. Agr. For.*, 43(2), 138–150. doi: 10.3906/tar 1807 28
- Xiang, Y. Y., Huang, Y. X., Huang, C. Y., Liu, L. S., Long, Q., & Long, H. Yu. (2018). Influence of different water supply negative pressure on growth and main physiological indexes of Chinese cabbage. *J. Agric. Sci. Technol. (Beijing)*, 20(8), 16–22. doi: 10.13304/j.nykjdb.2017.0779
- Su, T., Li, P., Wang, H., Wang, W., Zhao, X., Yangjun, Y., Shuan cang, Y., & Fenglan, Z. (2019). Natural variation in a calreticulin gene causes reduced resistance to Ca<sup>2+</sup> deficiency induced tipburn in Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*). *Plant Cell Environ.*, 42(11), 3044–3060. doi: 10.1111/pce.13612
- Yarovy, H. I., & Nehreba, M. S. (2016). Influence of feeding area on yield of Beijing Suprin F<sub>1</sub> cabbage in conditions of Left Bank Forest Steppe of Ukraine. *Visnik HNAU. Seriâ Roslinnytstvo, selekciâ i nasinnictvo, plodoovočivnytstvo i zberigannâ* [The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Crop Production, Breeding and Seed Production, Horticulture], 1, 152–158. [in Ukrainian]
- Bondarenko, H. L., & Yakovenko, K. I. (Eds.). (2001). *Metodyka doslidnoï spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi* [Methods of conducting experiments in vegetable and melon growing]. (3<sup>rd</sup> ed., rev.). Kharkiv: Osnova. [in Ukrainian]
- Hrytsaienko, Z. M., Hrytsaienko, A. O., & Karpenko, V. P. (2003). *Metody biologichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv* [Methods of biological and agrochemical research of plants and soil]. Z. M. Hrytsaienko (Ed.). Kyiv: Nichlava. [in Ukrainian]
- Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6.0* [Statistical analysis of agronomic study data using the Statistica 6.0 software suite]. Kyiv: PolihrafKonsaltnh. [in Ukrainian]

## Використана література

- Чернецький В. М., Швидкий П. А. Овочівництво України: стан, проблеми, перспективи розвитку. *Овочівництво і баштанництво: історичні аспекти, сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку* : матер. IV Міжнар. наук. практ. конф. (с. Крути, 12–13 березня 2018 р.). Обухів, 2018. Т. 2. С. 168–175.
- Пузік Л. М., Колтунов В. А., Романов О. В. та ін. Капустяні овочі. Технологія вирощування і зберігання. Харків, 2015. 374 с.
- Reza M. S., Islam A. K. M. S., Rahman M. A. et al. Impact of organic fertilizers on yield and nutrient uptake of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *J. Sci. Technol. Environ. Inform.* 2016. Vol. 3, Iss. 2. P. 231–244. doi: 10.18801/jstei.030216.26
- Park C. H., Yeo H. J., Park S. Y. et al. Comparative phytochemical analyses and metabolic profiling of different phenotypes of chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*). *Foods*. 2019. Vol. 8, Iss. 11. 587. doi: 10.3390/foods8110587
- Хареба О. В. Аспекти наукового забезпечення органічного виробництва малопоширених овочевих рослин в Україні. *Стан та перспективи розвитку виробництва органічної продукції* : матер. Міжнар. наук. практ. конф. (сел. Селекційне, Харківська обл., 20 липня 2016 р.). Харків, 2016. С. 117–124.
- Яровий Г. І., Негреба М. С. Урожайність гібридів капусти пекінської, придатних до вирощування в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ХНАУ. Сер. : Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво*. 2015. Вип. 2. С. 126–132.
- Chuan L., Zheng H., Sun S. et al. Sustainable Way of Fertilizer Recommendation Based on Yield Response and Agronomic Efficiency for Chinese Cabbage. *Sustainability*. 2019. Vol. 11, Iss. 16. 4368. doi: 10.3390/su11164368
- Wei Y., Li F., Zhang S. et al. Characterization of Interspecific Hybrids between Flowering Chinese Cabbage and Chinese Kale. *Agronomy*. 2018. Vol. 8, Iss. 11. 258. doi: 10.3390/agronomy8110258
- Jeongyeo L., Young Hee N., Kun Hyang P. et al. Environmentally friendly fertilizers can enhance yield and bioactive compounds in Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*). *Turk. J. Agr. For.* 2019. Vol. 43, Iss. 2. P. 138–150. doi: 10.3906/tar 1807 28
- Xiang Y. Y., Huang Y. X., Huang C. Y. et al. Influence of different water supply negative pressure on growth and main physiological indexes of Chinese cabbage. *J. Agric. Sci. Technol. (Beijing)*. 2018. Vol. 20, Iss. 8. P. 16–22. doi: 10.13304/j.nykjdb.2017.0779
- Su T., Li P., Wang H. et al. Natural variation in a calreticulin gene causes reduced resistance to Ca<sup>2+</sup> deficiency-induced tipburn

- in Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*). *Plant Cell Environ.* 2019. Vol. 42, Iss. 11. P. 3044–3060. doi: 10.1111/pce.13612
12. Яровий Г. І., Негреба М. С. Вплив площі живлення на урожайність капусти пекинської Супрін F<sub>1</sub> в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ХНАУ. Сер. : Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво.* 2016. Вип. 1. С. 152–158.
13. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. 3-тє вид., пер. і доп. Харків : Основа, 2001. 369 с.
14. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / за ред. З. М. Грицаєнко. Київ : Нічлава, 2003. 320 с.
15. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.

УДК 631.544.7:582.683.211.6

**Ковтунюк З. І.<sup>1</sup>, Войтовська В. І.<sup>2</sup>, Сторожик Л. І.<sup>2</sup>** Господарсько біологічна оцінка гібридів капусти пекинської [*Brassica rapa* L. var. *pekinensis* (Lour.) Kitam.] за вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України // *Plant Varieties Studying and Protection.* 2020. Т. 16, № 1. С. 40–47. <https://doi.org/10.21498/25181017.16.1.2020.201026>

<sup>1</sup>Уманський національний університет садівництва, вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., 20305, Україна, e mail: kovpetfom@ukr.net

<sup>2</sup>Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна

**Мета.** Дослідити господарсько біологічні особливості та розкрити генетичний потенціал різних гібридів капусти пекинської залежно від кліматичної зони вирощування. **Методи.** Варіантами досліду були гібриди капусти пекинської 'Pioneer F<sub>1</sub>' (контроль), 'Vili F<sub>1</sub>', 'Manoko F<sub>1</sub>', 'Orient Star F<sub>1</sub>', 'Vitimo F<sub>1</sub>', 'Sprinkin F<sub>1</sub>', 'Summer Highland F<sub>1</sub>', 'Suprin F<sub>1</sub>', 'Richi F<sub>1</sub>'. Площа облікової ділянки 21 м<sup>2</sup>. Дослід закладався в чотирьох повтореннях, досліджувані варіанти розміщували методом рендомізованих блоків. Касетну розсаду віком 40 діб висаджували в другій декаді квітня за схемою 70 × 25 см. **Результати.** За одного строку сівби у гібридів сходи з'являлись неодноразово і перші відмічено у гібридів 'Vili F<sub>1</sub>', 'Manoko F<sub>1</sub>', 'Orient Star F<sub>1</sub>' та 'Summer Highland F<sub>1</sub>' – на 4 добу після сівби, а у решти – масові сходи спостерігали дещо пізніше, на 5–6 добу після сівби. Найвищий товарний врожай головок одержали у гібридів 'Vili F<sub>1</sub>' (31,7 т/га) та 'Sprinkin F<sub>1</sub>' (28,7 т/га), що на 10,0 і 7,0 т/га більше, ніж у контролі. Істотно нижчою була врожайність у гібридів 'Summer Highland F<sub>1</sub>' – 24,9 і 'Suprin F<sub>1</sub>' – 24,6 т/га. В умовах нестійкого зволоження врожайнішими були гібриди 'Vili F<sub>1</sub>' та 'Sprinkin F<sub>1</sub>', які забезпечили приріст урожаю до контролю

10,0 і 7,0 т/га, а продукція була високої товарної якості. Найвищий відсоток сухих розчинних речовин був у головках гібридів 'Summer Highland F<sub>1</sub>' (6,2%) і 'Sprinkin F<sub>1</sub>' (5,9%), що на 1,1 і 0,8% більше за контроль. За сумою цукрів не відмічено істотної різниці між варіантами, даний показник був на рівні контролю (1,7–2,1%). Уміст нітратів у головках досліджуваних гібридів капусти пекинської був у межах допустимої норми – 600 мг/кг сирової маси. **Висновки.** Фенологічні спостереження за розвитком рослин та їхні біометричні показники залежно від сортових особливостей вказують, що в умовах нестійкого зволоження врожайнішими були гібриди 'Vili F<sub>1</sub>' та 'Sprinkin F<sub>1</sub>', які забезпечили приріст урожаю до контролю 10,0 і 7,0 т/га, а продукція була високої товарної якості. Тривалий період вегетації у гібриду 'Richi F<sub>1</sub>' – 93 доби, не вплинув на якість і врожайність та забезпечив найнижчі показники відносно контрольного і досліджуваних варіантів.

**Ключові слова:** головка; біометричні показники; фенологічні спостереження; вміст нітратів; урожайність.

УДК 631.544.7:582.683.211.6

**Ковтунюк З. І.<sup>1</sup>, Войтовская В. И.<sup>2</sup>, Сторожик Л. И.<sup>2</sup>** Хозяйственно биологическая оценка гибридов капусты пекинской [*Brassica rapa* L. var. *pekinensis* (Lour.) Kitam.], выращенных в условиях Правобережной Лесостепи Украины // *Plant Varieties Studying and Protection.* 2020. Т. 16, № 1. С. 40–47. <https://doi.org/10.21498/25181017.16.1.2020.201026>

<sup>1</sup>Уманский национальный университет садоводства, ул. Институтская, 1, г. Умань, Черкасская обл., 20305, Украина, e mail: kovpetfom@ukr.net

<sup>2</sup>Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина

**Цель.** Исследовать хозяйственно биологические особенности и раскрыть генетический потенциал различных гибридов капусты пекинской в зависимости от климатической зоны выращивания. **Методы.** Вариантами опыта были гибриды капусты пекинской 'Pioneer F<sub>1</sub>' (контроль), 'Vili F<sub>1</sub>', 'Manoko F<sub>1</sub>', 'Orient Star F<sub>1</sub>', 'Vitimo F<sub>1</sub>', 'Sprinkin F<sub>1</sub>', 'Summer Highland F<sub>1</sub>', 'Suprin F<sub>1</sub>', 'Richi F<sub>1</sub>'. Площадь учетного участка 21 м<sup>2</sup>. Опыт закладывался в четырех повторениях, исследуемые варианты размещали методом рендомизированных блоков. Кассетную рассаду в возрасте 40 суток высаживали во второй декаде апреля по схеме 70 × 25 см. **Результаты.** В один срок посева у гибридов всходы появлялись не одновременно и первые отмечены

у гибридов 'Vili F<sub>1</sub>', 'Manoko F<sub>1</sub>', 'Orient Star F<sub>1</sub>' и 'Summer Highland F<sub>1</sub>' – на 4 сутки после посева, а в остальных – массовые всходы наблюдались несколько позже, на 5–6 сутки после посева. Самый высокий товарный урожай головок получили у гибридов 'Vili F<sub>1</sub>' (31,7 т/га) и 'Sprinkin F<sub>1</sub>' (28,7 т/га), что на 10,0 и 7,0 т/га больше, чем в контроле. Существенно ниже была урожайность у гибридов 'Summer Highland F<sub>1</sub>' – 24,9 и 'Suprin F<sub>1</sub>' – 24,6 т/га. В условиях неустойчивого увлажнения более урожайными были гибриды 'Vili F<sub>1</sub>' и 'Sprinkin F<sub>1</sub>', которые обеспечили прирост урожая к контролю 10,0 и 7,0 т/га, а продукция имела высокое товарное качество. Самый высокий процент сухих растворимых веществ установлен в головках гибридов

'Summer Highland F<sub>1</sub>' (6,2%) и 'Sprinkin F<sub>1</sub>' (5,9%), что на 1,1 и 0,8% больше контроля. По сумме сахаров не отмечено существенной разницы между вариантами, данный показатель был на уровне контроля (1,7–2,1%). Содержание нитратов в головках исследуемых гибридов капусты пекинской было в пределах допустимой нормы 600 мг/кг сырой массы. **Выводы.** Фенологические наблюдения за развитием растений и их биометрические показатели в зависимости от сортовых особенностей указывают, что в условиях неустойчивого увлажнения более урожайными

были гибриды 'Vili F<sub>1</sub>' и 'Sprinkin F<sub>1</sub>', которые обеспечили прирост урожая к контролю 10,0 и 7,0 т/га, а продукция была высокого товарного качества. Длительный период вегетации у гибрида 'Richi F<sub>1</sub>' – 93 суток не повлиял на качество и урожайность культуры и обеспечил низкие показатели относительно контрольного и исследуемых вариантов.

**Ключевые слова:** качан; биометрические показатели; фенологические наблюдения; содержание нитратов; урожайность.

Надійшла / Received 22.01.2020  
Погоджено до друку / Accepted 04.03.2020



# Характеристика біохімічного складу плодів нових сортів *Malus domestica* Borkh.

І. В. Гончаровська\*, С. В. Клименко, В. В. Кузнецов

Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України, вул. Тимірязєвська, 1, м. Київ, 01014, Україна,  
\*e mail: Inna\_Lera@ukr.net

**Мета.** Визначити вміст біохімічних сполук у плодах сорто зразків *M. domestica* Borkh., відібрати найперспективніші для використання у подальшій селекції та рекомендувати для застосування у різних напрямках, враховуючи комплекс біохімічних ознак, смакові і товарні якості плодів. **Методи.** Використовували загальноприйняті методики визначення біохімічного складу плодів: розчинні сухі речовини – за ГОСТ 29030 91; загальні цукри – за ГОСТ 8756 13.87; поліфенольний склад – за методикою Л. И. Вигорова (1968); вітамін С – за методикою А. И. Ермакова та ін. (1972); титровані кислоти – за ГОСТ 25555.0 82. **Результати.** Було проаналізовано дев'ять сортозразків яблуні за біохімічним складом плодів, а саме сорт яблуні 'Видубицька плакуча' ('В. п.') та створені на її основі різні гібриди із колекції відділу акліматизації плодів рослин Національного ботанічного саду (НБС) імені М. М. Гришка НАН України. Плоди збирали за їхньої комерційної зрілості. Добрані форми є джерелами 1–5 важливих біохімічних ознак (вміст сухих речовин, глюкози, цукрів, аскорбінової кислоти, титрованої кислоти) і перспективні для використання у селекції. За вмістом сухої речовини найнижчий показник було виявлено у гібрида 'В. п.' × 'Ренет Симиренко' (16,68%), найвищий – у гібрида 'В. п.' × 'Ренет оранжевий Кокса' (22,87%), показники вмісту аскорбінової кислоти варіювали в межах 6,0–12,25 мг%, загальні цукри – 10,37–18,23, кислоти – 0,74–1,67, відповідно. Найцікавішими для інтродукції та селекції були гібриди із найвищим комплексом вмісту біохімічних показників, а саме: 'В. п.' × 'Ренет оранжевий Кокса', 'В. п.' × 'Голден Делішес' та 'В. п.' × 'Пармен зимовий золотий'. **Висновки.** Охарактеризовано вміст біохімічного складу плодів, їхні смакові і товарні якості і розподілено сортозразки гібридів яблуні 'Видубицька плакуча' за напрямками використання для покращення якості життя населення. За біохімічними показниками у результаті кластерного аналізу досліджених гібридів яблуні було виявлено щільні взаємозв'язки, які необхідні у майбутньому для селекції під час відбору батьківських форм на поліпшений біохімічний склад плодів (зокрема, за високим умістом сухої речовини виділено гібриди 'В. п.' × 'Ренет оранжевий Кокса', 'В. п.' × 'Голден Делішес' та 'В. п.' × 'Пармен зимовий золотий'; за вмістом титрованих кислот – гібриди 'В. п.' × 'Старкримсон', 'В. п.' × 'Пармен зимовий золотий' та 'В. п.' × 'Ренет Симиренко'; за вмістом дубильних речовин – гібриди 'В. п.' × 'Слава Переможця' та 'В. п.' × 'Старкримсон') та для розширення сортименту яблунь за запланованими комерційними ознаками. Створені у НБС гібриди сорту яблуні 'Видубицька плакуча' з використанням старих та цінних сучасних сортів яблуні свідчать про перспективність отримання високоврожайних, великоплідних сортів з високим умістом біологічно активних речовин.

**Ключові слова:** *Malus*; сорт яблуні 'Видубицька плакуча'; гібриди; біохімічний склад плодів.

## Вступ

На сьогодні існує новий етап в селекції, який пов'язаний з цілеспрямованими ступінчастими (складними) схрещуваннями, коли кращі сіянці від простих схрещувань використовують в гібридизації між собою або з сортами, плоди яких мають високий уміст біохімічних показників [6].

Сучасний ринок висуває підвищені вимоги до якості продукції і, зокрема, плодової. До уваги приймають не лише високі товарні, смакові і технологічні властивості, а й уміст у плодах поживних і біологічно активних речовин, які беруть активну участь в метабо-

лізмі людського організму [4, 7, 14]. У зв'язку з цим важливо виділити з існуючих генотипів і створити нові генотипи плодів рослин, що вирізнятимуться не тільки високою продуктивністю, стійкістю до хвороб, стресових чинників, а й забезпечуватимуть отримання якісних плодів з підвищеним умістом природних антиоксидантів та інших біологічно активних сполук [2, 5].

Яблуня – цінна харчова рослина, яку широко використовують в промисловому й аматорському садівництві, є четвертою плодовою культурою за споживанням населенням після всіх цитрусових (85 млн т), винограду (56 млн т) і бананів (53 млн т). Світове виробництво яблук на 2016 рік становило близько 49 млн т [11].

Історія створення місцевих сортів яблуні у кожній країні і регіонах нараховує століття, вони адаптовані до умов зростання, їх зберігають як національне багатство «in garden», вони мають велике значення для викорис-

Inna Goncharovska

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_9949\\_7541](https://orcid.org/0000_0002_9949_7541)

Svetlana Klymenko

[https://orcid.org/0000\\_0001\\_6468\\_741X](https://orcid.org/0000_0001_6468_741X)

Volodymyr Kuznyetsov

[https://orcid.org/0000\\_0001\\_9966\\_586X](https://orcid.org/0000_0001_9966_586X)

тання у селекції як цінний вихідний матеріал у створенні нових адаптованих, високоякісних сортів.

Хімічний склад яблук дуже складний. Уміст органічних сполук у плодах залежить від сорту яблуні, їхньої стиглості, фізіологічного стану дерева, ґрунту і погодних умов вегетаційного періоду. Кожен сорт має свій типовий хімічний склад з численних органічних і неорганічних сполук, макро- і мікробіогенних елементів. Найтипівішими біохімічними сполуками яблук є: загальні цукри, кислоти, пектин, дубильні речовини, крохмаль, целюлоза, вітаміни, ферменти і фітогормони, хімічні елементи – азот, фосфор, калій, кальцій, сірка, залізо і магній [13, 17, 21].

Яблука є частиною всіх харчових дієт і їхнє лікувальне значення добре відоме за різних захворювань (виведення токсинів, сечогінний ефект і т. ін.). Уміст цукру – важлива якісна характеристика, яка безпосередньо сприймається споживачами свіжих яблук. Органічні кислоти – компонент плодового смаку і разом з розчинними цукрами і ароматом сприяють загальній органолептичній якості свіжих яблук. Малинова кислота є органічною кислотою, що переважає в яблуках [10, 20]. Яблучна кислота – основний компонент плодів, вона допомагає підтримувати печінку в здоровому стані, що необхідно для процесу травлення. Деякі органічні кислоти сприяють зниженню постпрандіальної глюкози в крові, нормалізуючи рівень інсуліну. Доступні дані стосуються глікемічних властивостей плодів яблук, які становлять 30–38 мг/100 г, тобто мають низький глікемічний індекс [16, 19].

Останнім часом споживачів більше цікавить уміст корисних для здоров'я сполук у яблуках завдяки їхній антиоксидантній активності. Плоди яблук і особливо, їхня шкірочка, володіють потужною антиоксидантною активністю і впливають на пригнічення та розвиток ракових клітин печінки і товстої кишки [15]. За даними J. Boyer [18] загальна антиоксидантна активність яблук із шкірочкою становила приблизно 200–300 мг/100 г сухої речовини, це означає, що антиоксидантна активність 100 г яблук (одне яблуко) еквівалентна приблизно 1500 мг вітаміну С. Однак, уміст вітаміну С у яблуках дуже низький – у 100 г близько 5,7 мг, тобто 0,4% від загальної антиоксидантної активності.

### Матеріали та методика досліджень

Сортозразки яблунь досліджували у 2018–2019 рр. в умовах помірного клімату

Лісостепу України на сировинній базі НБС ім. М. М. Гришка НАН України (НБС), сад розташований у Печерському районі міста Києва.

Для дослідження біохімічного складу сортозразків колекції НБС було обрано сорт яблуні 'Видубицька плакуча' та створені на її основі вісім гібридів. Сорт яблуні 'Видубицька плакуча' у 2018 році передано на експертизу для внесення до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Біохімічний аналіз плодів було зроблено у листопаді 2018–2019 рр., для дослідження відбирали по 20 плодів яблук кожного сортозразка. Плоди були зібрані із різних боків крони дерева за оптимального терміну дозрівання, їх зберігали за температури 1–3 °С і 85% відносної вологості.

Використовували загальноприйняті методи визначення біохімічного складу плодів (розчинні сухі речовини (РСР) – за ГОСТ 29030-91; загальні цукри – за ГОСТ 8756-13.87; поліфенольний склад – за методикою Л. І. Вігорова [1]; вітамін С – за методикою А. І. Єрмакова [19]; титровані кислоти – за ГОСТ 25555.0-82).

Статистичну обробку даних проводили за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 10, кластерний аналіз – Statistica 10.

### Результати досліджень

У колекції відділу акліматизації плодів рослин НБС нараховують близько 155 культурних сортів яблунь, які використовують як харчові, а також декоративні форми – гібриди між сортами *Malus domestica* Borkh.

Об'єктами дослідження слугували сорт яблуні 'Видубицька плакуча' ('В. п.') та гібриди, створені на її основі. У зв'язку з тим, що це сортозразки селекції НБС, характеристику біохімічного складу плодів було зроблено вперше.

У другій половині ХХ ст. науковими співробітниками НБС на території Видубицького Михайлівського монастиря, розташованого поряд із НБС, було знайдено сорт яблуні, який назвали 'Видубицька плакуча'.

Сорт яблуні 'Видубицька плакуча' – це синонім стародавнього сорту 'Еліза Ратке', інтродукованого до всесвітньовідомого розсадника Л. П. Симиценка наприкінці ХІХ ст. Було встановлено, що за морфологічними, помологічними та господарськими ознаками сорт яблуні 'Видубицька плакуча' є аналогом сорту яблуні 'Еліза Ратке', який було виведено селекціонером А. Дюрингом наприкінці ХІХ ст. у м. Ельбінг (Німеччина) і про-

дано пепін'еристу Францу Ратке (який назвав його 'Еліза Ратке'). У XIX ст. поширився в Європі [9].

Із розсадника Л. П. Симиренка 'Елізу Ратке' розповсюдили і в Україні у різних розсадниках і, зокрема, вона потрапила до монастирів, які інтенсивно займалися садівництвом. Очевидно з часом 'Елізу Ратке' загубили, проте зберегли у Видубицькому монастирі, де її й було знайдено співробітниками НБС.

Терещенко Т. П., Кузнецов В. В. під керівництвом І. М. Шайтана у 1971 році та упродовж 5 років використовували для гібридизації сорт яблуні 'Видубицька плакуча' з сортами *M. domestica* для отримання продуктивних, декоративних, низькорослих, тривалоквітучих, сланких форм яблуні.

На початковій стадії гібридизацію провели із 17 комбінаціями сорту 'Видубицька плакуча' × *M. domestica*, в результаті схрещування було одержано 15 плодів – 5,6% від загальної кількості, достигло ще менше – 3,0%, з яких було отримано 65 насінин. Упродовж всіх етапів гібридизації із сіянців було відібрано 62 гібриди різного генетичного походження. На сьогодні гібриди вступили у генеративну фазу і необхідно оцінити біохімічний склад плодів аби виявити най-

цікавіші з них для подальшого використання за різними напрямками.

Біохімічний склад плодів – доволі стала сортова ознака, яка змінюється лише в окремих сортів за дуже різких змін метеоумов вегетаційного періоду.

Плоди яблунь з високим умістом сухих речовин – відмінна сировина для виробництва фруктових порошків, за високого їхнього вмісту відмічено вищий вихід готової продукції і менші енергетичні витрати на видалення вологи [4]. Для виробництва сухофруктів у плодах має бути підвищений вміст (14–16%) сухих розчинних речовин, а дубильних – якомога менше, аби яблука не темніли на розрізі [1].

Одним із головних біохімічних елементів у формуванні смаку плодів яблук вважається титрована кислотність [12]. Смак плодів у свіжому вигляді визначають за співвідношенням цукрів і кислот. У яблук з оптимально збалансованим умістом цих речовин цукрово-кислотний індекс (ЦКІ) становить 16–30 [6]. Споживачі мають різні уподобання щодо кислотності та цукристості яблук, тому баланс ЦКІ наразі є важливим показником для споживання яблук у свіжому вигляді [11].

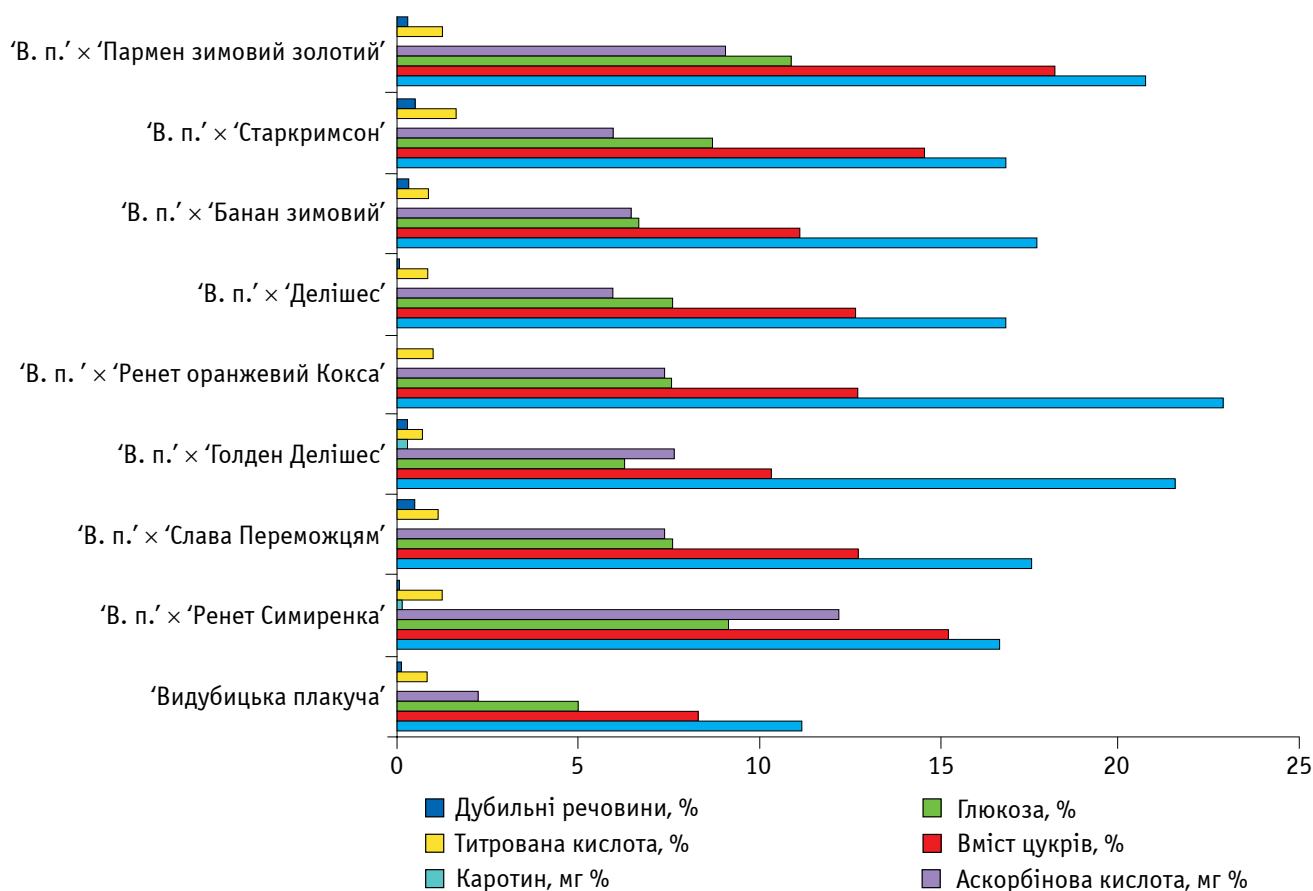


Рис. 1. Вміст біохімічного складу у плодах сорту яблуні 'Видубицька плакуча' та гібридів, створених на її основі

Найбільшу кількість сухої речовини виявлено у плодах гібриду 'В. п.' × 'Ренет оранжевий Кокса' (22,87%), середній уміст склав близько 17,82%, а мінімальний її вміст було виявлено у сорту яблуни 'Видубицька плакуча' (11,22%) і гібриду 'В. п.' × 'Ренет Сими́ренка' (16,68%).

Уміст загальних цукрів варіював від 8,35% до 18,23%, високий їхній вміст було виявлено у гібридів 'В. п.' × 'Ренет Сими́ренка' та 'В. п.' × 'Пармен зимовий золотий' (18,23%) (рис. 1).

Середній уміст глюкози у досліджених об'єктів становив 7,78%, максимальний виявлено у плодах гібрида 'В. п.' × 'Пармен зимовий золотий' – 10,91%.

У невеликих кількостях аскорбінову кислоту містить гібрид 'В. п.' × 'Пармен зимовий золотий' (2,25%), найбільше її у гібриду 'В. п.' × 'Ренет Сими́ренка' (12,25%).

Максимальний уміст каротину виявлено у гібрида 'В. п.' × 'Голден Делішес' – 0,29%, у гібридів 'В. п.' × 'Делішес', 'В. п.' × 'Банан зимовий', 'В. п.' × 'Старкримсон' каротин відсутній.

Середній уміст титрованих кислот у всіх сортозразків склав 1,1% і варіював від 0,74 до 1,67%. Найменше їх (0,74%) – у плодах гібрида 'В. п.' × 'Голден Делішес'. Найбільше – у гібрида 'В. п.' × 'Старкримсон' (1,67%).

Дубильні речовини виявлено у невеликій кількості, їхнє середнє значення становило

1,1%. Найвищий їхній уміст у гібрида 'В. п.' × 'Слава Переможцям' (0,52%), найнижчий – у гібрида 'В. п.' × 'Ренет Сими́ренка' (0,06%).

Для аналізу щільності споріднених зв'язків за середніми біохімічними показниками плодів у сорту яблуни 'Видубицька плакуча' та створених на її основі гібридів було проведено кластерний аналіз, який виявив три чітко виражені кластери (рис. 2). Найнижчі показники біохімічного складу плодів сорту яблуни 'Видубицька плакуча' слугували виокремленням його у самостійний кластер, а гібриди успадкували вищий уміст біохімічних сполук від культурних сортів *M. domestica*. Гібрид 'В. п.' × 'Пармен зимовий золотий' виділили в окремий кластер через найвищий вміст глюкози – 10,91%, а гібрид 'В. п.' × 'Ренет Сими́ренка' – через високий вміст аскорбінової кислоти – 12,25%. Гібриди 'В. п.' × 'Ренет оранжевий Кокса' та 'В. п.' × 'Голден Делішес' об'єднали в один кластер через найвищий уміст сухої речовини – 21,55–22,87%. Гібриди 'В. п.' × 'Делішес' та 'В. п.' × 'Слава Переможцям' також об'єднали в один кластер – у них майже однаковий уміст цукрів – 12,70–12,78%.

Отже, кластерний аналіз щільності споріднених зв'язків за біохімічними показниками плодів із високим вмістом БАР спрощує підбір батьківських пар для майбутнього селекційного процесу.

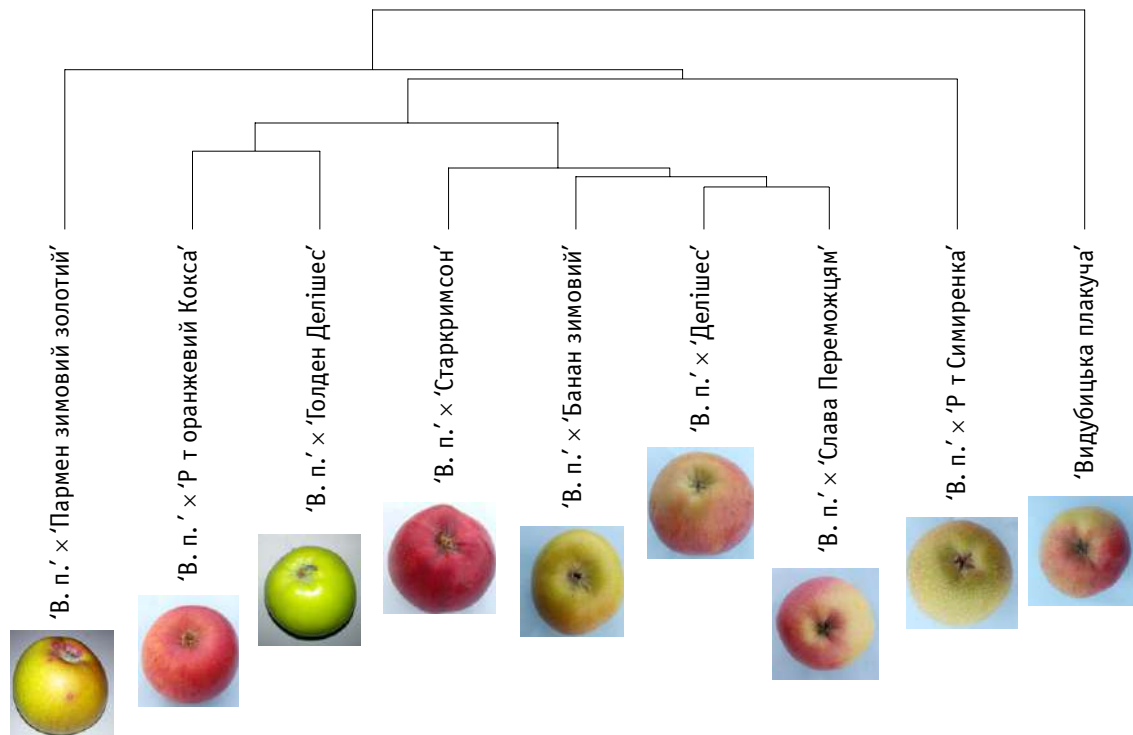


Рис. 2. Кластерний аналіз біохімічного складу плодів сорту яблуни 'Видубицька плакуча' та гібридів, створених на її основі

## Висновки

Визначення біохімічного складу плодів сорту яблуні 'Видубицька плакуча' та створених на її основі гібридів дозволяє отримати у гібридному потомстві сортозразки яблуні із плодами з підвищеним умістом біохімічних показників на основі підбору батьківських форм. Максимальний уміст сухої речовини був у плодах гібридів 'В. п.' × 'Ренет оранжевий Кокса' (22,87%), 'В. п.' × 'Голден Делішес' (21,55%) та 'В. п.' × 'Пармен зимовий золотий' (20,70%). Вони найкраще підходили для виробництва сухофруктів. Найвищий уміст титрованих кислот спостерігали у гібридів 'В. п.' × 'Старкримсон' (1,67%), 'В. п.' × 'Пармен зимовий золотий' (1,28%) та 'В. п.' × 'Ренет Симиренка' (1,27%), їхні плоди мали виражений смак кислоти. Найвищий показник дубильних речовин було виявлено у гібридів 'В. п.' × 'Слава Переможцям' та 'В. п.' × 'Старкримсон' (0,52%) – вони мали виражений терпкий смак плодів.

Виділені за біохімічним складом плодів і комплексом господарських ознак сортозразки гібридного фонду яблуні колекції НБС цінні для формування та вдосконалення сортименту яблуні і використання у селекції на поліпшений хімічний склад плодів.

## Використана література

1. Вигоров Л. И. Метод определения Р активных веществ. *Труды III Всесоюзного семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод*. Свердловск, 1968. 362 с.
2. Нормы физиологической потребности в энергии и пищевых веществах для различных групп населения. Методические рекомендации. Москва, 2009. 36 с.
3. Жбанова Е. В., Лукьянчук И. В., Зацепина И. В. Развитие научного наследия И. В. Мичурина в селекции ягодных культур на качество и улучшенный химический состав плодов. *XXII Мичуринские чтения «Развитие научного наследия И. В. Мичурина по генетике и селекции плодовых культур»*: матер. Междунар. науч. практ. конф., посв. 155 летию со дня рождения И. В. Мичурина (г. Мичуринск, 26–28 октября 2010 г.). Мичуринск, 2010. С. 138–141.
4. Макаров В. Н., Савельев Н. И., Юшков А. Н. Развитие научного наследия И. В. Мичурина по созданию новых сортов плодовых культур с улучшенным биохимическим составом для получения натуральных продуктов питания. *XXII Мичуринские чтения «Развитие научного наследия И. В. Мичурина по генетике и селекции плодовых культур»*: матер. Междунар. науч. практ. конф., посв. 155 летию со дня рождения И. В. Мичурина (г. Мичуринск, 26–28 октября 2010 г.). Мичуринск, 2010. С. 41–45.
5. Kamiloglu S., Capanoglu E., Grootaert C., Van Camp J. Anthocyanin Absorption and Metabolism by Human Intestinal Caco 2 Cells – A review. *Int. J. Mol. Sci.* 2015. Vol. 16, Iss. 9. P. 21555–21574. doi: 10.3390/ijms160921555
6. Гудковский В. А. Проблемы и перспективы обеспечения свежими фруктами и повышения состояния здоровья людей. *История, современность и перспективы развития садоводства России*: матер. Междунар. конф. (г. Москва, 15–17 ноября 2000 г.). Москва, 2000. С. 38–45.

7. Калинина И. П., Ящемская З. С., Макаренко С. А. Селекция яблони на улучшенный биохимический состав плодов. *Се лекция яблони на зимостойкость, высокую урожайность, устойчивость к парше и повышенное качество плодов на юге Западной Сибири*. Новосибирск, 2010. С. 141–155.
8. Кондратенко Т. Є. Основи формування промислового сортименту яблуні в Україні: автореф. дис. ... д ра с. г. наук: спец. 06.01.07 «Плодівництво» / НАУ. Київ, 2002. 38 с.
9. Cisse M., Sakho M., Dornier M. et al. Caractérisation du fruit du baobab et étude de sa transformation en nectar [Characterization of the baobab tree fruit and study of its processing into nectar]. *Fruits*. 2009. Vol. 64, Iss. 1. P. 19–34. doi: 10.1051/fruits/2008052
10. Harker F. R., Marsh K. B., Young H. et al. Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple fruit. *Postharvest Biol. Tech.* 2002. Vol. 24, Iss. 3. P. 241–250. doi: 10.1016/S0925 5214(01)00157 0
11. Robards K., Prenzler P. D., Tucker G. et al. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chem.* 1999. Vol. 66, Iss. 4. P. 401–436. doi: 10.1016/S0308 8146(99)00093 X
12. Xiao J. B., Högger P. Dietary Polyphenols and Type 2 Diabetes: Current Insights and Future Perspectives. *Curr. Med. Chem.* 2015. Vol. 22, Iss. 1. P. 23–38. doi: 10.2174/092986732166 6140706130807
13. Boyer J., Liu R. H. Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr. J.* 2004. Vol. 3, Iss. 5. doi: 10.1186/1475 2891 3 5
14. Nour V., Trandafir I., Ionica M. E. Compositional Characteristics of Fruits of several Apple (*Malus domestica* Borkh.) Cultivars. *Not. Bot. Horti. Agrobot. Cluj Napoca*. 2010. Vol. 38, Iss. 3. P. 228–233. doi: 10.15835/nbha3834762
15. Tsuda T. Dietary anthocyanin rich plants: biochemical basis and recent progress in health benefits studies. *Mol. Nutr. Food Res.* 2012. Vol. 56, Iss. 1. P. 159–170. doi: 10.1002/mnfr.201100526
16. Lee K. W., Kim Y. J., Kim D. O. et al. Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem.* 2003. Vol. 51, Iss. 22. P. 6516–6520. doi: 10.1021/jf034475w
17. Samuoliene G., Čeidaitė A., Sirtautas R. et al. Effect of crop load on phytohormones, sugars, and biennial bearing in apple trees. *Biol. Plantarum*. 2016. Vol. 60, Iss. 2. P. 394–400. doi: 10.1007/s10535 015 0581 3
18. Wünsche J. N., Greer D. H., Laing W. A., Palmer J. W. Physiological and biochemical leaf and tree responses to crop load in apple. *Tree Physiol.* 2005. Vol. 25, Iss. 10. P. 1253–1263. doi: 10.1093/treephys/25.10.1253
19. Ермаков А. И., Арасимович В. Е., Смирнова Иконникова М. И. Методы биохимического исследования растений. Ленинград: Колос, 1972. 456 с.
20. Симиренко Л. П. Помология. Т. I. Яблоня. Киев: Урожай, 1972. 436 с.

## References

1. Vigorov, L. I. (1972). Method for the determination of P active substances. In *Trudy III Vsesoyuznogo seminaru po biologich eski aktivnym (lechebnym) veshchestvam plodov i yagod* [Proceedings of the III workshop on biologically active substances]. Sverdlovsk: N.p. [in Russian]
2. *Normy fiziologicheskoy potrebnosti v energii i pishchevykh vesh chestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya. Metodicheskie rekomendatsii* [The physiological requirements for energy and nutrients for various population groups. Methodical recommendations]. (2009). Moscow: N.p. [in Russian]
3. Zhanova, E. V., Lukyanchuk, I. V., & Zatssepina, I. V. (2010). The development of scientific heritage I. V. Michurin in the selection of berry crops for the quality and improved chemical composition of the fruit. In *XXII Michurinskie chteniya «Razvitie*

- nauchnogo naslediya I. V. Michurina po genetike i seleksii plodovykh kul'tur»: mater. Mezhdunar. nauch. prakt. konf., posv. 155 letiyu so dnya rozhdeniya I. V. Michurina [XXII Michurin Readings «Development of the Scientific Heritage of I. V. Michurin in Genetics and Selection of Fruit Crops»: Proc. Int. Sci. and Pract. Conf., dedicated to the 155th birthday of I. V. Michurin] (pp. 138–141). Oct. 26–28, 2010, Michurinsk, Russia. [in Russian]
4. Makarov, V. N., Savel'ev, N. I., & Yushkov, A. N. (2010). The development of scientific heritage I. V. Michurin to create new varieties of fruit crops with improved biochemical composition to obtain natural foods. In *XXII Michurinskie chteniya «Razvitie nauchnogo naslediya I. V. Michurina po genetike i seleksii plodovykh kul'tur»: mater. Mezhdunar. nauch. prakt. konf., posv. 155 letiyu so dnya rozhdeniya I. V. Michurina* [XXII Michurin Readings «Development of the Scientific Heritage of I. V. Michurin in Genetics and Selection of Fruit Crops»: Proc. Int. Sci. and Pract. Conf., dedicated to the 155th birthday of I. V. Michurin] (pp. 41–45). Oct. 26–28, 2010, Michurinsk, Russia. [in Russian]
  5. Kamiloglu, S., Capanoglu, E., Grootaert, C., & Van Camp, J. (2015). Anthocyanin absorption and metabolism by human intestinal Caco 2 cells – A review. *Int. J. Mol. Sci.*, 16(9), 21555–21574. doi: 10.3390/ijms160921555
  6. Gudkovskiy, V. A. (2000). Problems and prospects of providing fresh fruits and improving people's health. In *Istoriya, sovremennost' i perspektivy razvitiya sadovodstva Rossii: mater. Mezhdunar. konf.* [History, modernity and prospects for the development of gardening in Russia: Proc. Int. Conf.] (pp 38–45). Nov. 15–17, 2000, Moscow, Russia. [in Russian].
  7. Kalinina, I. P., Yashchemskaya, Z. S., & Makarenko, S. A. (2010). Selection of apple trees for improved biochemical composition of the fruit. In *Selektsiya yabloni na zimostoykost, vysokuyu urozhaynost, ustoychivost k parshe i povyshennoe kachestvo plodov na yuge Zapadnoy Sibiri* [Apple tree selection for winter hardiness, high productivity, scab resistance and increased fruit quality in the south of Western Siberia] (pp. 141–155). Novosibirsk: N.p. [in Russian]
  8. Kondratenko, T. Ye. (2002). *Osnovy formuvannya promyslovoho sortymentu yabluni v Ukraini* [Fundamentals of forming an industrial assortment of apple trees in Ukraine] (Abstract of Dr. Agric. Sci. Diss.). National Agricultural University, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
  9. Cisse, M., Sakho, M., Dornier, M., Mar Diop, C., Reynes, M., & Sock, O. (2009). Caractérisation du fruit du baobab et étude de sa transformation en nectar [Characterization of the baobab tree fruit and study of its processing into nectar]. *Fruits*, 64(1), 19–34. doi: 10.1051/fruits/2008052 [in French]
  10. Harker, F. R., Marsh, K. B., Young, H., Murray, S. H., Gunson, F. A., & Walker, S. B. (2002). Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple fruit. *Postharvest Biol. Tech.*, 24(3), 241–250. doi: 10.1016/S0925-5214(01)00157-0
  11. Robards, K., Prenzler, P. D., Tucker, G., Swatsitan, P., & Glover, W. (1999). Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chem.*, 66(4), 401–436. doi: 10.1016/S0308-8146(99)00093-X
  12. Xiao, J. B., & Högger, P. (2015). Dietary polyphenols and type 2 diabetes: current insights and future perspectives. *Curr. Med. Chem.*, 22(1), 23–38. doi: 10.2174/0929867321666140706130807
  13. Boyer, J., & Liu, R. H. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr. J.*, 3(5), 5. doi: 10.1186/1475-2891-3-5
  14. Nour, V., Trandafir, I., & Ionica, M. E. (2010). Compositional characteristics of fruits of several apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars. *Not. Bot. Horti. Agrobot. Cluj Napoca*, 38(3), 228–233. doi: 10.15835/nbha3834762
  15. Tsuda, T. (2012). Dietary anthocyanin rich plants: biochemical basis and recent progress in health benefits studies. *Mol. Nutr. Food Res.*, 56(1), 159–170. doi: 10.1002/mnfr.201100526
  16. Lee, K. W., Kim, Y. J., Kim, D. O., Lee, H. J., & Lee, C. Y. (2003). Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem.*, 51(22), 6516–6520. doi: 10.1021/jf034475w
  17. Samuoliene, G., Čeidaitė, A., Sirtautas, R., Duchovskis, P., & Kviklys, D. (2016). Effect of crop load on phytohormones, sugars, and biennial bearing in apple trees. *Biol. Plantarum*, 60(2), 394–400. doi: 10.1007/s10535-015-0581-3
  18. Wünsche, J. N., Greer, D. H., Laing, W. A., & Palmer, J. W. (2005). Physiological and biochemical leaf and tree responses to crop load in apple. *Tree Physiol.*, 25(10), 1253–1263. doi: 10.1093/treephys/25.10.1253
  19. Ermakov, A. I., Arasimovich, V. E., & Smirnova Ikonnikova, M. I. (1972). *Metody biokhimeskogo issledovaniya rasteniy* [Methods of biochemical research of plants]. Leningrad: Kolos. [in Russian]
  20. Simirenko, L. P. (1972). *Pomologiya. T. I. Yablonya* [Pomology. Vol. I. Apple tree]. Kyiv: Urozhai. [in Russian]

УДК 634.11:543.641

**Гончаровская И. В.\***, **Клименко С. В.**, **Кузнецов В. В.** Характеристика биохимического состава плодов новых сортов *Malus domestica* Borkh. // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 1. С. 48–54. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.1.2020.201340>

Национальный ботанический сад им. Н. Н. Гришко НАН Украины, ул. Тимирязевская, 1, г. Киев, 01014, Украина, \*e-mail: Inna\_Lera@ukr.net

**Цель.** Определить содержание биохимических соединений в плодах сортообразцов *M. domestica* Borkh., отобрать наиболее перспективные с целью использования в дальнейшей селекции и рекомендовать для применения в различных направлениях, учитывая биохимический комплекс признаков, вкусовые и товарные качества плодов. **Методы.** Использовали общепринятые методики определения биохимического состава плодов (растворимые сухие вещества (ССР) – по ГОСТ 29030 91; общие сахара – по ГОСТ 8756 13.87; полифенольный состав – по методике Л. И. Вигорова (1968), витамин С – по методике А. И. Ермакова (1972); титрованные кислоты – по ГОСТ 25555.0 82). **Результаты.** Были проанализированы девять сортообразцов яблони по биохимическому составу плодов, а именно сорт яблони 'Видубицька плакуча' и созданные на ее основе различные гибриды из коллекции от

дела акклиматизации плодовых растений Национального ботанического сада (НБС) имени Н. Н. Гришко НАН Украины. Отборные формы являются источниками 1–5 важных биохимических признаков (содержание сухих веществ, глюкозы, сахаров, аскорбиновой кислоты, титруемой кислоты) и перспективные для использования в селекции. По содержанию сухого вещества самый низкий показатель обнаружен у гибрида 'В. п.' × 'Ренет Симиренко' (16,68%), самый высокий – у гибрида 'В. п.' × 'Ренет оранжевый Кокса' (22,87%), показатели содержания аскорбиновой кислоты варьировали в пределах 6,0–12,25 мг%, общие сахара – 10,37–18,23, кислоты – 0,74–1,67, соответственно). Наибольший интерес для интродукции и селекции составляли гибриды с высоким комплексом содержания биохимических показателей, а именно: 'В. п.' × 'Ренет оранжевый Кокса', 'В. п.' × 'Голден Делишес' и 'В. п.' ×

‘Пармен зимний золотой’. **Выводы.** Охарактеризованы содержание биохимического состава плодов, вкусовые и товарные качества и распределены сортообразцы гибридов яблони ‘Видубицька плакуча’ по направлениям использования для улучшения качества жизни населения. По биохимическим показателям в результате кластерного анализа исследованных гибридов яблони обнаружены плотные взаимосвязи трех групп, необходимых в будущем для селекции при отборе родительских форм на улучшенный биохимический состав плодов (в частности, по высокому содержанию сухого вещества выделено гибриды ‘В. п.’ × ‘Ренет оранжевый Кокса’, ‘В. п.’ × ‘Голден Делишес’ и ‘В. п.’ × ‘Пармен зимний золотой’, по содержанию титруемых кислот – гибриды ‘В. п.’ × ‘Старкримсон’, ‘В. п.’ × ‘Пармен зимний золотой’ и ‘В. п.’ × ‘Ренет Симиренко’ по содержанию дубильных веществ – гибриды ‘В. п.’ × ‘Слава Победителям’ и ‘В. п.’ × ‘Старкримсон’) и для расширения сортимента яблонь по запланированным коммерческим признакам. Созданные в НБС гибриды сорта яблони ‘Ви дубицька плакуча’ с использованием старых и ценных современных сортов яблони свидетельствуют о перспективности получения высокоурожайных, крупноплодных сортов с высоким содержанием биологически активных веществ.

**Ключевые слова:** *Malus*; сорт ‘Видубицька плакуча’; гибриды; биохимический состав плодов.

UDC 634.11:543.641

**Honcharovska, I. V.\*, Klymenko, S. V., & Kuznietsov, V. V.** (2020). Characteristics of the biochemical composition of fruits of *Malus domestica* Borkh. new varieties. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(1), 48–54. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.16.1.2020.201340](https://doi.org/10.21498/2518_1017.16.1.2020.201340)

*M. M. Hryshko National Botanical Gardens, NAS of Ukraine, 1 Tymiriazivska St., Kyiv, 01014, Ukraine, \*e mail: Inna\_Lera@ukr.net*

**Purpose.** To determine the content of biochemical compounds in fruits of *M. domestica* Borkh. varietal samples, select the most promising ones for use in further breeding, and recommend for use in various directions, given the biochemical complex of signs, taste and marketability of the fruit. **Methods.** We used generally accepted methods for determining the biochemical composition of fruits (soluble solids (SSR) according to GOST (State Standard System) 29030 91, total sugars according to GOST 8756 13.87; polyphenol composition according to the method of L. I. Vigorov (1968), vitamin C according to the method of A. I. Ermakov (1972); titrated acids – according to GOST 25555.0 82). **Results.** Nine cultivars of apple trees were analyzed for the biochemical composition of fruits, namely the apple tree cultivar ‘Vydu bytska Plakucha’ (‘V. p.’) and various hybrids created on its basis from the collection of the fruit plant acclimatization department of the M. M. Hryshko National Botanical Gardens of National Academy of Sciences of Ukraine. Selected forms are sources of 1–5 important biochemical characteristics (solids content, glucose, sugars, ascorbic acid, titratable acid) and promising for use in breeding. According to the dry matter content – the lowest rate was found in hybrid ‘V. P.’ × ‘Renet Symyrenko’ (16.68%), the highest in the hybrid – ‘V. P.’ × ‘Renet Oranzhevyi Coksa’ (22.87%), rates of ascorbic acid content varied within (6.0–12.25 mg%), total sugars (10.37–18.23), acids (0.74–1.67 respectively). The most interesting

for introduction and breeding are hybrids with a high content of biochemical parameters, namely: ‘V. P.’ × ‘Renet Oranzhevyi Coksa’, ‘V. P.’ × ‘Golden Delicious’ and ‘V. P.’ × ‘Par men Zymovyi Zoloty’’. **Conclusions.** The content of the biochemical composition of the fruits, taste and marketability were characterized, and varietal samples of hybrids of the apple tree ‘Vy dubytska Plakucha’ were distributed in the directions of use in order to improve the quality of life of the population. According to the biochemical indicators of the cluster analysis of the studied apple hybrids, close relationships were found between the three groups necessary in the future for breeding when selecting parental forms for an improved biochemical composition of the fruit (including hybrids ‘V. P.’ × ‘Renet Oranzhevyi Coksa’, ‘V. P.’ × ‘Golden Delicious’ and ‘V. P.’ × ‘Par men Zymovyi Zoloty’’, titrated acid hybrids ‘V. P.’ × ‘Starkrim son’, ‘V. P.’ × ‘Par men Zymovyi Zoloty’ and ‘V. P.’ × ‘Renet Symyrenko’, tannins hybrids ‘V. P.’ × ‘Slava Peremozhtsiam’ and ‘V. P.’ × ‘Starkrimson’); and to expand the assortment of apple trees according to the planned commercial signs. Hybrids of the apple tree cultivar ‘Vydu bytska Plakucha’, created in the NBG using old and valuable modern apple tree cultivars, indicate the promise of producing high yielding, large fruited varieties with a high content of biologically active substances.

**Keywords:** *Malus*; apple tree; cultivar ‘Vydu bytska Plakucha’; hybrids; chemical composition of fruits.

Надійшла / Received 31.01.2020

Погоджено до друку / Accepted 17.03.2020

# Порівняльна характеристика сортів льону олійного за вирощування в умовах Західного Лісостепу України

П. П. Ляльчук

Хмельницький обласний державний центр експертизи сортів рослин, вул. Кам'янецька, 2, м. Хмельницький, 29000, Україна, e mail: [mr.lialchuk@gmail.com](mailto:mr.lialchuk@gmail.com)

**Мета.** Вивчити вплив різних строків сівби, норм висіву насіння на морфологічні та врожайні параметри сортів льону олійного *Linum humile* Mill. селекції Інституту олійних культур НААН України 'Орфей', 'Світлозір' і 'Водограй'. **Методи.** Дослідження проводили упродовж 2018–2019 рр. у філії Українського інституту експертизи сортів рослин – Хмельницькому обласному державному центрі експертизи сортів рослин, с. Требухівці Летичівського району Хмельницької області. Вивчали такі фактори: строк сівби (15, 20, 25 квітня); норму висіву насіння в млн шт./га (4,0; 6,0; 8,0); сорти льону олійного 'Орфей', 'Світлозір', 'Водограй'. Закладання дослідів, оцінювання матеріалу, аналіз рослин, урожаю та якості насіння здійснювали відповідно до Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин групи технічних і кормових на придатність до поширення в Україні. **Результати.** Встановили достовірну різницю між варіантами за нормою висіву насіння і строками сівби. Сорти льону олійного оцінили за морфологічними і врожайними показниками залежно від досліджуваних факторів. Вищу врожайність і кращі морфологічні показники за роки досліджень спостерігали у сорту льону олійного 'Світлозір' за строків сівби 20 та 25 квітня і норми висіву насіння 6,0 і 8,0 млн насінин на гектар. У всіх сортів кращою за усіма варіантами була норма висіву насіння 8,0 млн шт./га. Більшу кількість коробочок, кількість насінин у коробочці і масу насіння з однієї рослини формував сорт льону олійного 'Світлозір' порівняно із сортами 'Орфей' і 'Водограй' за вищезгаданих факторів. За раннього строку сівби незалежно від сорту і норми висіву насіння спостерігали найменші величини морфологічних і врожайних показників у рослин льону олійного. **Висновки.** Для повнішої реалізації генетичного потенціалу сортів льону олійного за врожайними і морфологічними показниками в умовах Лісостепу Західного норма висіву насіння повинна бути 6,0 і 8,0 млн шт./га за строків сівби 20 і 25 квітня. Вищою врожайністю і покращеними морфологічними показниками характеризувався сорт льону 'Світлозір'.

**Ключові слова:** *Linum humile* Mill.; норма висіву; строк сівби; морфологічні показники; врожайність.

## Вступ

Стрімкий розвиток людства вимагає від сільськогосподарського виробництва вирощування культур універсального спектру використання до яких відносять льон олійний. Основним регіоном вирощування льону олійного є Степ, хоча спостерігають тенденцію до збільшення посівних площ під культурою в поліській і лісостеповій зонах [1, 2]. Сортами селекції Інституту олійних культур НААН України зайнято 72% посівних площ в Україні [2].

Велика контрастність погодних умов у період вегетації рослин льону олійного за роками вимагає мати кілька типів сортів для забезпечення стабільності врожаїв, а саме: інтенсивного типу – сорти, які добре реагують на вологу, добрива і засоби захисту, дають високі врожаї (для Полісся й Центрального і Західного Лісостепу); напівінтенсивного типу, які пластичні і не знижують урожайності у посушливі роки і рекомендовані для всіх ґрунтово-кліматичних зон; екстен-

сивного типу – високопластичні та менш затратні сорти, які б підходили для вирощування у Степу [3–6].

Вивченням питання різних норм висіву і строків сівби займалися різні науково-дослідні установи [7–11], однак щорічне внесення до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні (Реєстр сортів рослин України) нових сортів льону олійного вимагає додаткового опрацювання цього питання.

На зріджених посівах урожайність знижується внаслідок нераціонального використання площі, збільшення забур'яненості посівів. За науково-обґрунтованої норми висіву формується найвища продуктивність рослин, що обумовлено повною реалізацією біологічного потенціалу льону олійного [4]. Із загущенням посівів підвищується небезпека вилягання рослин та ураження хворобами [1].

Досліджувані фактори, зокрема строки сівби і норми висіву, суттєво впливають на морфологічні показники рослин льону олійного: висоту рослин, кількість коробочок на рослині, кількість насінин у коробочці, масу насіння з рослини і масу 1000 насінин [1–6, 8–11]. За даними українських учених у зоні Південного Степу України у сорту 'Південна



ніч' вищу врожайність спостерігали за сівби у перший строк (із сівбою ранніх ярих культур) і норми висіву насіння 4,5 млн шт./га. У сорту 'Ківіка' ці показники були іншими – сівба через 20 днів після сівби ранніх зернових культур за тієї ж самої норми висіву, що свідчить про різну реакцію генотипу на строки сівби [4].

Більшість дослідників погоджуються з думкою, що великий вплив на формування висоти рослин льону чинять зовнішні умови, що складаються в період інтенсивного росту рослин [2].

Вивчаючи колекцію зразків льону олійного вітчизняної і зарубіжної селекції в умовах Степу України Товстановська Т. Г. [6] встановила, що основними морфологічними показниками, які слабо варіюють залежно від умов навколишнього середовища і умов вирощування є маса 1000 насінин і кількість насінин в коробочці. Показник кількості коробочок на рослині варіабельніший і значною мірою реагує на фактори технології вирощування.

Відомо, що ґрунтово-кліматичні умови вирощування можуть значно обмежувати реалізацію потенційних можливостей сорту. Льон не дуже вимогливий до температурного режиму, проте високі температури під час вегетації сприяють формуванню більшої кількості коробочок і, як наслідок – значної маси насіння з рослини в умовах Передкарпаття. Високі середні значення морфологічних показників безпосередньо пов'язані з урожаністю, що свідчить про високі потенційні можливості сортів. Вважають, що збільшення врожайності насіння можливе при використанні відповідної селекційної стратегії на основі відбору рослин за кількістю насінин в коробочці, кількістю коробочок на рослині, масою 1000 насінин і кількістю розгалужень на рослині [3].

Вплив на зміну морфологічних параметрів льону олійного в умовах Передкарпаття погодно-кліматичних умов і строків сівби відмічали В. О. Лях [3] та І. Ф. Дрозд [5]. Установлено, що сівба з інтервалом у десять днів змінювала висоту рослин на 2–15 см залежно від сорту; кількість коробочок на одній рослині – від 2 до 5 шт.; кількість насінин на одній рослині – від 8 до 16 шт. залежно від погодних умов року вирощування.

Льон олійний досить пластичний, стійкий до низьких температур повітря, особливо в початковий період вегетації. У зв'язку з цим, розроблення основних технологічних прийомів вирощування цієї цінної культури в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах є досить актуальною проблемою [7].

У зоні Полісся України Ю. В. Шеремет [8] за результатами проведених досліджень, пов'язаних із вивченням впливу різних норм висіву (6,0; 8,0; 10,0 млн шт./га) у сортів льону олійного 'Єврика', 'Симпатик' і 'Блакитно-помаранчевий' за різних норм внесення добрив, рекомендував проводити сівбу сорту 'Єврика' з нормою висіву 8,0 млн шт./га.

В умовах дослідного поля Інституту олійних культур Запорізького району Запорізької області при вивченні впливу норм висіву 3,0; 5,0; 7,0; 9,0 млн шт./га на формування продуктивності льону олійного сорту 'Водограй', А. В. Оккерт [9] установив, що найбільшу врожайність і збір жиру було отримано за норми висіву 5,0 млн шт./га.

Висока чутливість окремих сортів до несприятливих умов помітно звужує ареал їхнього поширення в різні екологічні зони. Саме тому розширення можливостей реакції сортів на умови зовнішнього середовища є основним завданням селекціонерів [8–10].

Продуктивність льону олійного є комплексною ознакою, яка значно залежить від насінневої продуктивності – кількості коробочок на рослині, кількості насінин у коробочці, маси насіння з однієї рослини, маси 1000 насінин. Тому вивчення взаємозв'язків між елементами продуктивності відіграє важливу роль у селекційній роботі щодо культури льону для досягнення його високої врожайності [11].

Створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин льону олійного повною мірою сприятиме реалізації біологічного потенціалу культури і забезпечуватиме отримання високих і якісних урожаїв. Серед основних агротехнічних прийомів, які регулює технолог, є способи сівби і строки, норма висіву насіння, способи і строки збирання [7–9].

Випробування та оцінювання сортів льону олійного в конкретних умовах вирощування дозволяють визначити їхню стабільність і акцентувати увагу не лише науки, але й виробництва на основних елементах технології їхнього вирощування. Практично доведено, що в Правобережному Лісостепу України умови вирощування суттєво впливають на висоту рослин і кількість коробочок на рослині. Встановлено, що вищу продуктивність з однієї рослини спостерігали у сортів 'Єврика', 'Лірина' і 'Блакитно-помаранчевий' [10].

Виявлено, що в умовах південної частини Правобережного Лісостепу (Черкаська область) зменшення норми висіву з 7,0 до 5,0 млн шт./га у ряді років призводить до суттєвого зниження врожаю на 0,2 т/га, або 12,4%. Збільшення норми висіву насіння до 8,0 млн

шт./га не впливало суттєво на збільшення врожайності. Підвищення норми висіву насіння до 9,0 млн шт./га призводило до суттєвого зниження врожайності насіння льону олійного. Практично доведено і економічно обгрунтовано те, що найвищу врожайність – 1,61 т/га, олійність – 0,63 т/га насіння льону олійного сорту ‘Дебют’ отримали за норми висіву 6,0 млн шт./га [11].

*Мета досліджень* – вивчити вплив різних строків сівби, норми висіву насіння на морфологічні та врожайні параметри сортів льону олійного селекції Інституту олійних культур НААН України ‘Орфей’, ‘Світозар’ і ‘Водограй’.

### Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили упродовж 2018–2019 рр. у філії Українського інституту експертизи сортів рослин – Хмельницькому обласному державному центрі експертизи сортів рослин (Хмельницький ОДЦЕСР), с. Трехівці Летичівського району Хмельницької області.

За сумою середніх добових температур вище 10 °С та ступенем зволоження за цей період територію Хмельницького ОДЦЕСР відносять до північного помірно-теплого вологого агрокліматичного району Хмельницької області.

Клімат району помірно-континентальний. Середньорічна температура становить 6–7 °С, сума опадів – 510–580 мм.

Середня температура найтеплішого місяця липня 18–19 °С, найхолоднішого січня – 5–6 °С. Максимальна температура в літній період досягає 36–38 °С, мінімальна у найсуворіші зими – -31–35 °С. Останні весняні заморозки закінчуються до 25 квітня, а перші осінні настають після 6 жовтня. Тривалість безморозного періоду складає 155–160 днів.

Сума опадів значною мірою коливається у часі. Найчастіше вони пов'язані з проходженням атмосферних фронтів циклонів, які пересуваються з Атлантики на схід центральними і північними регіонами Європи. Рельєф місцевості слабохвилястий із вираженим мікрорельєфом.

За результатами ґрунтового аналізу, проведеного Хмельницькою філією державної установи «Держґрунтохорона» встановлено, що основний тип ґрунтів – чорноземи типові малогумусні слабозмиті легкосуглинкові на карбонатних лесовидних суглинках. Характеристика ґрунтів така: рН 5,9 (ДСТУ ISO 10390:2007 Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT); уміст гумусу в ґрунті – 2,9% (ДСТУ 1289-2004); уміст макроелемен-

тів, мг/кг ґрунту: азоту – 112,0 (ДСТУ 7863:2015. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда. Якість ґрунту); фосфору – 106,0 і калію – 84 (ДСТУ 4115-2002. ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова). За якісною оцінкою ґрунтів згідно з агрохімічним обстеженням і паспортизацією земель ґрунти господарства відносять до середньої якості – VI класу.

Вивчали такі фактори: строки сівби (15, 20, 25 квітня); норму висіву насіння млн шт./га (4,0; 6,0; 8,0); сорти льону олійного селекції Інституту олійних культур НААН України ‘Орфей’, ‘Світлозір’, ‘Водограй’. Усі сорти занесено до Реєстру сортів рослин України. Спосіб сівби звичайний рядковий з міжряддям 15 см.

Посівна площа ділянки 57,2 м<sup>2</sup> (2,86 × 20,0 м), облікова площа ділянки – 50,0 м<sup>2</sup> (2,50 × 20,0 м). Повторність досліду чотириразова. Варіанти в досліді розміщували за методом розщеплених ділянок. Агротехніка вирощування культури загальноприйнята для зони Лісостепу. Попередник – озима пшениця.

Закладання дослідів, оцінювання матеріалу, аналіз рослин, урожаю та якості зерна здійснювали відповідно до Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність поширення в Україні [12].

### Результати досліджень

Сприятливішими умовами для вирощування сортів льону олійного характеризувався 2019 рік. Середньодобові температури першої, другої і третьої декад квітня і кількість опадів становили 8,6; 7,2; 13,2 °С та 6,3; 52,3 і 49,9 мм, відповідно, що майже не відрізнялось від середньобагаторічних величин. Це позитивно вплинуло на отримання дружних сходів і забезпечило формування оптико-біологічної структури посіву.

Менш сприятливими були погодні умови 2018 року. Високі середньодобові температури повітря 15 °С у другій і третій декадах квітня, суттєве варіювання середньодобових температур повітря, відсутність опадів у другій і мала їхня кількість у третій (3,8 мм) декадах квітня негативно вплинули на ріст і розвиток рослин льону олійного.

Період інтенсивного росту і розвитку у досліджуваних сортів у 2018 році характеризувався нестачею вологи у травні на 39,7 мм і надмірною їхньою кількістю у червні (у 3,8 рази більше порівняно із середньобагаторічною сумою опадів), що не сприяло отриманню високого врожаю. У 2019 році цей період характеризувався надмірною кількістю опадів у травні та червні. У період інтенсивного росту

рослин льону олійного з травня по червень, коли споживання води сягає свого максимуму, необхідне достатнє та рівномірне забезпечення опадами для отримання високого врожаю.

За результатами досліджень було встановлено, що строк сівби льону олійного суттєво впливав на тривалість міжфазних періодів. Запізнення із сівбою призводило до скорочення тривалості міжфазних і вегетаційного періодів у середньому на 2–3 дні. Строки сівби льону олійного залежали від ґрунтово-кліматичних умов, стану ґрунту, його вологості, біологічних особливостей сорту, призначення посіву для використання і специфічних умов вирощування.

За результатами досліджень встановлено, що тривалість вегетаційного і міжфазних періодів у рослин льону олійного варіювали не суттєво і склали 87–89 діб.

Аналізування морфологічних параметрів сортів льону за роки досліджень показало, що найвищими були рослини за другого строку сівби (20 квітня) – від 50,6 до 58,4 см. За інших строків сівби спостерігали таку тенденцію – чим раніший строк сівби, тим менша висота рослин. Найменшою висотою рос-

лин характеризувався ранній строк сівби – 15 квітня незалежно від сорту льону олійного. За меншої норми висіву також спостерігали меншу висоту рослин сортів льону олійного. Із її збільшенням зростала конкуренція між рослинами у агрофітоценозі за фактори середовища що, відповідно, сприяло збільшенню висоти рослин (табл. 1). Сорт ‘Світлозір’ вирізнявся великою технічною висотою рослин в усіх варіантах досліджень. Найменшу висоту рослин мав сорт ‘Орфей’. Середні значення – у сорту ‘Водограй’. Однак, за кількістю коробочок з рослини спостерігали зворотню залежність порівняно із висотою рослин. Максимальну кількість коробочок на рослині спостерігали за норми висіву 4,0, а мінімальну – 8,0 млн шт. насінин на гектар.

Загалом кількість коробочок на одній рослині льону олійного коливалась від 15,7 до 33,8 шт. Найбільшу різницю за кількістю коробочок на рослині спостерігали у варіантах з різними нормами висіву насіння. Найбільше коробочок на одній рослині відмічено у сорту ‘Світлозір’ (33,8 шт.) за строку сівби 25 квітня і норми висіву 4,0 млн шт./га, найменше у сорту ‘Орфей’ – 15,7 шт. за строку сівби

Таблиця 1

Морфологічні особливості сортів льону олійного (середнє за 2018–2019 рр.)

Строк сівби	Сорт	Норма висіву насіння, млн шт./га	Висота рослин, см	Кількість, шт.		Вага насіння з рослини, г	Маса 1000 насінин, г
				коробочок	насінин в коробочці		
15 квітня	‘Орфей’	4,0	43,9	18,1	6,9	0,85	6,8
		6,0	45,4	17,6	6,5	0,76	6,6
		8,0	46,7	15,7	6,2	0,62	6,4
	‘Водограй’	4,0	44,8	22,1	6,9	1,10	7,2
		6,0	45,6	19,0	6,4	0,85	7,0
		8,0	46,1	18,2	5,8	0,72	6,8
	‘Світлозір’	4,0	44,2	28,6	8,8	2,60	8,8
		6,0	45,9	25,8	8,2	1,84	8,7
		8,0	46,6	19,3	7,8	1,29	8,6
20 квітня	‘Орфей’	4,0	50,6	25,4	6,5	1,43	7,5
		6,0	51,6	20,7	6,2	0,95	7,4
		8,0	52,8	16,4	5,8	0,69	7,3
	‘Водограй’	4,0	44,6	28,2	7,0	1,64	7,5
		6,0	44,9	25,5	6,8	1,28	7,4
		8,0	44,8	21,9	6,5	1,02	7,2
	‘Світлозір’	4,0	54,2	30,1	7,9	2,82	8,9
		6,0	56,7	25,5	7,4	1,96	8,7
		8,0	58,4	20,6	6,5	1,15	8,6
25 квітня	‘Орфей’	4,0	49,4	21,7	6,0	1,02	7,8
		6,0	50,3	18,3	5,8	0,81	7,6
		8,0	50,9	15,9	5,5	0,66	7,5
	‘Водограй’	4,0	48,6	30,7	7,2	2,11	8,0
		6,0	50,1	20,3	6,7	1,06	7,8
		8,0	51,3	18,9	6,4	0,91	7,5
	‘Світлозір’	4,0	48,3	33,8	9,0	3,71	9,4
		6,0	50,6	28,1	8,2	2,42	9,2
		8,0	52,9	22,1	7,6	1,51	9,0
НІР <sub>0,05</sub>		–	0,3	0,9	0,04	0,03	0,02

15 квітня і норми висіву 8,0 млн шт./га. Найменшу кількість коробочок на рослині незалежно від строків сівби і норм висіву насіння спостерігали у сорту 'Орфей', а найбільшу – у сорту 'Світлозір'.

Кількість насінин у коробочці льону олійного за варіантами досліду варіювала від 5,5 до 9,0 шт. Найбільше їх було за третього строку сівби і норми висіву насіння 4,0 млн шт./га у сорту 'Світлозір' – 9,0 шт. У сортів 'Водограй' і 'Орфей' дещо менше – 7,2 та 6,0 шт., відповідно. Встановлено, що за умови збільшення норми висіву насіння у сортів льону олійного з 4,0 до 8,0 млн шт./га за першого строку сівби (15 квітня) кількість насінин у коробочках зменшувалась у всіх сортів.

Маса насіння з рослини варіювала від 0,62 г у сорту 'Орфей' (за умови сівби 20 квітня і норми висіву насіння 8,0 млн шт./га) до 3,71 г у сорту 'Світлозір' (сівба 25 квітня і норма висіву насіння 4,0 млн шт./га). Цей показник був більшим в усіх варіантах незалежно від сорту і строку сівби за умови розрідженого посіву (норма висіву насіння 4,0 млн шт./га). При збільшенні норми висіву спостерігали зниження маси насіння з рослини.

Маса 1000 насінин льону олійного за варіантами досліду коливалась із 6,4 до 9,4 г. Найбільшу різницю за масою 1000 насінин спостерігали у варіантах з різними нормами висіву. Менша норма висіву насіння сприяла більшій його вазі. Рослини льону за ранніх строків сівби формували найменшу масу 1000 насінин – від 6,8 г у сорту 'Орфей' до 8,8 г у сорту 'Світлозір'. Серед досліджуваних сортів більшу масу 1000 насінин мав сорт льону олійного 'Світлозір', потім – 'Водограй' і 'Орфей'. Найменшу масу 1000 насінин спостерігали у сорту 'Орфей' – 6,4 г за сівби 15 квітня і норми висіву насіння 8,0 млн шт./га. Найвищу масу 1000 насінин спостерігали у сорту 'Світлозір' за умови зрідженого посіву з нормою висіву 4,0 млн шт. на га і сівбою 25 квітня.

Отже, для отримання більшої кількості коробочок з рослини, насінин в коробочці, вищих показників маси насіння з рослини і маси 1000 насінин сприятливими є строки сівби 20 і 25 квітня і норма висіву насіння 4,0 і 6,0 млн шт. на га.

Варто зазначити, що з підвищенням норми висіву з 4,0 до 8,0 млн насінин на га у всіх сортів зменшувалась площа листової поверхні рослин. Негативну реакцію на зменшення асиміляційної поверхні рослини обумовлює затінення листків нижнього ярусу, як наслідок вони жовтіють і відмирають.

Найвища продуктивність досліджуваних посівів реалізується за площі листків 40–50 тис. м<sup>2</sup>/га. Подальше збільшення площі листової поверхні призводить до істотного зниження темпів утворення репродуктивних органів і врожайності насіння [13].

Максимального розміру площа листової поверхні набувала у фази бутонізації й цвітіння. Площа листків однієї рослини льону у ці фази становила 43,1–47,4 і 64,0–73,0 см<sup>2</sup>, відповідно, а на гектарі – відповідно 18,1–22,7 і 24,8–33,2 тис. м<sup>2</sup>. За строками сівби – більшу площу листків спостерігали за раннього строку. Порівняно з другим строком сівби площа листової поверхні на одній рослині була вищою на 0,4–0,6 см<sup>2</sup>, а на гектарі – на 1,7–2,6 тис. м<sup>2</sup>.

У варіантах досліджень з різними нормами висіву більшу площу листків з однієї рослини льону олійного спостерігали при нормі 4,0 млн насінин/га – 10,3–10,5 см<sup>2</sup>, з поступовим зменшенням її за норми 6,0 і 8,0 млн насінин/га, відповідно до 9,86–10,1 і 8,89–9,24 см<sup>2</sup>.

Результати досліджень показали, що на одному гектарі площа листків у всі фази росту й розвитку рослин з підвищенням норми висіву з 4,0 до 8,0 млн шт./га поступово збільшувалась.

Чиста продуктивність фотосинтезу за сівби у пізніші строки знижувалась у середньому на 1,24 г/м за добу.

Урожайність досліджуваних сортів льону олійного обліковували залежно від досліджуваних факторів (табл. 2). Частка їхнього впливу на прибавку врожайності насіння льону олійного була: строку сівби – 8%, сорту – 20, норми висіву – 10, погодних умов року досліджень – 40 та інших факторів – 22%.

Менш сприятливі погодні умови 2018 року обумовили нижчу врожайність сортів льону олійного порівняно із 2019 роком. У 2018 році найвищу врожайність мав сорт 'Світлозір' – 1,45 т/га за строку сівби 25 квітня і норми висіву насіння 8,0 млн шт. на га, а найменшу – сорт 'Орфей' 0,8 т/га за строку сівби 15 квітня і норми висіву насіння 4,0 млн шт. га.

У 2019 році найнижчу врожайність 1,1 т/га спостерігали у сорту 'Орфей' при нормі висіву насіння 4,0 млн шт./га і ранньому строці сівби 15 квітня, а найвищу – в сорту 'Світлозір' 1,6 т/га за норми висіву 8,0 млн шт./га і строку сівби 25 квітня.

Загалом ранній строк сівби характеризувався суттєво нижчою порівняно з іншими строками врожайністю. Лише у сорту 'Світлозір' урожайність була суттєво вищою незалежно від строку сівби і норми висіву насіння. Середні показники врожайності спосте-

## Урожайність сортів льону олійного залежно від досліджуваних факторів (2018–2019 рр.)

Строк сівби	Сорт	Норма висіву насіння, млн шт./га	Урожайність, т/га 2018 р.	Відхилення, ± до контролю	Урожайність, т/га 2019 р.	Відхилення, ± до контролю
15 квітня	‘Орфей’	4,0 – контроль	0,8	–	1,1	–
		6,0	0,9	0,1	1,1	–
		8,0	1,0	0,2	1,2	0,1
	‘Водограй’	4,0	0,9	0,1	1,1	0
		6,0	1,0	0,2	1,2	0,1
		8,0	1,0	0,2	1,3	0,2
	‘Світлозір’	4,0	1,0	0,2	1,2	0,1
		6,0	1,15	0,25	1,3	0,2
		8,0	1,2	0,3	1,4	0,3
20 квітня	‘Орфей’	4,0 – контроль	1,0	–	1,2	–
		6,0	1,1	0,1	1,25	0,05
		8,0	1,15	0,15	1,3	0,1
	‘Водограй’	4,0	1,0	0	1,2	0
		6,0	1,2	0,2	1,3	0,1
		8,0	1,25	0,25	1,4	0,2
	‘Світлозір’	4,0	1,2	0,1	1,3	0,1
		6,0	1,3	0,2	1,4	0,2
		8,0	1,35	0,35	1,5	0,3
25 квітня	‘Орфей’	4,0 – контроль	1,1	–	1,25	–
		6,0	1,15	0,05	1,3	0,05
		8,0	1,2	0,1	1,4	0,15
	‘Водограй’	4,0	1,2	0,1	1,3	0,05
		6,0	1,25	0,15	1,35	0,1
		8,0	1,3	0,2	1,4	0,15
	‘Світлозір’	4,0	1,25	0,15	1,4	0,15
		6,0	1,35	0,25	1,5	0,25
		8,0	1,45	0,35	1,6	0,35
НІР <sub>0,05</sub>		–	–	0,2	–	0,17

рігали у сорту ‘Орфей’ за строку сівби 20 квітня при нормі висіву 8,0 млн шт. насінин на гектар та 25 квітня при нормі висіву 6,0 млн шт. насінин на гектар.

За другого і третього строків сівби (20 і 25 квітня) у сорту льону олійного ‘Світлозір’ спостерігали суттєве підвищення врожайності за різних норм висіву насіння. У сорту ‘Водограй’ лише при нормі висіву насіння 6,0 і 8,0 млн шт. на га спостерігали вищу врожайність. Найменш урожайним за роки досліджень незалежно від досліджуваних факторів виявився сорт льону олійного ‘Орфей’.

### Висновки

Отже, більша кількість коробочок з рослини, насінин у коробочці, вищі показники маси насіння з рослини і маси 1000 насінин були за строків сівби 20 і 25 квітня і норми висіву насіння 4,0 і 6,0 млн шт. на гектар.

Найвищу врожайність у 2018 році – 1,45 т/га, у 2019 – 1,6 т/га серед досліджуваних сортів формував сорт ‘Світлозір’ за сівби 25 квітня і норми висіву насіння 8,0 млн шт. на гектар.

Частка впливу досліджуваних факторів на прирост врожайності насіння льону олійного становила: строків сівби – 8%, сорту –

20, норми висіву – 10, погодніх умов років досліджень – 40 та інших факторів – 22%.

### Використана література

- Махова Т. В., Поляков О. І. Врожайність льону олійного в умовах південного Степу України в залежності від строків сівби та норм висіву. *Наук. техн. бюл. ІОК НААН*. 2012. Вип. 17. С. 116–120.
- Полякова І. О. Селекційна оцінка сортових ресурсів льону олійного. *Наук. техн. бюл. ІОК НААН*. 2019. № 27. С. 79–87. doi: 10.36710/іос 2019 27 09.
- Лях В. О., Дрозд І. Ф. Мінливість господарсько цінних ознак у льону олійного в умовах Передкарпаття. *Бюл. Ін ту сільськогосп ва степової зони НААН України*. 2012. № 2. С. 66–72.
- Махова Т. В., Поляков О. І. Формування врожайності льону олійного сорту Ківіка під впливом строків сівби і норм висіву. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем АПК: матер. Всеукр. наук. практич. конф. молодих вчених (м. Житомир, 25 червня 2015 р.)*. Житомир, 2015. С. 21–22.
- Дрозд І., Шпек М., Лупак О., Литвин О. Вплив біологічних особливостей сорту на якісні показники льону олійного в умовах Передкарпаття України. *Вісн. Львів. нац. аграр. ун-ту. Сер. : Агротехнології*. 2017. № 21. С. 142–147.
- Товстановська Т. Г. Мінливість елементів насінневої продуктивності льону олійного в умовах Степу України. *Наук. техн. бюл. ІОК НААН*. 2015. № 22. С. 90–97.
- Онюх Ю. М., Дідух В. Ф., Тараймович І. В. Дослідження умов вирощування льону олійного. *Сільськогосподарські машини*. 2016. Вип. 34. С. 104–110.
- Шеремет Ю. В. Продуктивність сортів льону олійного залежно

- від елементів технології вирощування в зоні Полісся України : автореф. дис. ... канд. с. г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво» / ННЦ Ін т землеробства НААН. Київ. 2015. 19 с.
9. Оккерт А. В. Вплив норм висіву на формування продуктивності льону олійного сорту Водограй. *Наук. техн. бюл. ІОК НААН*. 2013. Вип. 18. С. 118–121.
  10. Столярчук Т. А., Кисильчук А. М. Порівняльна характеристика морфологічних особливостей сортів льону олійного в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник ПДАА*. 2017. Вип. 4. С. 136–139. doi: 10.31210/visnyk2017.04.27
  11. Кононенко Л. М. Продуктивність посівів льону олійного за різних норм висіву насіння в умовах південної частини Правобережного Лісостепу. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017. № 1, Т. 1. С. 94–102.
  12. Методика проведення експертизи сортів рослин групи технічних та кормових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. 3-тє вид., випр. і доп. Вінниця, 2017. 74 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e6970317ba.pdf>
  13. Ляльчук П. П., Бахмат М. І. Фотосинтетичні показники і урожайність льону олійного залежно від впливу агротехнічних факторів. *Рослинництво XXI століття: виклики та інновації* : матер. III Міжнар. наук. прак. конф. (м. Київ, 25–26 верес. 2019 р.). Київ, 2019. С. 153–154.
- ## References
1. 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. *Naukovo tehničnij bületen Institutu olijnih kul'tur NAAN* [Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS], 17, 116–120. [in Ukrainian]
  2. Polyakova, I. O. (2019). Selective evaluation of varietal resources of oilseed flax. *Naukovo tehničnij bületen Institutu olijnih kul'tur NAAN* [Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS], 27, 79–87. doi: 10.36710/ioc 2019 27 09 [in Ukrainian]
  3. Liach, V. O., & Drozd, I. N. (2012). Variability of economically valuable features in linseed oil in the conditions of the Precarpathian region. *Bületen Institutu sil's'kogo gospodarstva stepovoi zoni NAAN Ukraini* [Bulletin Institute of Agriculture of Steppe zone NAAS of Ukraine], 2, 66–72. [in Ukrainian]
  4. Mahova, T. V., & Poliakov, O. I. (2015). Formation of flax is oily (*Linum humile* Mill.) yield of variety Kivik under the influence of sowing time and seeding rates. In *Naukovi zdobutky molodi – vyrišhyty problemu APK: tezy dopovidei Vseukrains'koi naukovoï konferentsii molodykh vchenykh* [Scientific achievements of young people – to solve problems of agroindustrial complex: abstracts of All Ukrainian Sci. Conf. of Young Scientists] (pp. 21–22). June 25, 2015, Zhytomyr, Ukraine. [in Ukrainian]
  5. Drozd, I., Shpek, M., Lupak, O., & Lytvyn, O. (2017). Influence of biological peculiarities of the sort on qualitative indices of oil flax in the Precarpathian area of Ukraine. *Visnik Lviv's'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Agronomiâ* [Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agronomy], 21, 142–147. [in Ukrainian]
  6. Tovstanovska, T. H. (2015). Variation in components of oil flax seed productivity under conditions of Steppe of the Ukraine. *Naukovo tehničnij bületen Institutu olijnih kul'tur NAAN* [Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS], 22, 90–97. [in Ukrainian]
  7. Oniukh, Yu. M., Didukh, V. F., & Taraimovych, I. V. (2016). Investigation of the conditions of growing flax oil. *Sil's'kogospodars'ki mašini* [Agricultural Machines], 34, 104–110. [in Ukrainian]
  8. Sheremet, Yu. V. (2015). The productivity of oilseed flax varieties depending on the elements of cultivation technology in the Polissia region of Ukraine (Extended Abstract of Cand. Agric. Sci. Diss.). NSC "Institute of Agriculture NAAS", Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
  9. Okkert, A. V. (2013). Influence of sowing rates on the formation of flax productivity of the Vodograi oil variety. *Naukovo tehničnij bületen Institutu olijnih kul'tur NAAN* [Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS], 18, 118–121. [in Ukrainian]
  10. 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. *Visn. Poltav. derž. agrar. akad.* [News of Poltava State Agrarian Academy], 4, 136–139. doi: 10.31210/visnyk2017.04.27 [in Ukrainian]
  11. 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. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalno ho ahroekolohichnoho universytetu* [Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University], 1(1), 94–102. [in Ukrainian]
  12. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2017). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy tekhnichnykh ta kormovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methods of examination of plant varieties of technical and fodder groups for suitability for distribution in Ukraine]. (3<sup>rd</sup> ed., rev.). Vinnytsia: N.p. Retrieved from <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e6970317ba.pdf>. [in Ukrainian]
  13. Lialchuk, P. P., & Bakhmat, M. I. (2019). Photosynthetic indicators and productivity of flax oil depending on the influence of agro technical factors. In *Roslynnytstvo XXI stolittia: vyklyky ta innovatsiï: tezy III Mizhnarodnoi naukovo praktychnoi konferentsii* [21<sup>st</sup> Century Crops: Challenges and Innovations: Proc. of the 3<sup>rd</sup> Int. Sci. and Pract. Conf.] (pp.153–154). Sept. 25–26, 2019, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]

УДК 633.854.54: 631.5 (477.43 + 477.4)

**Ляльчук П. П.** Сравнительная характеристика сортов льна масличного при возделывании в условиях Западной Лесостепи Украины // Plant Varieties Studying and Protection. 2020. Т. 16, № 1. С. 55–62. <https://doi.org/10.21498/2518 1017.16.1.2020.201350>

*Хмельницький обласний державний центр експертизи сортів рослин, ул. Каменецька, 2, г. Хмельницький, 29000, Україна, e mail: mr.lialchuk@gmail.com*

**Цель.** Изучить влияние различных сроков посева, норм высева семян на морфологические и урожайные параметры сортов льна масличного *Linum humile* Mill. селекции Института масличных культур НААН Украины 'Орфей', 'Світлозір' и 'Водограй'. **Методы.** Исследования проводились на протяжении 2018–2019 гг. в филиале Украинского института экспертизы сортов растений – Хмельницком областном государственном центре экспертизы сортов растений, с. Требуховцы Летичевского района Хмельницкой области. Изучали следующие факторы: срок посева (15, 20, 25 апреля); норму высева семян млн шт./га (4,0;

6,0; 8,0); сорта льна масличного 'Орфей', 'Світлозір', 'Водограй'. Закладка опытов, оценка материала, анализ растений, урожая и качества семян проведены в соответствии с Методикой проведения квалификационной экспертизы сортов растений на пригодность к распространению в Украине. **Результаты.** Установили достоверную разницу между вариантами по норме высева семян и срокам посева. Сорта льна масличного оценили по морфологическим и урожайным показателям в зависимости от исследуемых факторов. Высшую урожайность и лучшие морфологические показатели за годы исследований наблюдали у сор

та льна масличного 'Світлозір' при строке посева 20 и 25 апреля и норме высева семян 6,0 и 8,0 млн семян на гектар. Независимо от сорта лучшей по всем вариантам была норма высева семян 6,0 и 8,0 млн шт./га. Больше количество коробочек, количество семян в коробочке и массу семян с одного растения формировал сорт льна масличного 'Світлозір' по сравнению с сортами 'Орфей' и 'Водограй' за вышеупомянутыми факторами. При раннем строке посева независимо от сорта и нормы высева наблюдали наименьшую величину морфологических и урожайных

показателей у растений льна масличного. **Выводы.** Для более полной реализации генетического потенциала сортов льна масличного по морфологическим и урожайным показателям в условиях Лесостепи Западной нормы высева семян должна составлять 6,0 и 8,0 млн шт./га при сроках посева 20 и 25 апреля. Высшей урожайностью и улучшенными морфологическими показателями характеризовался сорт льна 'Світлозір'.

**Ключевые слова:** *Linum humile Mill; норма высева; срок посева; морфологические показатели; урожайность.*

UDC 633.854.54:631.5 (477.43+477.4)

**Lialchuk, P. P.** (2020). Comparative characteristics of oilseed flax varieties in Western Forest Steppe of Ukraine conditions. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(1), 55–62. <https://doi.org/10.21498/25181017.16.1.2020.201350>

*Khmelnytskyi oblast state centre of plant varieties expertise, 2 Kamenetska St., Khmelnytskyi, 29000, Ukraine, e mail: mr.lialchuk@gmail.com*

**Purpose.** To study the effect of different sowing periods, seed sowing rates onto morphological and crop capacity indicators of oilseeds flax of Ukrainian varieties: 'Orfei', 'Svitlozir' and 'Vodohrai'. **Methods.** The research was conducted in 2018–2019 in the branch of Ukrainian institute of plant varieties expertise in Khmelnytskyi oblast state centre of plant varieties expertise, village Trebukhivtsi, Letychiv region, Khmelnytskyi oblast. The following factors are studied: sowing period (15, 20, 25 April); seed sowing rates in million items per hectare (4, 6, 8); varieties of oilseed flax from The Institute of oilseed plants of National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine: 'Orfei', 'Svitlozir' and 'Vodohrai'. Embedding experiments, material estimation, plants, harvest and seeds analysis are done in accordance with the "The method for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine". **Results.** The credible difference between the variants according to the rate of sowing the seed and the terms of sowing was defined. The estimation of the oilseed flax varieties according to the morphological and harvesting indicators was done.

The variety of oilseed flaxseed 'Svitlozar' demonstrated higher harvest rate and morphological indicators in a sowing period of 20–25 April and the sowing rate 6 and 8 million seed per 1 hectare. It was also revealed, that regardless of a variety, the sowing rate of 6 million seeds per one hectare is the best of all. A better number of capsules, the seeds in the capsules and the weight of the seeds in the plant was formed by the variety 'Svitlozir' compared to the varieties 'Orfei' and 'Vodohrai'. With early sowing period, the smallest values of morphological and yield indices were observed in the varieties of flaxseed, irrespective of the variety and norms of seeding. **Conclusions.** For more full realization of the genetic potential of the varieties of oilseed flax according to the morphological and harvest indicators in the conditions of Western Forest Steppe the sowing rate must be 8 million seeds per one hectare, and the sowing period of 20–25 April. The variety 'Svitlozir' is characterized by its higher crop capacity and morphological indicators.

**Keywords:** *Linum humile Mill; sowing rate; sowing term; morphological indicators; crop capacity.*

*Надійшла / Received 19.02.2020*

*Погоджено до друку / Accepted 12.03.2020*

# Модель адаптивної інформаційної системи прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур

С. І. Мельник<sup>1</sup>, О. І. Присяжнюк<sup>1, 2\*</sup>, Є. М. Стариченко<sup>1</sup>, К. М. Мажуга<sup>1</sup>,  
В. В. Бровкін<sup>1</sup>, О. М. Мартинов<sup>1</sup>, В. В. Маслечкін<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна

<sup>2</sup>Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна,

\*e mail: ollpris@gmail.com

**Мета.** Розробити основні компоненти моделі адаптивної інформаційної системи прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур. **Методи.** Для проведення досліджень із встановлення основних структурних елементів адаптивної інформаційної моделі прогнозування продуктивності основних сільськогосподарських культур використовували метод побудови динамічних моделей. **Результати.** Детально проаналізовано концептуальні підходи до побудови математичних сільськогосподарських моделей і встановлено основні переваги й недоліки сучасних аналогів. Адаптивна інформаційна модель базується виключно на потребах рослини і власне на необхідності забезпечити ці потреби доступними ресурсами для отримання стабільно високої врожайності з високими показниками якості. Програмно апаратний комплекс повинен мати зворотній зв'язок між його основними структурними елементами, адже за рахунок цього значно підвищується точність прогнозування продуктивності рослин. Дані, визначені на основі роботи певних механізмів або показники погодних умов та їхні прогнози використовують для прийняття рішень, однак, у випадку їхньої суттєвої зміни рішення про окремі елементи технології переглядають. Програмний продукт повинен бути пов'язаний з економічною частиною і при створенні рекомендацій враховувати кон'юнктуру ринку та прогнозні дані. У разі низької закупівельної ціни на продукцію рекомендувати застосовувати, чи не застосовувати певні агротехнічні операції (скажімо, підживлення по вегетації), крім того, коригувати їх у разі суттєвої зміни умов вирощування – коли застосування цих агрозаходів буде неефективним за рахунок негативної дії посухи тощо. **Висновки.** Адаптивну інформаційну систему прогнозування продуктивності в технологічному процесі вирощування сільськогосподарських культур формують на базі моделі, яка складається з трьох модулів ознак – підсумкової і двох компонентних. На кожному наступному етапі реалізації моделі підсумкова ознака стає компонентною, причому з максимальним внеском у підсумкову ознаку наступного модуля.

**Ключові слова:** математичне моделювання; динамічні моделі; ріст і розвиток рослин; урожайність.

## Вступ

Математична модель – це по суті наближений до оригіналу певного об'єкту образ, точність якого визначають складністю математичного апарату емпіричних і теоретичних уявлень, які лежать в основі моделі [1–4].

Класичні прості моделі росту широко використовують для опису багатьох біологіч-

них процесів та легко адаптують, використовуючи стандартне статистичне програмне забезпечення, а їхні параметри дозволяють доволі широко інтерпретувати отримані дані. Однак, такі моделі, як правило, визначені для певних умов певної культури, а отримані результати не можна поширити на іншу зону вирощування. Також такі моделі не враховують динаміку змін біологічних процесів, природні втрати вегетативної маси чи, скажімо, обмежувальний вплив декількох факторів на ріст і розвиток рослин [5–8].

Усі сучасні сільськогосподарські моделі будують на основі опису процесів енерго- і масообміну між рослинами та умовами їхнього вирощування. Основні типи моделей, що використовують, можна поділити на імітаційні та динамічні [9–14].

Імітаційні моделі продукційного процесу лише формально описують в електронному вигляді процеси, що відбуваються з рослиною на полі, насправді ж у них реальний живий об'єкт замінено комп'ютерним імітатором. Точність такої моделі повністю базу-

Serhii Melnyk

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_5514\\_5819](https://orcid.org/0000_0002_5514_5819)

Oleh Prysiazhniuk

[http://orcid.org/0000\\_0002\\_4639\\_424X](http://orcid.org/0000_0002_4639_424X)

Yevhen Starychenko

[http://orcid.org/0000\\_0001\\_8608\\_5268](http://orcid.org/0000_0001_8608_5268)

Kostiantyn Mazhuha

[http://orcid.org/0000\\_0002\\_1434\\_8687](http://orcid.org/0000_0002_1434_8687)

Volodymyr Brovkin

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_3973\\_2255](https://orcid.org/0000_0002_3973_2255)

Oleksii Martynov

[http://orcid.org/0000\\_0001\\_7680\\_7490](http://orcid.org/0000_0001_7680_7490)

Vasyl Maslechkin

[https://orcid.org/0000\\_0003\\_3140\\_8335](https://orcid.org/0000_0003_3140_8335)



ється на сукупності знань і передбачень зміни росту і розвитку рослин залежно від впливу навколишнього середовища [15].

Динамічні моделі дозволяють точніше прогнозувати ріст і розвиток рослин та аналізувати наслідки впливу зовнішніх факторів за рахунок відтворення змін, що відбуваються з об'єктом та особливостей його функціонування залежно не тільки від вихідних даних, а й інформації про стан системи [16–21].

Отже, динамічні моделі повніше описують процеси, адже вони дозволяють врахувати дискретно-безперервний характер природних явищ [22, 23]. Однак, у стадіях росту і розвитку рослин можна виділити періоди, які різко відрізняються один від одного за інтенсивністю й спрямованістю впливу факторів, своєрідні критичні точки. Тому вплив умов вегетаційного періоду та агротехніки повинні бути синхронізовані з реальним настанням фенологічних фаз росту і розвитку рослин, щоб модель змогла реально оцінити вплив того чи іншого фактору на рослини [24].

Перші дієві моделі прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур з'явилися на початку 1970-их років. Здебільшого такі моделі були призначені виключно для проведення на їхній базі нових досліджень, адже накопичених знань було недостатньо для їхнього виробничого використання [25, 26].

Розвиток питань моделювання в 70–80-их роках в СРСР та решті світу відбувався синхронно, проте варто відмітити ряд відмінностей і принципових підходів до побудови моделей. Передусім глибокі знання фізіології та потужний математичний апарат, закладений в базис вітчизняних моделей росту і розвитку сільськогосподарських культур, Константинова О. Р., Дмитренко В. П., Образцова О. С., Галяміна Е. П., Сиротенка О. Д., Антоненко В. С., Польового А. М. дозволив контролювати багато параметрів та отримати високі показники їхньої точності [27–31]. Однак складність реалізації та відсутність широкого розповсюдження комп'ютерної техніки призвели до того, що розроблені моделі не мали практичної реалізації та впровадження у виробничі процеси [13, 27, 31].

У той же час в західних країнах на початку 1980-их з'явилися перші програми, орієнтовані на прийняття рішень стосовно планування зрошення, необхідності боротьби зі шкідниками та хворобами тощо [32–34].

Комплексна біофізична модель «погода–грунт–урожай» О. Р. Константинова враховує біологічні особливості культури, гідрометеорологічні елементи, родючість ґрунту й агротехніку вирощування, отже, вона має

чотири блоки: біологічний, метеорологічний, родючості ґрунту та агротехніки [30].

Модель урожайності сільськогосподарських культур В. П. Дмитренка враховує вплив на врожайність різних факторів у динаміці за періоди вегетації та побудована для озимої пшениці, ярого ячменю, кукурудзи, озимого жита, картоплі, буряків цукрових і соняшнику [28].

Комплексна модель формування врожайності кормових і зернових культур О. С. Образцова враховує вплив факторів на врожай у вигляді добутку максимальної потенційної врожайності культури в оптимальних умовах і нормованих функцій оптимальності факторів навколишнього середовища та елементів технології вирощування [31].

Модель формування врожаю агробіоценозу сільськогосподарських культур Е. П. Галяміна має блокову структуру, в якій описано вплив біотичних та абіотичних процесів. По суті перший блок накопичення або приростів біомаси описує збільшення її за рахунок асиміляції вуглекислоти повітря і надходження елементів мінерального живлення з ґрунту, а другий блок описує перерозподіл цих речовин в окремих органах у вигляді системи динамічних рівнянь [29].

Модель формування врожаю сільськогосподарських культур О. Д. Сиротенка враховує вплив факторів навколишнього середовища на продуктивність рослин не тільки через процес фотосинтезу, але й через процеси дихання і старіння тканин та призначена для використання в автоматизованій системі агрометеорологічного забезпечення сільського господарства. Рослини в моделі розглядають як функціонально диференційоване ціле, у якому виділено п'ять структурних одиниць: листки, стебла, корені, оболонка колоса і зерно. Крок моделі – одна доба [27].

Модель впливу агрометеорологічних умов на ріст, розвиток і формування урожаю озимої пшениці В. С. Антоненко побудована на знаннях щодо чотирьох періодів життєдіяльності озимої пшениці: проростання насіння, осінньої вегетації, перезимівлі рослин та весняно-літньої вегетації. Також окремо розташовують блок агрометеорологічних факторів. Усі блоки описують математичними рівняннями в межах кожного з факторів впливу з урахуванням розвитку ситуації як з точки зору оптимального, так і неоптимального фізіологічного значення факторів, необхідних для росту і розвитку пшениці озимої [35].

Базову динамічну модель формування врожаю сільськогосподарських культур А. М. Польового визначають, виходячи з закономір-

ностей формування гідрометеорологічного режиму у системі «ґрунт–рослина–атмосфера» і біологічних уявлень про ріст і розвиток сільськогосподарських культур під впливом чинників зовнішнього середовища. Модель складається з восьми блоків: вхідної інформації; радіаційно-теплогового режиму рослинного покриву; водного режиму рослинного покриву; фотосинтезу; дихання і старіння рослин; мінерального живлення та росту рослин. В основі моделі лежить система рівнянь радіаційного, теплового і водного балансів, балансу біомаси (вуглеводу та азоту) в рослинному покриві [27].

Моделі міжнародних шкіл моделювання можна класифікувати за декількома принципово відмінними напрямками: модель продукційного процесу рослин Сеппа-Тоомінга, різноманітні моделі голландської школи моделювання «School of de Wit», моделі американської та англійської шкіл моделювання продукційного процесу сільськогосподарських культур [36–41].

В основу моделі продукційного процесу рослин Сеппа-Тоомінга покладено концепцію максимальної продуктивності рослин Х. Г. Тоомінга і метод еталонних урожаїв, який впливає з цієї концепції. При цьому потенційну врожайність визначають шляхом врахування фотосинтетично-активної радіації (ФАР) та біологічних особливостей культури (сорт) при оптимальному режимі метеорологічних факторів, а метеорологічно можливу врожайність розглядають як найвищу врожайність в існуючих метеорологічних умовах [42, 43].

У різноманітних моделях, що базуються на класичних підходах голландської школи моделювання «School of de Wit» продукційний процес рослин представлено у вигляді системи інтенсивної взаємодії таких процесів як асиміляція CO<sub>2</sub>, дихання, ріст і розвиток. Швидкість протікання цих фізіологічних процесів визначають умови навколишнього середовища [40, 44, 45].

Логічним продовженням ідей голландської школи моделювання було створення моделей: ELCROS (Elementary CROp Simulator), BACROS (Basic CROp growth Simulator), в яких вологозабезпеченість і мінеральне живлення не лімітують продуктивності рослин. Модель PHOTON (simulation of daily PHOTOSynthesis and transpiration), створена на базі BACROS, деталізованіша та з меншим часовим кроком [26].

Наступним етапом розвитку даних моделей було створення моделі ARID CROP, яка враховує вплив вологості на продуктивність сіль-

ськогосподарських культур. А модель PARRAN (Production of Arid Pastures limited by Rainfall and Nitrogen) зважає на особливості зміни вмісту азоту в ґрунті та вплив його доступності на продуктивність рослин [40, 46].

Варто відмітити вагомий внесок у розвиток моделювання рослин таких моделей як SUCROS [40], CERES і CROPGRO [47]. Доволі цікавою в плані нетрадиційної реалізації концептуальних підходів голландської школи моделювання «School of de Wit» є модель LINTUL, у якій швидкість росту біомаси розраховують як продукт перехоплення радіації рослинністю й ефективності використання світла [46].

З часом агрогідрологічну модель SWATR було трансформовано в модель SWAP (Soil–Water–Atmosphere–Plant). Фактично вона є деталізованою агрогідрологічною моделлю, в якій моделюються взаємозв'язки між ґрунтом, водою, погодою і рослиною, та базується на рівнянні Річардса, яке моделює транспорт води в комбінації із законом Дарсі і законом збереження маси [48, 49]. У SWAP відображено три моделі росту рослин: проста модель, деталізована модель (WOFOST) і проста модель, пристосована для моделювання росту трав [48–50].

Модель WOFOST (World Food Studies) детально розглядає фотосинтез і розвиток рослин, а також вплив водного і соляного стресу на розвиток рослин. На даний час параметри цієї моделі визначено для озимої пшениці, кукурудзи, ярого ячменю, рису, буряків цукрових, картоплі, кормових бобів, сої, озимого ріпаку і соняшнику [51–55].

До американської школи моделювання належить CERES-Wheat, яка відображає вплив густоти рослин, погоди, вологості ґрунту і вмісту азоту на ріст, розвиток і формування врожаю злаків. Модель має декілька рівнів прогнозу і контролю – як локальний, так і регіональний [56–58]. Вона прогнозує фази розвитку, кількість листків на головному стеблі, кількість пагонів і кількість зерен в колосі. Фактично модель CERES-Wheat розроблено для оцінювання продуктивності різних пшениць, з точки зору формування ними потенційного врожаю [59].

Команда розробників постійно вдосконалює свій продукт і на даний час моделі CROPGRO та CERES є частиною набору з прогнозування росту сільськогосподарських культур, наявних у програмному забезпеченні під назвою «Система підтримки прийняття рішень для передачі агротехнологій (DSSAT)» [47, 60, 61]. Однак система DSSAT має низку обмежень, що ускладнюють її екс-

платуацію та не дозволяють користувачам легко інтегрувати ці моделі та імітувати вплив сівозмін, що важливо з точки зору ведення сучасного землеробства [60, 61].

Модель EPIC було розроблено для оцінювання продуктивності ґрунтів, що постраждали від ерозії, вона також забезпечує ефективне моделювання багаторічних культур, хоча й має обмеження через простоту описів процесів росту і розвитку [34].

Модель CropSyst накопичує багаторічні експериментальні дані та на відміну від аналогів має щоденний крок моделювання врожаю, а не з огляду на настання певних фенологічних фаз росту і розвитку. Модель імітує баланс вологи в ґрунті, азоту в системі «ґрунт-рослини», ріст і розвиток рослин, накопичення сухої речовини, врожайність, виробництво і розкладання залишків та ерозію. Варіанти управління включають: вибір сорту, сівозміну, зрошення, підживлення азотом, обробку ґрунту (понад 80 варіантів) та управління залишками. Модель адаптована для таких культур як кукурудза, пшениця, ячмінь, соя, картопля, сочевиця, сорго, люпин, чай і виноград [62–70].

Симулятор сільськогосподарських виробничих систем (APSIM) подібний до моделі CropSyst та представлений платформою для моделювання сільськогосподарських систем. Він містить набір модулів, які дозволяють моделювати системи для різноманітних взаємодій рослин, ґрунту, клімату і технологій вирощування [71–78].

Крім універсальних варто згадати й окремий напрям моделей, які адаптовано під певні культури, скажімо, буряки цукрові. Такі моделі як SUBGRO [79], SUCROS [46], Patefield та Austin [80] мають складну фізіологічну основу, що вимагає великої кількості параметрів, але не враховують особливості динамічного розподілу асимілятів у рослині. Їхнім недоліком є обмеження регіоном та умовами, для яких їх було розроблено.

Для успішного оцінювання біологічного потенціалу сортів сільськогосподарських культур потрібні знання про істотність внеску окремих ознак у формування врожаю та якості. Адже власне знання мінливості ознак у поєднанні з фізіологічними аспектами їхнього формування дозволять розробити та запровадити агротехнічні прийоми впливу на рослину [81–84].

При створенні математичних моделей рослин одним з найпріоритетніших сучасних завдань є розроблення адаптивних систем з розвинутими механізмами самоналаштування, які забезпечуватимуть стійкість функціо-

нування і стабільність кінцевого продукту в конкретних умовах зовнішнього середовища. Управління адаптивними системами якісно інше – не через регулювання зовнішнього середовища, а через вплив на внутрішні процеси, тобто регуляція біологічних процесів синтезу органічної речовини, перетворення її в корисну продукцію росту й розвитку і в цілому фенотипової реалізації генетичної інформації [85–88].

Розроблені моделі повинні містити таку інформацію: характеристику зони вирощування сорту, детальний опис селекційно значущих ознак з доказами їхнього значення для продуктивності, якості продукції і стійкості проти несприятливих факторів середовища. Тому вирішальними стають знання біологічних процесів і управління ними, моделювання стає наукоємним й інформаційно ємним, а управління інформаційними ресурсами – центральною проблемою розробки моделі [13, 89–91].

Загалом продуктивність рослин може бути сформована за рахунок оптимального співвідношення усіх елементів структури. Адже за ліміту факторів, необхідних для розвитку одного з елементів структури рослин, індивідуальний рівень продуктивності можна компенсувати повнішим розвитком інших елементів. Також загальновідомим є те, що окремі елементи структури, що визначають продуктивність рослин, закладаються на різних етапах органогенезу, а тому для їхнього оптимального розвитку необхідні різні, інколи контрастні умови. І фактори, що обмежували формування однієї ознаки, слугують своєрідними каталізаторами для іншої [92–95].

Проте, за настання несприятливих умов вирощування чи не дотримання базових вимог технології вирощування сортів не варто покладатись на адаптивний потенціал рослин як засіб формування високого рівня продуктивності. Адже межі варіабельності кожного окремого елемента структури продуктивності можливі лише за певних, генетично визначених меж його пластичності [96, 97, 99].

*Мета досліджень* – розробити основні компоненти адаптивної інформаційної системи прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур.

### Методи досліджень

Для проведення досліджень зі встановлення основних структурних елементів адаптивної інформаційної системи прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур використовували метод побудови дина-

мічних моделей. Динамічні моделі включають в себе три різновиди динаміки системи: функціонування, росту і розвитку. За першого варіанту динаміки системи враховують процеси, спрямовані на виконання системою своїх функцій, а моделі росту і розвитку системи дозволяють спрогнозувати параметри системи упродовж тривалого проміжку часу.

При побудові динамічної моделі враховували, що процеси її росту і розвитку не є взаємозамінними, адже ріст систем пов'язаний із збільшенням їхніх розмірів, включенням у систему об'єктів із зовнішнього середовища, матеріальних та інших ресурсів. Розвиток безпосередньо відбувається без збільшення розмірів системи, а інколи навіть при її оптимізації та зменшенні, і передбачає зміну зв'язків між елементами моделі, спрощення, удосконалення окремих функцій тощо. Особливо яскраво дані процеси трансформації моделі відповідають біологічним закономірностям росту і розвитку рослин.

Моделювання динамічних систем проводили за використання методів, заснованих на теорії множин, а тому сукупність станів системи може бути дискретною, або ж неперервною. Відповідно динаміку системи розглядали як послідовний перехід системи з одного стану в інший. Для вивчення динаміки систем будували множини вхідних і вихідних процесів.

Визначення основних структурних компонентів моделі адаптивної інформаційної системи прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур проводили з використанням емпіричної, теоретичної та математичної частин. До емпіричної частини відносили аналіз масиву експериментальних даних, що накопичуються Інститутом експертизи сортів рослин в польових дослідженнях (фенологічні спостереження, продуктивність та якість врожаю сортів різних культур в умовах пунктів досліджень, тощо). Теоретичну частину базували на основних концепціях, необхідних для об'єднання й пояснення з єдиної точки зору отриманих експериментальних закономірностей та явищ. Математична частина включала в себе основні методи обробки експериментальних даних: дисперсійний, кореляційно-регресійний, кластерний аналіз.

Першим кроком до побудови моделі було опрацювання емпіричної частини масиву експериментальних даних за допомогою математичних методів аналізу. На основі проведених аналізів було вдосконалено структуру теоретичної частини моделі адаптивної

інформаційної системи прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур.

### Результати досліджень

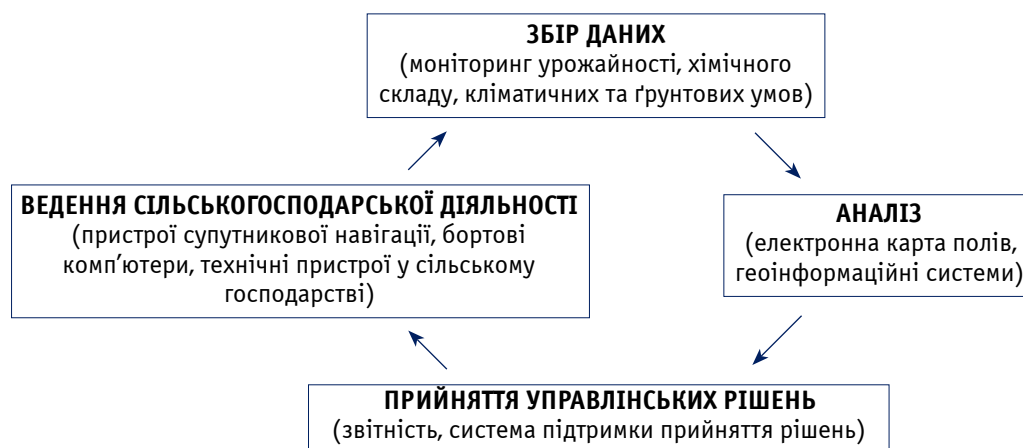
В основу побудови головних структурних компонентів моделі адаптивної інформаційної системи прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур покладено ієрархічність прояву ознак в онтогенезі та відповідність їхнього прояву в органогенезі. Оскільки етапи реалізації в фенотипі ознак відображають фази росту і розвитку рослин, то взаємозв'язок між компонентами моделі можна вважати показником динамічної впорядкованості взаємодії між елементами генетичної системи.

За аналогією з моделями, висвітленими в працях В. А. Драгавцева, П. П. Літуна та А. Л. Зозулі, модель складається з трьох модулів ознак – підсумкової і двох компонентних. Суттєвою відмінністю від пропонованих підходів до моделювання є використання розробленої нами моделі для прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур, а підходи, описані в працях інших науковців, спрямовані на опис існуючих взаємозв'язків та їхнього внеску у формування продуктивності сортів сільськогосподарських культур.

За підсумкові ознаки беруть ті, що мають між собою екологічно стабільні зв'язки та найвищий сумарний внесок у кінцеву підсумкову ознаку – продуктивність рослин. На кожному наступному етапі побудови моделі підсумкова ознака стає компонентною, причому з максимальним внеском у підсумкову ознаку наступного модуля.

Моделі ознак продуктивності досліджуваних сортів мають такі спільні риси: значення ознак продуктивності обумовлені біологічними особливостями конкретного сорту; їхню варіабельність визначають реакцією генотипу на зміну умов вирощування; підсумкова ознака характеризується стабільно високим кореляційним зв'язком з ознакою, що в наступному модулі є підсумковою.

На даний час існує безліч використовуваних на практиці моделей, особливо яскраво їхні особливості можна показати на прикладі систем точного землеробства. Такі практичні моделі, на відміну від теоретичних чи суто наукових, спрямовані на вирішення питання точного передбачення потреб рослин та, відповідно, прогнозування їхнього врожаю. Загалом для розуміння принципів відмінностей їхньої побудови можна сформувати загальну структуру таких моделей (рис. 1).



**Рис. 1. Структура формування моделей, що використовують в системах точного землеробства**

Основними недоліками практичної реалізації моделей, які покладено в основу систем точного землеробства є те, що вони розроблені як продукт, який повинні використовувати в своїй професійній роботі біологи та агрономи. З практичної точки зору моделі WOFOST, CERES, CropSyst та аналогічні їм потребують від агрономів глибоких знань. Альтернативою є запровадження систем точного землеробства.

Суто технічний підхід до вирішення проблем моделювання полягає в тому, що детальний аналіз потреб рослин та побажання агрономів ставлять на друге місце в гонитві за технічною досконалістю та простотою випуску готової технічної продукції. Так широко впроваджують окремі модулі (контроль палива, переміщення техніки, агрохімічні карти, карти врожайності культур) без прив'язування їх до єдиної цілісної системи прийняття рішень.

Переважна більшість методів дистанційного аналізу станів рослин ґрунтується лише на обробленні супутникових або аерофотознімків, або на обробленні даних, отриманих із сенсорів агротехнічних знарядь. Тобто, сенсори можуть не контактувати на пряму з рослинами, а комп'ютерні системи аналізу проводять усереднення інформації за закритим алгоритмом без її уточнення. У результаті отримання інформації за допомогою таких методів важко визначити чи зміна кольору листків рослин на фото була наслідком хвороб листкового апарату, чи неправильного застосування агрохімікатів, чи тимчасової недоступності, чи постійного дефіциту елементів живлення в ґрунті тощо. Тому аналіз отриманої таким чином інформації не може забезпечити достатню точність прогнозування, адже цифрові технології запрограмовані ігнорувати похибки, особливо

такі, що не передбачені алгоритмом відповідних програм. Сучасні методи точного землеробства, зазвичай, не передбачають комунікацій між собою та зворотнього зв'язку, необхідного для коригування рішень в процесі зміни умов вирощування внаслідок дії непереборних факторів. Таким чином, важливо сформувати основну структуру цифрової технології рослин як таку, що взаємодіє з рослинами за допомогою відповідного технічного, інформаційного, програмного та математичного забезпечення (рис. 2).

Саме наявність зворотнього зв'язку, реалізованого за допомогою відповідних алгоритмів роботи з інформацією, та автоматизованих датчиків дозволить постійно верифікувати дані та отримувати продукт високої точності. Через постійне коригування моделі можна уникнути накопичення систематичної похибки.

Серед усіх представлених компонентів структури взаємодії цифрової технології рослин найбільше вивчені математичне, інформаційне та програмне забезпечення. При побудові конкретних математичних моделей можна доволі швидко адаптувати ці модулі до особливостей структури взаємодії основних компонентів. А технічне забезпечення в плані створення та впровадження нових сенсорів визначення стану рослин потребує особливої уваги. Адже, від цього залежить не тільки точність моделі а й крок моделі – власне з яким часовим інтервалом можна буде прогнозувати вплив на рослини змін умов вирощування та відповідно реагувати на них.

Відповідно, для створення точної моделі отримувана інформація повинна базуватись на застосуванні сучасних сенсорів, які інтегрують в агроценоз поля і передають інформацію про стан рослин та умови навколишнього

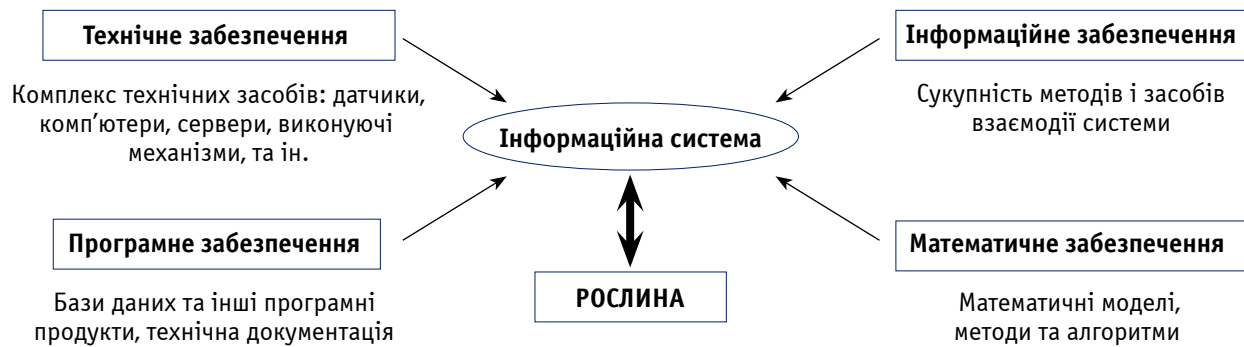


Рис. 2. Структура взаємодії основних компонентів цифрової технології вирощування рослин

середовища в режимі он-лайн 24 години на добу 7 днів на тиждень. Інформацію, отриману з приладів, легко співвідносити з даними метеорологічних та агрохімічних спостережень. За рослинами можна спостерігати як до проведення основних агротехнічних операцій, так і під час їхнього виконання і після (чого не зробиш в ручному режимі одразу після застосування, скажімо, пестицидів). Сенсори об'єднують в єдину систему, їхні дані передають в єдину мережу, концентрують та обробляють за допомогою одного сервера та відповідного програмного забезпечення. Такі особливості мережевої роботи сенсорів дозво-

ляють не тільки підвищити швидкість зняття інформації (адже ґрунтообробна техніка чи оприскувач, що проходить по полю може знімати дані з сенсорів визначення стану рослин), а й уніфікувати алгоритми та пришвидшити обробку отриманої інформації.

Отже, аналіз і систематизація безлічі математичних моделей та власні теоретичні й практичні напрацювання в побудові математичних моделей рослин дозволяють сформулювати блок-схему основних трьох модулів ознак – підсумкової і двох компонентних моделі прогнозування продуктивності рослин (рис. 3).

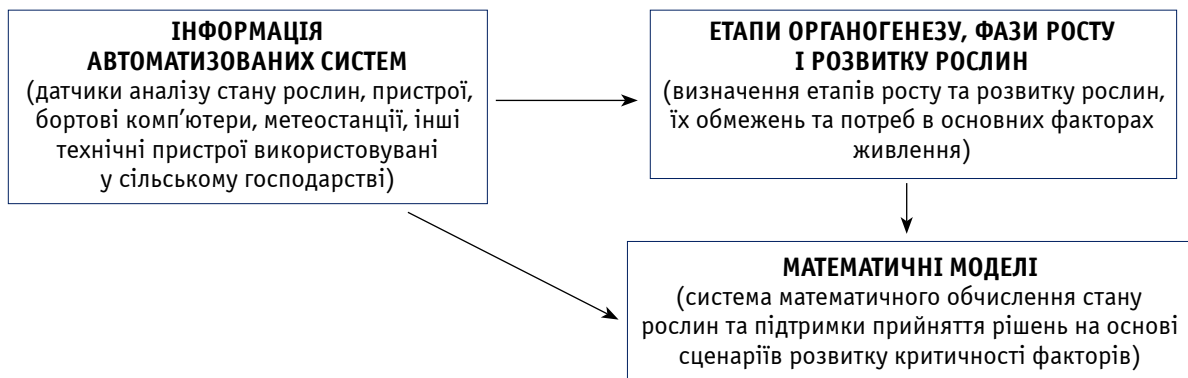


Рис. 3. Модель прогнозування продуктивності рослин

Фактично на кожному етапі росту і розвитку рослин визначають свою блок-схему модулів ознак, які залежать від особливостей впливу факторів вирощування на рослини відповідної культури, критичних періодів росту і розвитку, можливостей опису отримуваних взаємодій математичним апаратом. При цьому крок моделі може відповідати мінімально можливому кроку датчиків, розташованих на полі, хоча доцільніше встановити крок, що відповідає одній добі або ж настанню відповідних фенологічних фаз росту і розвитку культури.

Практична реалізація адаптивної інформаційної системи прогнозування продуктив-

ності культур повинна передбачати окремі аспекти цифрових технологій вирощування, що об'єднують у відповідний програмно-апаратний комплекс:

Цифрова технологія базується виключно на потребах рослини і власне на необхідності забезпечити ці потреби доступними ресурсами для отримання стабільно високої врожайності з високими показниками якості (екологічності, тощо).

Програмний комплекс повинен самонавчатись у процесі накопичення даних для аналізу. Зі збільшенням кількості років прогнозування врожайності повинна зростати точність прогнозів.

Програмно-апаратний комплекс повинен мати зворотній зв'язок між його основними структурними елементами. Дані, визначені на основі роботи певних механізмів або показники погодних умов та їхні прогнози, використовують для прийняття рішень, однак, у випадку їхньої суттєвої зміни рішення про окремі елементи технології переглядають.

Програмний продукт повинен бути пов'язаний з економічною частиною і враховувати кон'юнктуру ринку та прогнозні дані. У випадку низької закупівельної ціни на продукцію – рекомендувати застосовувати чи не застосовувати певні агротехнічні операції (скажімо, підживлення по вегетації), коригувати їх у разі суттєвої зміни умов вирощування, коли застосування цих агрозаходів буде неефективним унаслідок негативної дії посухи тощо.

Цифрову технологію вирощування створюють на основі існуючих кращих рішень, наявних на ринку систем точного землеробства, але з використанням власних ключових вузлів «ноу-хау».

Програмний продукт повинен наповнюватись науковими даними з вивчення нових сортів сільськогосподарських культур у різних агрокліматичних зонах України, з дослідження ефективності нових агрозаходів тощо.

Практичне застосування адаптивної інформаційної системи прогнозування продуктивності в технологічному процесі вирощування сільськогосподарських культур дозволить з високою точністю спрогнозувати перебіг процесів росту і розвитку рослин та рекомендувати проведення додаткових агрозаходів, орієнтуючись на багаторічні дані з вирощування культур у конкретному господарстві, а в підсумку – беручи до уваги й оперативну зміну умов вирощування. Фактично система дозволить використовувати дієві елементи технології вирощування та пропонувати зміни в них відповідно до впливу різних факторів, що важко прорахувати без застосування інформаційних технологій.

## Висновки

Упровадження моделі адаптивної інформаційної системи прогнозування продуктивності в технологічному процесі вирощування сільськогосподарських культур дозволить підвищити точність прогнозування перебігу процесів росту і розвитку рослин та рекомендувати проведення додаткових агрозаходів, орієнтуючись на багаторічні дані з вирощування культур у конкретному господарстві.

Дану модель формують на базі трьох модулів ознак – підсумкової і двох компонентних. Підсумковими є ознаки, що мають між собою екологічно стабільні зв'язки та найвищий сумарний внесок у кінцеву підсумкову ознаку – продуктивність рослини. На кожному наступному етапі реалізації генетичної структури ознаки продуктивності підсумкова стає компонентною, причому з максимальним внеском у підсумкову ознаку наступного модуля.

## Використана література

1. Афонников Д. А., Генаев М. А., Дорошков А. В. и др. Методы высокопроизводительного фенотипирования растений для массовых селекционно генетических экспериментов. *Генетика*. Т. 52. № 7. С. 788–803. doi: 10.7868/s001667581607002x
2. Genaev M. A., Doroshkov A. V., Pshenichnikova T. A. et al. Extraction of quantitative characteristics describing wheat leaf pubescence with a novel image processing technique. *Planta*. 2012. Vol. 236, Iss. 6. P. 1943–1954. doi: 10.1007/s00425 012 1751 6
3. Некрасова Г. Ф., Киселева И. С. Экологическая физиология растений. Руководство к лабораторным и практическим занятиям. Екатеринбург, 2008. 157 с.
4. Лаханов А. П. Оценка экологической пластичности и стабильности формирования урожайности зерна у сортов гречихи. *Доклады Россельхозакадемии*. 2001. № 1. С. 6–9.
5. Acutis M., Donatelli M., Stuckle C. O. Performance of two weather generators as a function of the number of available years of measured climatic data. *Proc. First Int. Symp. Modelling Cropping Systems* (Lleida, Spain, 21–23 June). Lleida, 1999. P. 129–130.
6. Acutis M., Donatelli M., Stuckle C. O. Comparing the performance of three weather generators. *Proceedings of the Fifth European Society for Agronomy Congress* (28 June–2 July 1998, Nitra, Slovak Republic). Nitra, 1998. Vol. II. P. 117–118.
7. Allen R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and drainage paper 56*. Rome : UN FAO, 1998. 15 p. URL: <http://www.fao.org/3/X0490E/x0490e00.htm#Contents>
8. Badini O., Stuckle C. O., Franz E. H. Application of crop simulation modeling and GIS to agroclimatic assessment in Burkina Faso. *Agric. Ecosyst. Environ.* 1997. Vol. 64. P. 233–244. doi: 10.1016/s0167 8809(97)00041 8
9. Генаев М. А., Дорошков А. В., Пшеничникова Т. А. и др. Информационная поддержка селекционно генетического эксперимента у пшеницы в системе WheatPGE. *Математическая биология и биоинформатика*. 2012. Т. 7, № 2. С. 410–424. doi: 10.17537/2012.7.410
10. Генаев М. А., Дорошков А. В., Морозова Е. В. и др. Компьютерная система WheatPGE для анализа взаимосвязи фенотип–генотип–окружающая среда у пшеницы. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2011. Т. 15. С. 784–793.
11. Нетевич Э. Д. Влияние условий возделывания и продолжительности изучения на результаты оценки сорта по урожайности. *Вестник РАСХН*. 2001. № 3. С. 34–38.
12. Мельникова О. В., Клименков Ф. И. Оценка адаптивности, пластичности и стабильности сортов ярового ячменя, возделываемых в Брянской области. *Зерновое хозяйство*. 2007. № 3–4. С. 13–15.
13. Лавриненко Ю. О. Эколого генетична мінливість кількісних ознак зернових культур та її значення для селекції в умовах зрошення : дис. ... д ра с. г. наук : 06.01.05 «Селекція рослин» / Ін т землеробства південного регіону. Херсон, 2005. 386 с.
14. Костин В. И., Колбасова Н. И. Анализ экологической пластичности растительных семейств ценозообразователей Поволжского региона. *Известия Оренбургского ГАУ*. 2009. № 3. С. 202–205.

15. Harrison P. A., Butterfield R. E., Orr J. L. Modelling climate change impacts on wheat, potato and grapevine in Europe. *Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe* / T. E. Downing, P. A. Harrison, R. E. Butterfield, K. G. Lonsdale (Eds). Environmental Change Unit, University of Oxford, UK, 2000. P. 367–390.
16. Anderson P. K., Cunningham A. A., Patel N. G. et al. Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends Ecol. Evol.* 2004. Vol. 19, Iss. P. 535–544. doi: 10.1016/j.tree.2004.07.021
17. Audsley E., Pearn K. R., Simota C. et al. What can scenario modelling tell us about future European scale agricultural and use, and what not? *Environ. Sci. Pol.* 2006. Vol. 9. P. 148–168. doi: 10.1016/j.envsci.2005.11.008
18. Baker R. H. A., Sansford C. E., Jarvis C. H. et al. The role of climatic mapping in predicting the potential distribution of non indigenous pests under current and future climates. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2000. Vol. 82. P. 57–71. doi: 10.1016/S0167-8809(00)00216-4
19. Bale J. S., Masters G. J., Hodkinson I. D. et al. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biol.* 2002. Vol. 8. P. 1–16. doi: 10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x
20. Chloupek O., Hrstkova P., Schweigert P. Yield and its stability, crop diversity, adaptability and response to climate change, weather and fertilisation over 75 years in the Czech Republic in comparison to some European countries. *Field Crops Res.* 2004. Vol. 85, Iss. 2–3. P. 167–190. doi: 10.1016/S0378-4290(03)00162-x
21. Christensen J. H., Christensen O. B. A summary of PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century. *Clim. Change* 2007. Vol. 81. P. 7–30. doi: 10.1007/s10584-006-9210-7
22. Hilden M., Lethtonen H. The practice and process of adaptation in Finnish agriculture. FINADAPT Working paper 5, Helsinki, Finnish Environment Institute Mimeographs, 2005. P. 335.
23. Jongman R. H. G., Bunce R. G. H., Metzger M. J. et al. Objectives and application of a statistical environmental stratification of Europe. *Landscape Ecol.* 2006. Vol. 21, Iss. 3. P. 409–419. doi: 10.1007/s10980-005-6428-0
24. Kaukoranta T., Hakala K. Impact of spring warming on sowing times of cereal, potato and sugar beet in Finland. *Agric. Food Sci.* 2008. Vol. 17. P. 165–176. doi: 10.2137/145960608785328198
25. Arkin G. F., Vanderlip R. L., Ritchie J. T. A dynamic grain sorghum growth model. *Trans. ASAE.* 1976. Vol. 19. P. 622–626, 630. doi: 10.13031/2013.36082
26. de Wit C. T., Brouwer R., Penning de Vries F. W. T. The simulation of photosynthetic systems. *Prediction and measurement of photosynthetic productivity. Proceeding IBP/PP Technical Meeting Trebon 1969* / I. Setlik (Ed.). Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 1970. P. 47–50.
27. Польовий А. М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. Одеса : Екологія, 2013. 433 с.
28. Дмитренко В. П. О методике оценки гидрометеорологических условий формирования урожая сельскохозяйственных культур. *Тр. УкрНИГМИ.* 1973. Вып. 128. С. 3–23.
29. Галямин Е. П. Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов в орошении. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1981. 272 с.
30. Константинов А. Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1978. 248 с.
31. Образцов А. С. Системный метод: применение в земледелии. Москва : Агропромиздат, 1990. 303 с.
32. Swaney D. P., Jones J. W., Boggess W. G. et al. Real time irrigation decision analysis using simulation. *Trans. ASAE.* 1983. Vol. 26. P. 562–568. doi: 10.13031/2013.33979
33. Ventrella D., Rinaldi M. Comparison between two simulation models to evaluate cropping systems in Southern Italy. Yield response and soil water dynamics. *Agric. Med.* 1999. Vol. 129. P. 99–10.
34. Williams J. R., Jones C. A., Dyke P. T. A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. *Trans. ASAE* 1984. Vol. 27. P. 129–144.
35. Антоненко В. С. Динамическое моделирование роста, развития и формирования продуктивности озимой пшеницы. Київ : АртЭк, 2002. 64 с.
36. Acutis M., Donatelli M. SOILPAR 2.00: software to estimate soil hydrological parameters and functions. *Eur. J. Agron.* 2003. Vol. 18. P. 373–377. doi: 10.1016/S1161-0301(02)00128-4
37. Bechini L., Bocchi S., Maggiore T. Spatial interpolation of soil properties for irrigation planning. A simulation study in northern Italy. *Eur. J. Agron.* 2003. Vol. 19. P. 1–14. doi: 10.1016/S1161-0301(02)00013-8
38. Belhouchette H., Donatelli M., Braudeau E., Wery J. Test of the cropping systems model CropSyst in Tunisian conditions. *Proceedings Second International Symposium Modelling Cropping Systems*, 16–18 July, Florence, Italy, 2001. P. 47–48.
39. Bindi M., Donatelli M., Fibbi L., Stuckle C. O. Estimating the effect of climate change on cropping systems at four European sites. *Proceedings First International Symposium Modelling Cropping Systems*, Lleida, Spain, 21–23 June, 1999. P. 147–148.
40. Bouman B. A. M., van Keulen H., van Laar H. H., Rabbinge R. The 'School of de Wit' crop growth simulation models: a pedigree and historical overview. *Agric. Syst.* 1996. Vol. 52. P. 171–198. doi: 10.1016/0308-521X(96)00011-X
41. Bouniols A., Cabelguenne M., Jones C. A. et al. Simulation of soybean nitrogen nutrition for a silty clay soil in southern France. *Field Crop Res.* 1991. Vol. 26. P. 19–34. doi: 10.1016/0378-4290(91)90054-y
42. Donatelli M., Acutis M., Fila G., Bellocchi G. A method to quantify time mismatch of model estimates. *Seventh Congress of the European Society for Agronomy*, Cordoba, Spain, July 15–18, 2002. P. 269–270.
43. Donatelli, M., Bellocchi, G., Fontana, F. RadEst3.00: Software to estimate daily radiation data from commonly available meteorological variables. *Eur. J. Agron.* 2003. Vol. 18. P. 363–367. doi: 10.1016/S1161-0301(02)00130-2
44. Ferrer Alegre F., Villar J.M., Castellví F. et al. Contribution of simulation techniques to the evaluation of alternative cropping systems in Andorra. *Proceedings First International Symposium Modelling Cropping Systems*, Lleida, Spain, 21–23 June, 1999. P. 177–178.
45. Marchetti, R., Donatelli, M., Spallacci, P. Testing denitrification functions of dynamic crop models. *J. Envir. Qual.* 1997. Vol. 26, Iss. 2. P. 394–401. doi: 10.2134/jeq1997.00472425002600020009X
46. Spitters C J T, van Keulen H, van Kraailingen D W G. A simple and universal crop growth simulator: SUCROS87. In: Rabbinge R, Ward SA, van Laar HH, eds. *Simulation and systems management in crop protection. Simulation Monographs* 32, Pudoc, Wageningen, 1989. P. 147–181. doi: 10.1007/bf00024963
47. Boote, K. J., Jones, J. W., Hoogenboom, G., Pickering, N. B. The CROPGRO model for grain legumes. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds.), *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1998. P. 99–128. doi: 10.1007/978-94-017-3624-6\_6
48. Kroes, J. G., Supit I. Impact analysis of drought, water excess and salinity on grass production in The Netherlands using historical and future climate data. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 2011. Vol. 144, Iss. 1. P. 370–381. doi: 10.1016/j.agee.2011.09.008
49. Van Dam, J. C., Groenendijk P., Hendriks R. F. A., Kroes J. G. Advances of modelling water flow in variably saturated soils with SWAP. *Vadose Zone Journal.* 2008. Vol. 7. P. 640–653. doi: 10.2136/vzj2007.0060
50. De Jong van Lier, Q., van Dam J. C., Durigon A et al. Modeling water potentials and flows in the soil plant system comparing hydraulic resistances and transpiration reduction functions. *Vadose Zone Journal.* 2013. Vol. 11, Iss. 3. doi: 10.2136/vzj2013.02.0039



51. de Wit, A., Boogaard H., Fumagalli D et al. 25 Years of the WO FOST Cropping Systems Model. *Agricultural Systems*, 2019. Vol. 168. P. 154–167. doi: 10.1016/j.agry.2018.06.018
52. Boogaard, H. L., de Wit A. J. W., te Roller J. A., van Diepen C. A. User's guide for the WOFOST Control Centre 2.1 and WOFOST 7.1.7 crop growth simulation model. Alterra, Wageningen University & Research Centre, Wageningen. 2014.
53. Diepen, C. A., Wolf, J., Keulen, H., Rappoldt C. WOFOST: a simulation model of crop production. *Soil Use and Management*, 1989. Vol. 5. P. 16–24. doi: 10.1111/j.1475.2743.1989.tb00755.x
54. Modelling of agricultural production: Weather, soils and crops / H. van Keulen, J. Wolf (Eds). Wageningen, The Netherlands : PUDOC, 1986, 478 p.
55. Supit, I., Hooijer, A. A., Diepen van, C. A. System Description of the WOFOST 6.0 Crop Simulation Model Implemented in CGMS, Volume 1: Theory and Algorithms. EUR 15956 EN, Joint Research Center, Commission of the European Communities, Luxembourg. 1994.
56. Ferrer Alegre, F., Stuckle, C. O. A model for assessing crop response to salinity. *Irrig. Sci.* 1999. Vol. 19. P. 15–23. doi: 10.1007/s002710050067
57. Ferrer Alegre, F., Villar, J. M., Carrasco, I., Stuckle, C. O. Developing management decision tools from yield experiments with the aid of a simulation model: an example with N fertilization in corn. *Proceedings of the First International Symposium Modelling Cropping Systems*, Lleida, Spain, 21–23 June, 1999. P. 175–176.
58. Marcos, J., Fiez, T., Stuckle, C. O., Huggins, D. Model based assessment of alternative crop adaptation to the dryland cropping areas of the Pacific Northwest. *Agronomy Abstracts*, ASA Annual Meeting, Salt Lake City, UT, American Society of Agronomy, Madison, WI. 1999.
59. Meinke, H., Baethgen, W. E., Carberry, P. S. et al. Increasing profits and reducing risks in crop production using participatory systems simulation approaches. *Agric. Syst.* 2001. Vol. 70. P. 493–513. doi: 10.1016/s0308.521x(01)00057.9
60. Jones, J. W., Keating, B. A., Porter, C. H. Approaches to modular model development. *Agric. Syst.* 2001. Vol. 70. P. 421–443. doi: 10.1016/s0308.521x(01)00054.3
61. Jones, J. W., Tsuji, G. Y., Hoogenboom, G. et al. Decision support system for agrotechnology transfer DSSAT v3. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds.), *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1998. P. 157–177. doi: 10.1007/978.94.017.3624.4\_8
62. Berti, A., Morari, F., Borin, M., Giardini, L. Use of CropSyst to simulate a four year rotation with different fertilization levels. *Proceedings Second International Symposium Modelling Cropping Systems*. Florence, Italy, 16–18 July, 2001. P. 105–106.
63. Bocchi, S., Confalonieri, R., Bechini, L. CropSyst for rice in Northern Italy. *Proceedings Second Modelling Cropping Systems International Symposium*. Florence, Italy, 16–18 July 2001. P. 51–52.
64. Castellvi, F., Stuckle, C. O., Ibanez, M. Comparing a locally calibrated versus a generalized temperature generation process. *Trans. ASAE*. 2002. Vol. 44. P. 1143–1148. doi: 10.13031/2013.6442
65. Diaz Ambrona, C. G. H., O'Leary, G. J., O'Connell, M. G., Connor, D. J. Application of CropSyst to a new location and crops: advantages and limitations. *Proceedings Second International Symposium Modelling Cropping Systems*. Florence, Italy, 16–18 July, 2001. P. 127–128.
66. Donatelli, M., Spallacci, P., Marchetti, R., Papini, R. Evaluation of CropSyst simulations of growth of maize and of water balance and soil nitrate content following organic and mineral fertilization applied to maize. *Proceedings Fourth European Society for Agronomy Congress*. Veldhoven Wageningen, The Netherlands, 7–11 July, 1996. Vol. I. P. 342–343.
67. Donatelli, M., Stuckle, C. O., Ceotto, E., Rinaldi, M. CropSyst validation for cropping systems at two locations of Northern and Southern Italy. *Eur. J. Agron.* 1997. Vol. 6. P. 35–45. doi: 10.1016/s1161.0301(96)02029.1
68. Donatelli, M., Stuckle, C. O., Nelson, R. L., Francaviglia, R. Evaluating cropping systems in lowland areas of Italy using the cropping system simulation model CropSyst and the GIS software ARCVIEW. *Proceedings Seventh ICCTA Conference*. Firenze, Italy, 16–17 November 1998, 1999. P. 114–121.
69. Morari, F., Berti, A., Borin, M., Giardini, L. CropSyst model in simulating cropping systems with different input levels. *Proceedings Ninth International Conference on the UN FAO ESCORENA network*, Gargnano del Garda (BS), Italy, 6–9 September, 2000. P. 257–262.
70. Pala, M., Stuckle, C. O., Harris, H. C. Simulation of durum wheat (*Triticum durum*) growth under differential water and nitrogen regimes in a mediterranean type of environment using Crop Syst. *Agric. Syst.* 1996. Vol. 51. P. 147–163. doi: 10.1016/0308.521x(95)00043.5
71. Donatelli, M., Stuckle, C. O., Nelson, R. L. et al. Using the software CropSyst and ARCVIEW in evaluating the effect of management in cropping systems in two areas of the low Po valley, Italy. *Rev. de Cien. Agric.* 1999. Vol. 22. P. 87–108.
72. Eryugur, O.H. Use of bio physical models in agricultural economics: an application of Cropsyst. MS thesis, Dept. Agr. Economics, Middle East Technical University of Ankara, Turkey, 2000. P. 139.
73. Keating, B. A., Carberry, P. S., Hammer, G. L. et al. An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *Eur. J. Agron.* 2003. Vol. 18. P. 267–288. doi: 10.1016/s1161.0301(02)00108.9
74. McCown, R. L., Hammer, G. L., Hargreaves, J. N. G. et al. APSIM: a novel software system for model development, model testing and simulation in agricultural systems research. *Agric. Syst.* 1996. Vol. 50. P. 255–271. doi: 10.1016/0308.521x(94)00055.v
75. Pannkuk, C. D., Stuckle, C. O., Papendick, R. I. Validation of CropSyst for winter and spring wheat under different tillage and residue management practices in a wheat fallow region. *Agric. Syst.* 1998. Vol. 57. P. 121–134. doi: 10.1016/s0308.521x(97)00076.0
76. Rivington, M., Matthews, K. B., Sibbald, A. R., Stuckle, C. O. Integrating CropSyst with a multiple objective land use planning tool (LADSS). *Proceedings Second International Symposium Modelling Cropping Systems*, Florence, Italy, 16–18 July, 2001. P. 171–172.
77. Silvestri, N., Bellocchi, G., Mazzoncini, M., Menini, S. Evaluation of the CropSyst model for simulating soil water, soil nitrate, green area index and above ground biomass of maize under different managements. *Proceedings of International Symposium Modelling Cropping Systems – European Society for Agronomy Division Agroclimatology and Agronomic Modelling*. Lleida, 21–23 June, 1999. P. 253–254.
78. Stöckle, C. O., Cabelguenne, M., Debaeke, P. Comparison of CropSyst performance for water management in southwestern France using submodels of different levels of complexity. *Eur. J. Agron.* 1997. Vol. 7. P. 89–98. doi: 10.1016/s1161.0301(97)00033.6
79. Fick G. W., Williams W. A., Loomis R. S. Computer simulation of dry matter distribution during sugar beet growth. *Crop Science*. 1973. Vol. 13. P. 413–417. doi: 10.2135/cropsci1973.001118.3x001300040006x
80. Patefield W.M., Austin R. B. A model for the simulation of the growth of *Beta vulgaris* L. *Annals of Botany*. 1971. Vol. 35. P. 1227–1250. doi: 10.1093/oxfordjournals.aob.a084557
81. Chen, S., Zhao, B., Stockle, C. O., Harrison, J., Nelson, R. Use of models as decision support tools in dairy nutrient management. *ASAE Paper No. 02 4094*, St. Joseph, MI. 2002. doi: 10.13031/2013.10486
82. Confalonieri, R., Maggiore, T., Bechini, L. Application of the simulation model CropSyst to an intensive forage system in Northern Italy. *Proceedings Second International Symposium Modelling Cropping Systems*. Florence, Italy, 16–18 July, 2001. P. 59–60.
83. Crisci, A., Moonen, C., Ercoli, L., Bindi, M. Study of the impact of climate change on wheat and sunflower yields using an historical weather data set and a crop simulation model. *Proceedings Second International Symposium Modelling Cropping Systems*. Florence, Italy, 16–18 July, 2001. P. 119–120.

84. Палагін О. В., Сарахан Є. В., Присяжнюк О. І. Інформаційні технології у прецизійному землеробстві. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 14. С. 582–585.
85. Fila, G., Bellocchi, G., Acutis, M., Donatelli, M. IRENE: a software to evaluate model performance. *Eur. J. Agron.* 2003. Vol. 18. P. 369–372. doi: 10.2134/agronj2003.1330
86. Jara, J., Stuckle, C.O. Simulation of corn water uptake using models with different levels of process detail. *Agron. J.* 1999. Vol. 91. P. 256–265. doi: 10.2134/agronj1999.00021962009100020013x
87. Mazzetto, F., Ceccon P., Bonera R. et al. A model of multicriteria analysis aimed at evaluating different cropping systems. *Proceedings Second Modelling Cropping Systems International Symposium*. Florence, Italy, 16–18 July 2001. P. 150–151.
88. Peralta, J. M., Stuckle, C. O. Nitrate from an irrigated crop rotation at the Pasco Quincy area (Washington, USA) available for groundwater contamination: a long term simulation study. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2001. Vol. 88. P. 23–34.
89. Ross, P. J., Bristow, K. L. Simulating water movement in layered and gradational soils using the Kirchhoff transform. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1990. Vol. 54, Iss 6. P. 1519–1524. doi: 10.2136/sssaj1990.03615995005400060002x
90. Sadras, V. O. Interaction between rainfall and nitrogen fertilisation of wheat in environments prone to terminal drought: economic and environmental risk analysis. *Field Crops Res.* 2002. Vol. 77. P. 201–215. doi: 10.1016/s0378 4290(02)00083 7
91. Karpuk L., Prysiazniuk O. Construction of multiple regressive models of sugar beet growth and development. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2014. Вип. 2. С. 74–82.
92. Castellvi, F., Stuckle, C. O. Comparing the performance of WGEN and ClimGen in the generation of temperature and solar radiation. *Trans. ASAE*. 2001. Vol. 44. P. 1683–1687. doi: 10.13031/2013.7038
93. Lindemann, E. R., Stuckle, C. O., Redell, D. Field testing a computer assisted on farm irrigation scheduling program. *ASAE Paper No. 87 /2560*, St. Joseph, MI, 1987.
94. Marchetti, R., Spallacci P., Ceotto E., Papini R. Predicting yield variability for corn grown in a silty clay soil in Northern Italy. In: *Proceedings Fourth International ASA CSSA SSSA Conference on Precision Agriculture*, St. Paul, MN, 19–22 July, 2015. P. 467–478. doi: 10.2134/1999.precisionagproc4.c41
95. McKinion, J. M., Baker, D. N., Whisler, F. D., Lambert, J. R. Application of the GOSSYM/COMAX system to cotton crop management. *Agricultural Systems*. 1989. Vol. 31, Iss. 1. P. 55–65. doi: 10.1016/0308 521x(89)90012 7
96. Porter, J. R., Leigh, R. A., Semenov, M. A., Miglietta, F. Modelling the effects of climatic change and genetic modification on nitrogen use by wheat. *Eur. J. Agron.* 1995. Vol. 4. P. 419–429. doi: 10.1016/s1161 0301(14)80094 4
97. Richter, G. M., Agostini, F., Donatelli, M. et al. Modelling the N dynamics of a wheat sugar beet rotation at different complexity. *Proceedings First International Symposium Modelling Cropping Systems*, Lleida, Spain, 21–23 June 1999. P. 239–240.
98. Ritchie J. T., Singh U., Godwin D. C., Bowen W. T. Cereal growth, development and yield. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds.), *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1998. P. 79–98. doi: 10.1007/978 94 017 3624 4\_5
99. Scott, M., Vail L. W., Jaksch J. A. et al. Early warning of ENSO events for regional agriculture. *Report for the Office of Global Programs, U.S. NOAA*, Contract 28340A. Battelle Pacific Northwest Division, Richland, Washington. 2001.
- periments. *Genetika* [Russian Journal of Genetics], 52(7), 688–701. doi: 10.7868/s001667581607002x [in Russian]
2. Genaev M. A., Doroshkov A. V., Pshenichnikova T. A., Kolchanov N. A., & Afonnikov D. A. (2012). Extraction of quantitative characteristics describing wheat leaf pubescence with a novel image processing technique. *Planta*, 236, 1943–1954. doi: 10.1007/s00425 012 1751 6
3. Nekrasova G. F., & Kiseleva I. S. (2008). Ecological physiology of plants. Guide to laboratory and practical exercises. Ekaterinburg. [in Russian]
4. Lakhanov, A. P. (2001). Assessment of environmental plasticity and stability of formation of grain yield in buckwheat varieties. *Doklady` Rossel` khozakademii* [Reports of the Russian Agricultural Academy], 1, 6–9. [in Russian]
5. Acutis, M., Donatelli, M., & Stuckle, C. O. (1999). Performance of two weather generators as a function of the number of available years of measured climatic data. *Proceedings First International Symposium Modelling Cropping Systems*, Lleida, Spain, 21–23 June, p. 129–130.
6. Acutis, M., Donatelli, M., & Stuckle, C. O. (1998). Comparing the performance of three weather generators. *Proceedings of the C.O. Stuckle et al. / Europ. J. Agronomy* 18 (2003) 289\_/307 303 Fifth European Society for Agronomy Congress, Nitra, Slovak Republic, 28 June – 2 July, vol. II, pp. 117–118.
7. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. *Irr. Drain. Paper* 56. UN FAO, Rome. <http://www.fao.org/3/X0490E/x0490e00.htm#Contents>
8. Badini, O., Stuckle, C. O., & Franz, E. H. (1997). Application of crop simulation modeling and GIS to agroclimatic assessment in Burkina Faso. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 64, 233–244. doi: 10.1016/s0167 8809(97)00041 8
9. Genaev M. A., Doroshkov A. V., Pshenichnikova T. A. (2012). Information support for the selection and genetic experiment in wheat in the WheatPGE system. *Matematicheskaya biologiya i bioinformatika* [Mathematical biology and bioinformatics], 7(2), 410–424. doi: 10.17537/2012.7.410 [in Russian]
10. Genaev M. A., Doroshkov A. V., & Morozova E. V. (2011). Wheat PGE computer system for analysis of the phenotype – genotype – environment relationship in wheat. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 15, 784–793. [in Russian]
11. Nettevich, E. D. (2001). The influence of cultivation conditions and the duration of the study on the results of evaluation of varieties by yield. *Vestnik RASKhN* [Bulletin of the RAAS], 3, 34–38. [in Russian]
12. Mel`nikova O. V., Klimenkov F. I. (2007). Assessment of adaptability, ductility and stability of spring barley cultivated in the Bryansk region. *Zernovoe khozyajstvo* [Grain farming], No. 3/4, 13–15. [in Russian]
13. Lavrynenko, Yu. O. (2005). Ecological genetic variability of quantitative traits of cereals and its importance for selection in irrigation conditions: diss. Doctor of Agricultural Sciences Sciences: 06.01.05 «Plant breeding». Kherson, 386 p. [in Ukrainian]
14. Kostin, V. I., Kolbasova N. I. (2009). Analysis of ecological plasticity of plant families of coenoids of the Volga region. *Izvestiya Orenburgskogo GAU* [News of the Orenburg State Agrarian University], 3(23), 202–205 [in Russian]
15. Harrison, P. A., Butterfield, R. E., Orr, J. L. (2000). Modelling climate change impacts on wheat, potato and grapevine in Europe. In: Downing, T.E., Harrison, P.A., Butterfield, R.E., Lonsdale, K.G. (Eds.), *Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe*. Environmental Change Unit, University of Oxford, UK, pp. 367–390.
16. Anderson, P. K., Cunningham, A. A., Patel, N. G., Morales, F. J., Epstein, P. R., Daszak, P. (2004). Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends Ecol. Evol.*, 19, 535–544. doi: 10.1016/j.tree.2004.07.021

## Reference

1. Afonnikov, D. A., Genaev, M. A., Doroshkov, A. V., Komyshev, E. G., & Pshenichnikova, T. A. (2016). Methods of high throughput plant phenotyping for large scale breeding and genetic ex

17. Audsley, E., Pearn, K. R., Simota, C., Cojocaru, G., Koutsidou, E., Rounsevell, M. D. A., Trnka, M., Alexandrov, V. (2006). What can scenario modelling tell us about future European scale agricultural land use, and what not? *Environ. Sci. Pol.*, 9, 148–168. doi: 10.1016/j.envsci.2005.11.008
18. Baker, R. H. A., Sansford, C. E., Jarvis, C. H., Cannon, R. J. C., MacLeod, A., Walters, K. F. A. (2000). The role of climatic mapping in predicting the potential distribution of non indigenous pests under current and future climates. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 82, 57–71. doi: 10.1016/S0167-8809(00)00216-4
19. Bale, J. S., Masters, G. J., Hodkinson, I. D., Awmack, C., Bezemer, T. M., Brown, V. K., ... Whittaker, J. B. (2002). Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biol.*, 8, 1–16. doi: 10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x
20. Chloupek, O., Hrstkova, P., Schweigert, P. (2004). Yield and its stability, crop diversity, adaptability and response to climate change, weather and fertilisation over 75 years in the Czech Republic in comparison to some European countries. *Field Crops Res.*, 85, 167–190. doi: 10.1016/S0378-4290(03)00162-x
21. Christensen, J. H., & Christensen, O. B. (2007). A summary of PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century. *Clim. Change*, 81, 7–30. doi: 10.1007/s10584-006-9210-7
22. Hilden, M., & Lethtonen, H. (2005). *The practice and process of adaptation in Finnish agriculture*. FINADAPT Working paper 5, Helsinki, Finnish Environment Institute Mimeographs, p. 335.
23. Jongman, R. H. G., Bunce, R. G. H., Metzger, M. J., Mucher, C. A., Howard, D. C., & Mateus, V. L. (2006). Objectives and application of a statistical environmental stratification of Europe. *Landscape Ecol.*, 21, 409–419. doi: 10.1007/s10980-005-6428-0
24. Kaukoranta, T., & Hakala, K. (2008). Impact of spring warming on sowing times of cereal, potato and sugar beet in Finland. *Agric. Food Sci.*, 17, 165–176. doi: 10.2137/145960608785328198
25. Arkin, G. F., Vanderlip, R. L., & Ritchie, J. T. (1976). A dynamic grain sorghum growth model. *Trans. ASAE*, 19, 622–626, 630. doi: 10.13031/2013.36082
26. de Wit, C. T., Brouwer, R., & Penning de Vries, F. W. T. (1970). The simulation of photosynthetic systems. In: Setlik, I. (Ed.), *Prediction and measurement of photosynthetic productivity. Proceeding IBP/PP Technical Meeting Trebon 1969*. Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp. 47–50.
27. Polovyi, A. M. (2013). Model of hydrometeorological regime and productivity of agroecosystems. Odessa. [in Ukrainian]
28. Dmitrenko, V. P. (1973). On the methodology for assessing the hydrometeorological conditions of crop formation. *Tr. UkrNIG MI.*, 128, 3–23. [in Russian]
29. Galyamin, E. P. (1981). *Optimization of the operational distribution of water resources in irrigation*. L.: Gidrometeoizdat. [in Russian]
30. Konstantinov, A. R. (1978). *Weather, soil and winter wheat crop*. L.: Gidrometeoizdat. [in Russian]
31. Obratsov, A. S. (1990). *Systemic method: application in agriculture*. M.: Agropromizdat. [in Russian]
32. Swaney, D. P., Jones, J. W., Boggess, W. G., Wilkerson, C. G., & Mishoe, J. W. (1983). Real time irrigation decision analysis using simulation. *Trans. ASAE*, 26, 562–568. doi: 10.13031/2013.33979
33. Ventrella, D., & Rinaldi, M. (1999). Comparison between two simulation models to evaluate cropping systems in Southern Italy. Yield response and soil water dynamics. *Agric. Med.*, 129, 99–10.
34. Williams, J. R., Jones, C. A., & Dyke, P. T. (1984). A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. *Trans. ASAE*, 27, 129–144.
35. Antonenko, V. S. (2002). *Dynamic modeling of the growth, development and formation of winter wheat productivity*. K.: ArtEk. [in Russian]
36. Acutis, M., Donatelli, M. (2003). SOILPAR 2.00: software to estimate soil hydrological parameters and functions. *Eur. J. Agron.*, 18, 373–377. doi: 10.1016/S1161-0301(02)00128-4
37. Bechini, L., Bocchi S., & Maggiore, T. (2003). Spatial interpolation of soil properties for irrigation planning. A simulation study in northern Italy. *European Journal of Agronomy*, 19, 1–14. doi: 10.1016/S1161-0301(02)00013-8
38. Belhouchette, H., Donatelli, M., Braudeau, E., & Wery, J. (2001). Test of the cropping systems model CropSyst in Tunisian conditions. *Proceedings Second International Symposium Modelling Cropping Systems*, 16–18 July, Florence, Italy, pp. 47–48.
39. Bindi, M., Donatelli, M., Fibbi, L., & Stuckle, C. O. (1999). Estimating the effect of climate change on cropping systems at four European sites. *Proceedings First International Symposium Modelling Cropping Systems*, Lleida, Spain, 21–23 June, pp. 147–148.
40. Bouman, B. A. M., van Keulen, H., van Laar, H. H., & Rabbinge, R. (1996). The 'School of de Wit' crop growth simulation models: a pedigree and historical overview. *Agric. Syst.*, 52, 171–198. doi: 10.1016/0308-521X(96)00011-x
41. Bouniols, A., Cabelguenne, M., Jones, C. A., Chalamet, A., Charpentier, J. L., & Marty, J. R. (1991). Simulation of soybean nitrogen nutrition for a silty clay soil in southern France. *Field Crops Res.*, 26, 19–34. doi: 10.1016/0378-4290(91)90054-y
42. Donatelli, M., Acutis, M., Fila, G., & Bellocchi, G. (2002). A method to quantify time mismatch of model estimates. *Seventh Congress of the European Society for Agronomy*, Cordoba, Spain, July 15–18, 269–270.
43. Donatelli, M., Bellocchi, G., & Fontana, F. (2003). RadEst3.00: Software to estimate daily radiation data from commonly available meteorological variables. *Eur. J. Agron.*, 18, 363–367. doi: 10.1016/S1161-0301(02)00130-2
44. Ferrer Alegre, F., Villar, J.M., Castelló, F., Ballesta, A., & Stuckle, C. O. (1999). Contribution of simulation techniques to the evaluation of alternative cropping systems in Andorra. *Proceedings First International Symposium Modelling Cropping Systems*, Lleida, Spain, 21–23 June, pp. 177–178.
45. Marchetti, R., Donatelli, M., & Spallacci, P. (1997). Testing denitrification functions of dynamic crop models. *J. Envir. Qual.*, 26(2), 394–401. doi: 10.2134/jeq1997.00472425002600020009x
46. Spitters, C. J. T., van Keulen, H., & van Kraalingen, D. W. G. (1989). A simple and universal crop growth simulator: SUCROS87. In: Rabbinge R, Ward SA, van Laar HH, eds. *Simulation and systems management in crop protection. Simulation Monographs 32*, Pudoc, Wageningen, 147–181. doi: 10.1007/bf00024963
47. Boote, K. J., Jones, J. W., Hoogenboom, G., & Pickering, N. B. (1998). The CROPGRO model for grain legumes. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds.), *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 99–128. doi: 10.1007/978-94-017-3624-6\_6
48. Kroes, J. G., & Supit, I. (2011). Impact analysis of drought, water excess and salinity on grass production in The Netherlands using historical and future climate data. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 144, 370–381. doi: 10.1016/j.agee.2011.09.008
49. Van Dam, J. C., Groenendijk P., Hendriks R. F. A., & Kroes J. G. (2008). Advances of modeling water flow in variably saturated soils with SWAP. *Vadose Zone Journal*, 7, 640–653. doi: 10.2136/vzj2007.0060
50. De Jong van Lier, Q., van Dam J. C., Durigon A., dos Santos M. A., & Metselaar K. (2013). Modeling water potentials and flows in the soil plant system comparing hydraulic resistances and transpiration reduction functions. *Vadose Zone Journal*, 11(3). doi: 10.2136/vzj2013.02.0039
51. de Wit, A., Boogaard H., Fumagalli D., Janssen S., Knapen R., van Kraalingen D., Supit I., van der Wijngaart R., & van Diepen K. (2019). 25 Years of the WOFOST Cropping Systems Model. *Agricultural Systems*, 168, 154–167. doi: 10.1016/j.agry.2018.06.018
52. Boogaard, H. L., de Wit A. J. W., te Roller J. A., & van Diepen C. A. (2014). User's guide for the WOFOST Control Centre 2.1 and WOFOST 7.1.7 crop growth simulation model. Alterra, Wageningen University & Research Centre, Wageningen.
53. Diepen, C. A., Wolf, J., Keulen, H., Rappoldt C. (1989). WOFOST: a simulation model of crop production. *Soil Use and Management*, 5, 16–24. doi: 10.1111/j.1475-2743.1989.tb00755.x

54. Keulen, H., & van Wolf, J. (Eds). (1986). *Modelling of agricultural production: weather, soils and crops*. Wageningen, The Netherlands : PUDOC.
55. Supit, I., Hooijer, A. A., & Diepen van, C. A. (1994). System Description of the WOFOST 6.0 Crop Simulation Model Implemented in CGMS, Volume 1: Theory and Algorithms. EUR 15956 EN, Joint Research Center, Commission of the European Communities, Luxembourg.
56. Ferrer Alegre, F., & Stuckle, C. O. (1999). A model for assessing crop response to salinity. *Irrig. Sci.*, 19, 15–23. doi: 10.1007/s002710050067
57. Ferrer Alegre, F., Villar, J. M., Carrasco, I., & Stuckle, C. O. (1999). Developing management decision tools from yield experiments with the aid of a simulation model: an example with N fertilization in corn. *Proceedings of the First International Symposium Modelling Cropping Systems*, Lleida, Spain, 21–23 June, pp. 175–176.
58. Marcos, J., Fiez, T., Stuckle, C. O., & Huggins, D. (1999). Model based assessment of alternative crop adaptation to the dryland cropping areas of the Pacific Northwest. Agronomy Abstracts, ASA Annual Meeting, Salt Lake City, UT, American Society of Agronomy, Madison, WI.
59. Meinke, H., Baethgen, W. E., Carberry, P. S., Donatelli, M., Hammer, G. L., Selvaraju, R., & Stuckle, C. O. (2001). Increasing profits and reducing risks in crop production using participatory systems simulation approaches. *Agric. Syst.*, 70, 493–513. doi: 10.1016/s0308 521x(01)00057 9
60. Jones, J. W., Keating, B. A., Porter, C. H. (2001). Approaches to modular model development. *Agric. Syst.*, 70, 421–443. doi: 10.1016/s0308 521x(01)00054 3
61. Jones, J. W., Tsuji, G. Y., Hoogenboom, G., Hunt, L. A., Thornton, P. K., Wilkens, P. W., Imamura, D. T., Bowen, W. T., Singh, U. (1998). Decision support system for agrotechnology transfer DSSAT v3. In: Tsuji, G. Y., Hoogenboom, G., Thornton, P. K. (Eds.), *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 157–177. doi: 10.1007/978 94 017 3624 4\_8
62. Berti, A., Morari, F., Borin, M., & Giardini, L. (2001). Use of CropSyst to simulate a four year rotation with different fertilization levels. *Proceedings Second International Symposium Modelling Cropping Systems*, Florence, Italy, 16–18 July, pp. 105–106.
63. Bocchi, S., Confalonieri, R., & Bechini, L. (2001). CropSyst for rice in Northern Italy. *Proceedings Second Modelling Cropping Systems International Symposium*, Florence, Italy, 16–18 July 2001, pp. 51–52.
64. Castellvi, F., Stuckle, C. O., & Ibanez, M. (2002). Comparing a locally calibrated versus a generalized temperature generation process. *Trans. ASAE*, 44, 1143–1148. doi: 10.13031/2013.6442
65. Diaz Ambrona, C. G. H., O'Leary, G. J., O'Connell, M. G., & Connor, D. J. (2001). Application of CropSyst to a new location and crops: advantages and limitations. *Proceedings Second International Symposium Modelling Cropping Systems*, Florence, Italy, 16–18 July, pp. 127–128.
66. Donatelli, M., Spallacci, P., Marchetti, R., & Papini, R. (1996). Evaluation of CropSyst simulations of growth of maize and of water balance and soil nitrate content following organic and mineral fertilization applied to maize. *Proceedings Fourth European Society for Agronomy Congress*, Veldhoven Wageningen, The Netherlands, 7–11 July, vol. I, pp. 342–343.
67. Donatelli, M., Stuckle, C. O., Ceotto, E., & Rinaldi, M. (1997). CropSyst validation for cropping systems at two locations of Northern and Southern Italy. *Eur. J. Agron.*, 6, 35–45. doi: 10.1016/s1161 0301(96)02029 1
68. Donatelli, M., Stuckle, C. O., Nelson, R. L., & Francaviglia, R. (1999). Evaluating cropping systems in lowland areas of Italy using the cropping system simulation model CropSyst and the GIS software ARCVIEW. *Proceedings Seventh ICCTA Conference*, Firenze, Italy, 16–17 November 1998, pp. 114–121.
69. Morari, F., Berti, A., Borin, M., & Giardini, L. (2000). CropSyst model in simulating cropping systems with different input levels. *Proceedings Ninth International Conference on the UN FAO ESCORENA network*, Gargnano del Garda (BS), Italy, 6–9 September, pp. 257–262.
70. Pala, M., Stuckle, C. O., & Harris, H. C. (1996). Simulation of durum wheat (*Triticum durum*) growth under differential water and nitrogen regimes in a mediterranean type of environment using CropSyst. *Agric. Syst.*, 51, 147–163. doi: 10.1016/0308 521x(95)00043 5
71. Donatelli, M., Stuckle, C. O., Nelson, R. L., Gardi, C., Bittelli, M., & Campbell, G. S. (1999). Using the software CropSyst and ARCVIEW in evaluating the effect of management in cropping systems in two areas of the low Povalley, Italy. *Rev. de Cien. Agric.*, 22, 87–108.
72. Eruygur, O. H. (2000). Use of bio physical models in agricultural economics: an application of Cropsyst. *MS thesis, Dept. Agr. Economics*, Middle East Technical University of Ankara, Turkey, pp. 139.
73. Keating, B. A., Carberry, P. S., Hammer, G. L., Probert, M. E., Robertson, M. J., Holzworth, D., ... Smith, C. J. (2003). An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *Eur. J. Agron.*, 18, 267–288. doi: 10.1016/s1161 0301(02)00108 9
74. McCown, R. L., Hammer, G. L., Hargreaves, J. N. G., Holtzworth, D. P., & Freebairn, D. M. (1996). APSIM: a novel software system for model development, model testing and simulation in agricultural systems research. *Agric. Syst.*, 50, 255–271. doi: 10.1016/0308 521x(94)00055 v
75. Pannkuk, C. D., Stuckle, C. O., & Papendick, R. I. (1998). Validation of CropSyst for winter and spring wheat under different tillage and residue management practices in a wheat fallow region. *Agric. Syst.*, 57, 121–134. doi: 10.1016/s0308 521x(97)00076 0
76. Rivington, M., Matthews, K. B., Sibbald, A. R., & Stuckle, C. O. (2001). Integrating CropSyst with a multiple objective land use planning tool (LADSS). *Proceedings Second International Symposium Modelling Cropping Systems*, Florence, Italy, 16–18 July, pp. 171–172.
77. Silvestri, N., Bellocchi, G., Mazzoncini, M., Menini, S. (1999). Evaluation of the CropSyst model for simulating soil water, soil nitrate, green area index and above ground biomass of maize under different managements. *Proceedings of International Symposium Modelling Cropping Systems – European Society for Agronomy Division Agroclimatology and Agronomic Modelling – Lleida*, 21–23 June, 253–254.
78. Stöckle, C. O., Cabelguenne, M., & Debaeke, P. (1997). Comparison of CropSyst performance for water management in Southwestern France using submodels of different levels of complexity. *Eur. J. Agron.*, 7, 89–98. doi: 10.1016/s1161 0301(97)00033 6
79. Fick, G. W., Williams, W. A., & Loomis, R. S. (1973). Computer simulation of dry matter distribution during sugar beet growth. *Crop Science*, 13, 413–417. doi: 10.2135/cropsci1973.0011183 x001300040006x
80. Patefield, W. M., & Austin, R. B. (1971). A model for the simulation of the growth of *Beta vulgaris* L. *Annals of Botany*, 35, 1227–1250. doi: 10.1093/oxfordjournals.aob.a084557
81. Chen, S., Zhao, B., Stockle, C. O., Harrison, J., & Nelson, R. (2002). Use of models as decision support tools in dairy nutrient management. *ASAE Paper No. 02 4094*, St. Joseph, MI. doi: 10.13031/2013.10486
82. Confalonieri, R., Maggiore, T., & Bechini, L. (2001). Application of the simulation model CropSyst to an intensive forage system in Northern Italy. In: *Proceedings Second International Symposium Modelling Cropping Systems*, Florence, Italy, 16–18 July, pp. 59–60.
83. Crisci, A., Moonen, C., Ercoli, L., & Bindi, M. (2001). Study of the impact of climate change on wheat and sunflower yields using an historical weather data set and a crop simulation model. *Proceedings Second International Symposium Modelling Cropping Systems*, Florence, Italy, 16–18 July, pp. 119–120.
84. Palahin, O. V., Sarakhan, Ye. V., & Prysiashniuk, O. I. (2012). Information technologies in precision agriculture. *Nauk. pracm Mnst. bmoenerg. kul't. cukrov. burbkmv* [Scientific papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 14, 582–585. [in Ukrainian]

85. Fila, G., Bellocchi, G., Acutis, M., & Donatelli, M. (2003). IRENE: a software to evaluate model performance. *Eur. J. Agron.*, 18, 369–372. doi: 10.2134/agronj2003.1330
86. Jara, J., & Stuckle, C.O. (1999). Simulation of corn water uptake using models with different levels of process detail. *Agron. J.*, 91, 256–265. doi: 10.2134/agronj1999.00021962009100020013x
87. Mazzetto, F., Cecon P., Bonera R., Sacco D., & Acutis M. (2001). A model of multicriteria analysis aimed at evaluating different cropping systems. *Proceedings Second Modelling Cropping Systems International Symposium*, Florence, Italy, 16–18 July 2001, pp. 150–151.
88. Peralta, J. M., & Stuckle, C. O. (2001). Nitrate from an irrigated crop rotation at the Pasco Quincy area (Washington, USA) available for groundwater contamination: a long term simulation study. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 88, 23–34.
89. Ross, P. J., & Bristow, K. L. (1990). Simulating water movement in layered and gradational soils using the Kirchhoff transform. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54, 1519–1524. doi: 10.2136/sssaj1990.03615995005400060002x
90. Sadras, V. O. (2002). Interaction between rainfall and nitrogen fertilisation of wheat in environments prone to terminal drought: economic and environmental risk analysis. *Field Crops Res.*, 77, 201–215. doi: 10.1016/s0378 4290(02)00083 7
91. Karpuk, L., & Prisyazhniuk, O. (2014). Construction of multiple regressive models of sugar beet growth and development. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Roslynnystvo, selektsiia i nasynnytstvo, plodoovochivnytstvo* [Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series: Crop production, breeding and seed production, horticulture], 2, 74–82.
92. Castellvi, F., & Stuckle, C. O. (2001). Comparing the performance of WGEN and ClimGen in the generation of temperature and solar radiation. *Trans. ASAE*, 44, 1683 1687. doi: 10.13031/2013.7038
93. Lindemann, E. R., Stuckle, C. O., & Redell, D. (1987). Field testing a computer assisted on farm irrigation scheduling program. *ASAE Paper No. 87 /2560*, St. Joseph, MI.
94. Marchetti, R., Spallacci P., Ceotto E., & Papini R. (2015). Predicting yield variability for corn grown in a silty clay soil in Northern Italy. In: *Proceedings Fourth International ASA CSSA SSSA Conference on Precision Agriculture*, St. Paul, MN, 19 22 July, pp. 467 478. doi: 10.2134/1999.precisionagproc4.c41
95. McKinion, J. M., Baker, D. N., Whisler, F. D., & Lambert, J. R. (1988). Application of the GOSSYM/COMAX system to cotton crop management. *ASAE Paper No. 88 7532*, St. Joseph, MI. doi: 10.1016/0308 521x(89)90012 7
96. Porter, J. R., Leigh, R. A., Semenov, M. A., & Miglietta, F. (1995). Modelling the effects of climatic change and genetic modification on nitrogen use by wheat. *Eur. J. Agron.*, 4, 419–429. doi: 10.1016/s1161 0301(14)80094 4
97. Richter, G. M., Agostini, F., Donatelli, M., Smith, P., & Smith, J. (1999). Modelling the N dynamics of a wheat sugar beet rotation at different complexity. *Proceedings First International Symposium Modelling Cropping Systems*, Lleida, Spain, 21–23 June, pp. 239–240.
98. Ritchie, J. T., Singh, U., Godwin, D. C., & Bowen, W. T. (1998). Cereal growth, development and yield. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds.), *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 79–98. doi: 10.1007/978 94 017 3624 4\_5
99. Scott, M., Vail L. W., Jaksch J. A., Anderson K. K., & Stockle, C. O. (2001). Early warning of ENSO events for regional agriculture. *Report for the Office of Global Programs, U.S. NOAA, Contract 28340A*. Battelle Pacific Northwest Division, Richland, Washington.

УДК 631.559.2:004.942

**Мельник С. И.<sup>1</sup>, Присяжнюк О. И.<sup>1,2\*</sup>, Стариченко Е. М.<sup>1</sup>, Мажуга К. Н.<sup>1</sup>, Бровкин В. В.<sup>1</sup>, Мартынов О. М.<sup>1</sup>, Маслечкин В. В.<sup>1</sup>** Модель адаптивной информационной системы прогнозирования продуктивности сельскохозяйственных культур // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 1. С. 63–77. <https://doi.org/10.21498/2518 1017.16.1.2020.201349>

<sup>1</sup>Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03141, Украина

<sup>2</sup>Институт биозерметических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, \*e mail: ollpris@gmail.com

**Целью** данного исследования была разработка основных компонентов модели адаптивной информационной системы прогнозирования продуктивности сельскохозяйственных культур. **Методы.** Для проведения исследований по установлению основных структурных элементов адаптивной информационной модели прогнозирования продуктивности основных сельскохозяйственных культур использовали метод построения динамических моделей. **Результаты.** Проведен детальный анализ концептуальных подходов к построению математических сельскохозяйственных моделей и установлены основные преимущества и недостатки современных аналогов. Определено, что адаптивная информационная модель базируется исключительно на потребностях растения и существенно необходимо обеспечить эти потребности доступными ресурсами с целью получения стабильно высокой урожайности с хорошими показателями качества. Программно аппаратный комплекс должен иметь обратную связь между его основными структурными элементами, ведь за счет этого значительно повышается точность прогнозирования продуктивности растений. Данные полученные на основе работы определенных механизмов или показатели погодных условий и их прогнозы используются для

принятия решений, однако, в случае их существенного изменения решение об отдельных элементах технологии пересматриваются. Программный продукт должен быть связан с экономической частью и при создании рекомендаций учитывать конъюнктуру рынка и прогнозные данные. В случае низкой закупочной цены на продукцию рекомендовать применять или не применять определенные агротехнические операции (скажем удобрение по вегетации), кроме того, корректировать их в случае существенного изменения условий выращивания – когда применение этих элементов технологии будет неэффективно за счет негативного воздействия других факторов. **Выводы.** Адаптивная информационная система прогнозирования продуктивности в технологическом процессе выращивания сельскохозяйственных культур формируется на базе модели состоящей из трех модулей признаков – результирующей и двух компонентных. На каждом следующем этапе реализации модели результирующий признак становится компонентным, причем с максимальным вкладом в результирующий признак следующего модуля.

**Ключевые слова:** математическое моделирование; динамические модели; рост и развитие растений; урожайность.

UDC 631.559.2:004.942

Melnyk, S. I.<sup>1</sup>, Prysiazniuk, O. I.<sup>1,2\*</sup>, Starychenko, Ye. M.<sup>1</sup>, Mazhuha, K. M.<sup>1</sup>, Brovkin, V. V.<sup>1</sup>, Martynov, O. M.<sup>1</sup>, & Maslechkin, V. V.<sup>1</sup> (2020). Model of adaptive information system for forecasting crop productivity. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(1), 63–77. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.16.1.2020.201349](https://doi.org/10.21498/2518_1017.16.1.2020.201349)

<sup>1</sup>Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, General Rodymtseva St., 15, Kyiv, 03141, Ukraine

<sup>2</sup>Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, Clinical St., 25, Kyiv, 03110, Ukraine, \*e mail: ollpris@gmail.com

**Purpose** of this study was to develop the main components of a model of an adaptive information system for predicting crop productivity. **Methods.** To conduct research on the establishment of the basic structural elements of an adaptive information model for predicting the productivity of basic crops used the method of constructing dynamic models. **Results.** A detailed analysis of conceptual approaches to the construction of mathematical agricultural models is carried out and the main advantages and disadvantages of modern analogues are established. It is determined that the adaptive information model is based solely on the needs of the plant and actually on the need to provide these needs with available resources in order to obtain consistently high yields with high quality indicators. The hardware and software complex must have a feedback relationship between its basic structural elements, because it significantly improves the accuracy of predicting plant productivity. Data based on the operation of certain mechanisms or indicators of weather conditions and their forecasts are used for decision making,

however, if they are substantially changed, decisions about individual technology elements are reviewed. The software should be related to the economic part and should take into account market conditions and forecast data when making recommendations. In the case of low purchase prices for products, we recommend that certain agrotechnical operations (say vegetation feeding) be applied or not, in the case of significant change in growing conditions when the application of these agro measures will be ineffective due to the negative effects of drought, etc. **Conclusions.** Adaptive information system for forecasting productivity in the technological process of growing crops is formed on the basis of a model consisting of three modules of characteristics – the resultant and two components. At each subsequent stage of implementation of the model, the resulting feature becomes component, with the maximum contribution to the resulting feature of the next module.

**Keywords:** *mathematical modelling; dynamic models; plant growth and development; crop capacity.*

Надійшла / Received 20.01.2020

Погоджено до друку / Accepted 19.03.2020

# Вплив факторів вирощування на показники продуктивності сої культурної [*Glycine max* (L.) Merrill]

О. В. Топчій\*, Л. М. Присяжнюк, А. П. Іваницька, Н. П. Щербиніна, З. Б. Києнко

Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна,  
\*e mail: [otopchiy1992@gmail.com](mailto:otopchiy1992@gmail.com)

**Мета.** Установити закономірності впливу факторів вирощування на господарсько цінні характеристики нових сортів сої. **Методи.** Польовий, біохімічні методи аналізу, дисперсійний аналіз. **Результати.** Визначено частки впливу таких факторів як зона вирощування, умови вегетаційного періоду року та сорт сої на врожайність, масу 1000 насінин, вміст сирого протеїну та олії, збір білка та олії з гектара. Найбільше впливав на показник урожайності досліджуваних сортів фактор зони вирощування – його вплив складав 55%. У середньому за 2017–2018 рр. максимальну врожайність досліджуваних сортів отримано в зоні Лісостепу – 2,48–3,58 т/га, найменшу – в зоні Степу – 1,33–1,89 т/га. Значення показника маси 1000 насінин в середньому за 2017–2018 рр. становили для зони Степу – 125,1–169,9 г, Лісостепу – 130,2–207,8 г та 143,9–188,0 г – для зони Полісся. За допомогою дисперсійного аналізу було визначено, що на масу 1000 насінин найбільше впливала зона вирощування – 31%, менше значення мав фактор сорту – 21% та умови вегетаційного періоду року – 13%. Найбільші значення вмісту сирого протеїну в насінні сої відмічено у зоні Лісостепу – 37,5–44,0%. У зоні Полісся вміст сирого протеїну для досліджуваних сортів становив 34,4–41,7%, в зоні Степу – 35,4–40,1%. Максимальні значення цього показника було відмічено для сорту ‘НС Діяна’ – 44,0% в зоні Лісостепу, в зоні Полісся – для ‘Алекса’ – 41,7%, в степовій зоні – для сорту ‘НС Діяна’ – 40,1%. Таким чином, найбільший вплив на вміст сирого протеїну мав фактор зони вирощування (31%) та сорту (25%), взаємодія факторів «сорт» та «зона вирощування» впливала на 17%. Вміст олії для досліджуваних сортів сої в середньому за 2017–2018 рр. становив від 19,8 до 24,2% в трьох зонах вирощування. Найвищий вміст олії було відмічено у насінні сорту ‘Адсой’ в зоні Полісся та Лісостепу – 24,2 та 22,6%, відповідно, а також у сорту ‘Азимут’ – 23,8% в степовій зоні. Використання дисперсійного аналізу дозволило встановити, що на вміст олії в насінні сої найбільше впливали фактор зони вирощування – його вплив становив 25%, вклад фактору належності до певного сорту – 21%, взаємодія факторів «сорт» та «зона вирощування» впливала на 21%. **Висновки.** Найбільший вплив на досліджувані показники чинив фактор зони вирощування. Визначено, що частка впливу фактора зони вирощування сортів сої на показники врожайності, маси 1000 насінин, вмісту сирого протеїну та олії, збору білка та олії з гектара становила 25–55%. Визначено, що частка впливу фактору сорту становила 4–25%, умови вегетаційного періоду року впливали на 1–26%.

**Ключові слова:** сорт; урожайність; вміст сирого протеїну; вміст олії; збір білка; збір олії; УІЕСР.

## Вступ

Сою як культуру з високим вмістом сирого протеїну є основним джерелом рослинного білка [1, 2]. Насіння сої містить 28–40% білка, 18–23% олії та 25–30% вуглеводів [3–5]. Частка сої у структурі світового виробництва олійних культур складає 58%. Україна за посівними площами та валовими зборами насіння сої займає перше місце в Європі та восьме місце у світі [1, 6, 7].

До Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні (Реєстр) ста-

ном на 01.03.2020 року занесено 247 сортів сої культурної, з яких сорти вітчизняної селекції становлять 80% [8]. На думку дослідників [9, 10], для отримання високих урожаїв сої культурної, її необхідно висівати в так званому «соевому поясі», до якого в Україні належать 9 областей із зони Лісостепу, райони Степу з лісостеповими умовами – 4 області, райони Полісся з лісостеповими умовами – 4 області (південні райони) та зрошувані землі Півдня України – 4 області. Тут склалися такі вдалі умови для вирощування сої, як достатні теплові, водні та світлові ресурси, що забезпечують відповідну тривалість вегетаційного періоду, ця територія має також придатні для вирощування сої ґрунти [9, 10]. Вплив гідротермічних умов та якості ґрунтів на продуктивність сортів сої в різних ґрунтово-кліматичних умовах достатньо добре вивчений [11–17]. Значну увагу приділено також вивченню впливу технологічних прийомів, норм внесення добрив, засобів захисту рослин та норми висіву на показники продуктивності [18–25]. Проводи-

Oksana Topchii

[http://orcid.org/0000\\_0003\\_2797\\_2566](http://orcid.org/0000_0003_2797_2566)

Larysa Prysiazhniuk

[http://orcid.org/0000\\_0003\\_4388\\_0485](http://orcid.org/0000_0003_4388_0485)

Alla Ivanitskaya

[http://orcid.org/0000\\_0003\\_3987\\_4728](http://orcid.org/0000_0003_3987_4728)

Nataliia Shcherbynina

[http://orcid.org/0000\\_0003\\_1599\\_061X](http://orcid.org/0000_0003_1599_061X)

Zinaida Kyienko

[http://orcid.org/0000\\_0001\\_7749\\_0296](http://orcid.org/0000_0001_7749_0296)

лись дослідження для оцінки потенційної продуктивності сортів сої в умовах лімітуючих факторів навколишнього середовища за допомогою засобів математичного моделювання [26, 27]. За результатами попередніх досліджень, показані сортові відмінності досліджуваних сортів сої за показниками якості та продуктивності. У результаті проведеної роботи, оцінено показники пластичності та стабільності сортів сої, які внесено в Реєстр в 2015 році [28, 29].

Однією з умов реєстрації сортів сої в Україні є експертиза на придатність до поширення (ПСП). В рамках експертизи на ПСП проводять польові випробування сортів в різних ґрунтово-кліматичних зонах, а також визначають біохімічні та технологічні показники якості досліджуваних сортів [30]. За досліджуваними показниками відповідно до методики проведення експертизи на ПСП [31] надають рекомендації щодо зони вирощування кожного сорту, які сприяють реалізації його генетичного потенціалу за продуктивністю та якісними характеристиками. Однак, не достатньо вивченими залишаються закономірності формування продуктивності сортів в залежності від умов вирощування, які включають умови вегетаційного періоду року, сортові особливості та зону вирощування.

*Мета досліджень* – встановити закономірності впливу факторів вирощування на господарсько-цінні характеристики нових сортів сої.

### Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження проводили в 2017–2018 рр. на дослідних полях філій Українського інституту експертизи сортів рослин у трьох ґрунтово-кліматичних зонах. У зоні Степу: Миколаївський обласний державний центр експертизи сортів рослин (ОДЦЕСР), Дніпропетровський ОДЦЕСР, Кіровоградський ОДЦЕСР; у зоні Лісостепу: Харківський ОДЦЕСР, Чернівецький ОДЦЕСР, Вінницький ОДЦЕСР; у зоні Полісся: Івано-Франківський ОДЦЕСР, Львівський ОДЦЕСР, Рівненський ОДЦЕСР.

Досліджували сорти сої культурної ‘Азимут’, ‘Марися’, ‘НС Діяна’, ‘Алекса’, ‘Альгіз’, ‘СОПРАНА’, ‘РЖТ СІРОКА’, ‘Адсой’, ‘Слобода’, ‘Бетті’, ‘Бенедетта’, ‘Басак’, ‘Стاین 14Ф06’, ‘Стاین 15І63’ та ‘Моцарт’ занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні в 2019 р., рекомендована зона вирощування – Лісостеп та Полісся [8].

Ґрунти дослідних ділянок характерні для відповідної зони вирощування (Степ, Лісостеп, Полісся). Для регіону, де проводили до-

слідження, характерний помірно-континентальний клімат. Упродовж вегетаційного періоду сої культурної кількість опадів була наступною такою: у зоні Степу – 126,3 мм (2017 р.) та 226,0 мм (2018 р.), у зоні Лісостепу – 211,0 мм (2017 р.) та 304,3 мм (2018 р.) та Полісся – 402,3 мм (2017 р.) та 343,7 мм (2018 р.). Максимальну кількість опадів відмічено у зоні Полісся у 2017 р., у зонах Степу та Лісостепу найбільша кількість опадів була в 2018 р. У середньому за 2017–2018 рр. кількість опадів становила: Степ – 176,2 мм, Лісостеп – 257,7 мм, Полісся – 373,0 мм.

Середньодобова температура в період вегетації у 2017 р. в середньому становила у зоні Степу – 20,3 °С, Лісостепу – 18,6 °С та Полісся – 16,9 °С, у 2018 р. у зоні Степу – 21,0 °С, Лісостепу – 19,5 °С та Полісся – 18,1 °С. У середньому за 2017–2018 рр. середньодобова температура залежно від ґрунтово-кліматичної зони була наступною такою: у зоні Степу – 20,7 °С, Лісостепу – 19,1 °С та Полісся – 17,5 °С. Польові дослідження проводили відповідно до Методики проведення експертизи сортів рослин групи технічних та кормових культур на придатність до поширення в Україні [31, 32].

Усі лабораторні дослідження проводили за методикою [33]. Вміст олії та сирого протеїну в насінні визначали за допомогою інфрачервоного аналізатора зерна Infraneo (СНО-PIN Technologies, Франція). Визначення вмісту сирого протеїну в зерні сої проводили на приладі Kjeltec 8200 (FOSS, Швеція). Вміст олії визначали методом Рушковського за масою знежиреного залишку [33]. Збір білка з гектара визначали за формулою:

$$A = U \times K \times СП, \text{ збір олії з гектара} -$$

$$A = U \times K \times Ж,$$

де:  $U$  – урожайність насіння (т/га) за стандартної вологості;

$K$  – коефіцієнт сухої речовини;

$Ж$  – вміст жиру в насінні, %;

$СП$  – вміст сирого протеїну в насінні, %.

Вивчали вплив трьох факторів (сорт, зона вирощування та умови вегетаційного періоду року) на урожайність, масу 1000 насінин, вміст сирого протеїну, вміст олії, збір білка та олії з гектара. Для визначення частки впливу факторів на господарсько-цінні характеристики сортів сої виконано трьохфакторний дисперсійний аналіз за допомогою програми Statistica 12.0 (тестова версія) [34].

### Результати досліджень

У результаті досліджень визначено, що в середньому за 2017–2018 рр. максимальну урожайність було отримано в зоні Лісостепу для



сорту 'Стайн 14Ф06' – 3,58 т/га, висока врожайність у цій зоні також відмічена для сортів 'Стайн 15І63' та 'РЖТ СІРОКА' – 3,45 т/га.

Для зони Полісся показники врожайності досліджуваних сортів сої становили 1,95–2,47 т/га (рис. 1).

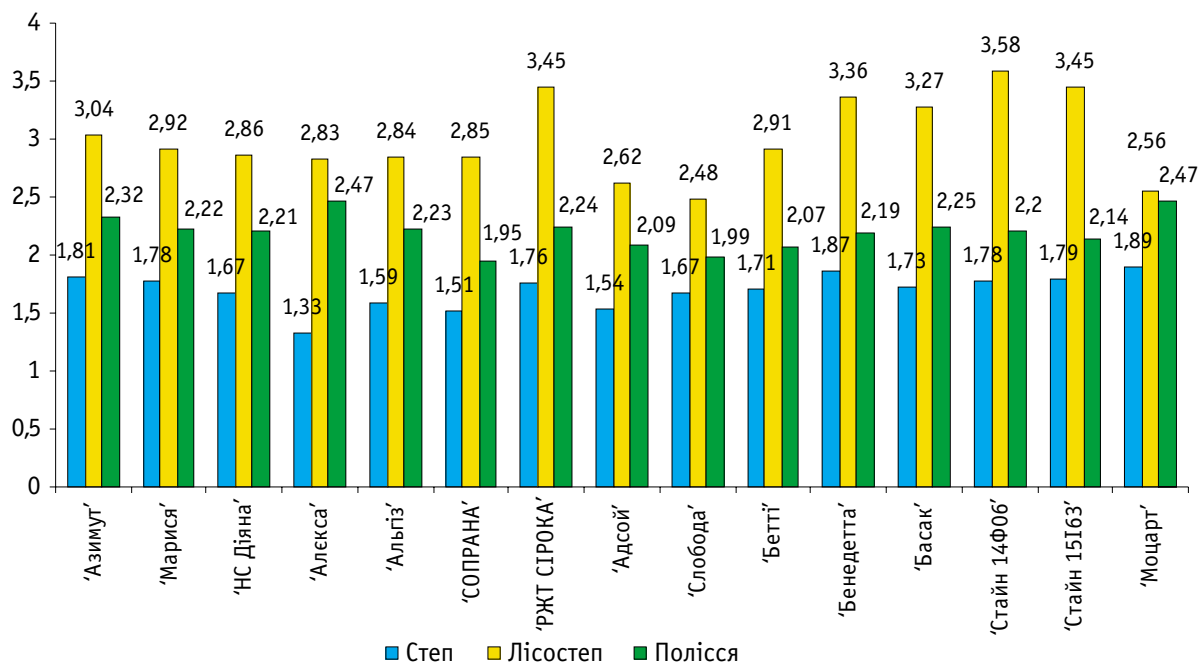


Рис. 1. Середня врожайність сортів сої культурної, т/га (2017–2018 рр.)

( $HIP_{0,05(зар.)} = 1,05$ ;  $HIP_{0,05(сорт)} = 0,09$ ;  $HIP_{0,05(зона)} = 0,25$ ;  $HIP_{0,05(рік)} = 0,21$ )

У зоні Полісся найпродуктивнішими виявились сорти 'Алекса', 'Моцарт' із врожайністю 2,47 т/га та сорт 'Азимут' – 2,32 т/га. Найнижчу врожайність у досліджуваних сортів отримано в зоні Степу – 1,33–1,89 т/га. Найвищі показники по цій зоні мали сорти 'Моцарт' – 1,89 т/га, 'Бенедетта' – 1,87 т/га та 'Азимут' – 1,81 т/га. Менш продуктивними виявились сорти 'Алекса' – 1,33 т/га (Степ), 'Слобода' – 2,48 т/га (Лісостеп) та 'СОПРАНА' – 1,95 т/га (Полісся).

На основі дисперсійного аналізу було визначено частки впливу зони вирощування, умови вегетаційного періоду року та сорту на показник врожайності досліджуваних сортів (рис. 2).

Відповідно до отриманих даних, найбільший вплив на показник урожайності досліджуваних сортів мала зона вирощування – 55%. Частка впливу фактору умов вегетаційного періоду року складала 26%, вплив сорту – 4%. Частки взаємодії факторів становлять від 2 (Зона\*Рік та Сорт\*Рік) до 6% (Сорт\*Зона).

У результаті проведених досліджень, визначено, що вище значення показника врожайності у досліджуваних сортів сої було відмічено в 2018 році порівняно з 2017. Так, у 2018 році в зоні Степу врожайність сортів сої становила від 1,72 (сорт 'Моцарт') до

2,34 т/га (сорт 'Азимут'), а в 2017 р. цей показник варіював у межах 0,9–2,06 т/га у сортів 'Алекса' та 'Моцарт', відповідно. Для зони Лісостепу в 2017 році найбільшу врожайність було отримано у сорту 'Стайн 14Ф06' (3,05 т/га), найменшу – 1,75 т/га у сорту 'Моцарт'. Варто зауважити, що в 2018 році цей показник відрізнявся від попереднього року та становив 2,72–4,11 т/га у сортів 'Слобода' та 'Стайн 15І63', відповідно. У зоні Полісся в 2017 році врожайність була на рівні 1,85–2,06 т/га у сортів 'РЖТ СІРОКА', 'Бетті' та 'Альгіз', відповідно. У наступному році цей показник по зоні Полісся склав 2,01–3,00 т/га у сортів 'Слобода' та 'Алекса', відповідно.

Таким чином, для більшості сортів відмічено достовірну різницю між показником урожайності залежно від зони вирощування. Проте, достовірно не відрізнялись значення врожайності у сортів 'Азимут' та 'НС Діана' між зонами Лісостеп та Полісся, у сорту 'Моцарт' в зонах Степ–Полісся та Полісся–Лісостеп у 2017 році, а також у сортів 'СОПРАНА', 'Слобода' та 'Бетті' в зонах Степу та Полісся в 2018 році. Достовірно відрізнялась також урожайність у більшості досліджуваних сортів залежно від умов вирощування року. Лише у сорту 'СОПРАНА' врожайність за 2017–2018 рр. достовірно не відрізнялась в зоні Полісся.

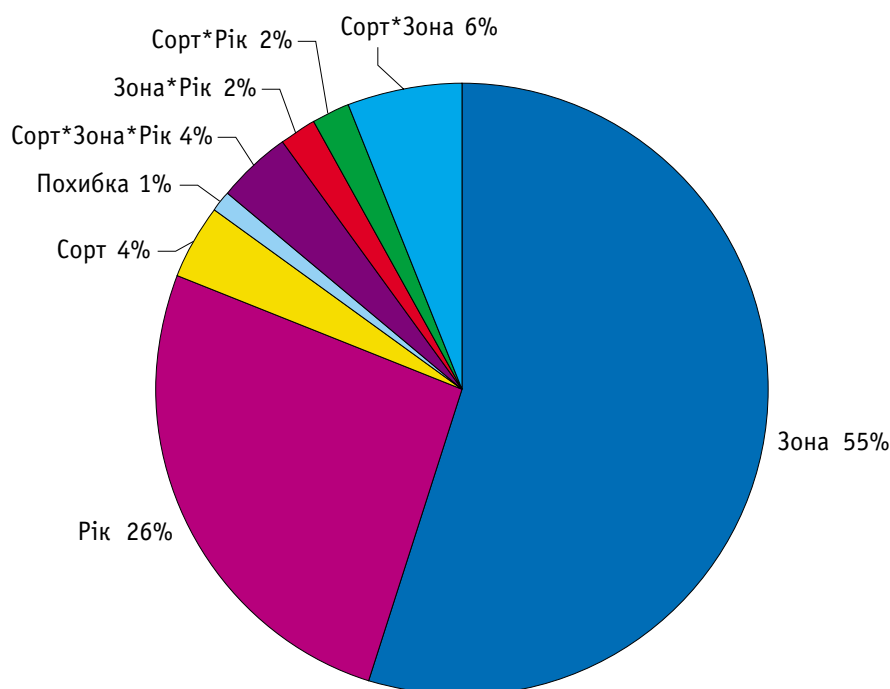


Рис. 2. Частка впливу факторів на показник урожайності сортів сої культурної (2017–2018 рр.)

Відомо, що висока і стійка врожайність – це результат високої адаптивності сортів до умов вирощування, які можуть змінюватися в досить широкому діапазоні. Слід зазначити, що потенційно можлива продуктивність усіх сортів сої, в тому числі скоростиглих, реалізується лише на 30–70% [14]. Досліджено [14], що значно впливали на структурні елементи врожайності сортів сої, які вивчались, гідротермічні умови року вирощування, частка впливу фактора становила 91,8%. Подібні дані отримано в роботі [13], де досліджували вплив гідротермічного забезпечення вегетаційного періоду на тривалість розвитку і продуктивність скоростиглих сортозразків сої. Авторами встановлено, що соя була порівняно толерантна до величини гідротермічного коефіцієнта на початку та наприкінці свого розвитку, тобто соя проявляла специфічну реакцію на погодні умови в різні фази розвитку рослин та забезпечувала врожайність до 2,8 т/га. Реакцію різних сортів сої на умови вирощування досліджували Іванюк, Вільгота, Жаркова [16]. Отримані авторами дані свідчать, що найбільший вплив на урожайність досліджуваних сортів сої чинили умови вегетаційного періоду року – 36%. Проте, авторами не вивчався вплив зони вирощування сої, який також завдяки різним ґрунтово-кліматичним умовам може впливати на показник врожайності. Нашими дослідженнями показано, що вплив фактора зони вирощування є найбільшим порівняно із впливом умов

вегетаційного періоду року. Вплив зміни клімату на продуктивність кукурудзи та сої досліджували Kucharik, Serbin [11]. Авторами визначено негативний вплив підвищення температури повітря протягом літніх місяців на врожайність досліджуваних культур. Проте, за допомогою статистичних методів аналізу доведено, що такий вплив може бути компенсовано збільшенням кількості опадів. У 2018 році середні значення температури протягом вегетаційного періоду вирощування сої у зонах Степу та Лісостепу були більші ніж у 2017, проте негативний вплив підвищених температур було компенсовано підвищеною кількістю опадів у 2018 році, що підтверджено більшою врожайністю порівняно з 2017 роком.

Основними показниками якості сортів сої, які визначають їхню господарську цінність, є маса 1000 насінин, уміст сирого протеїну та олії, збір білка та олії. Середні значення показників маси 1000 насінин, умісту сирого протеїну та вмісту олії за 2017–2018 рр. для досліджуваних сортів сої наведено в таблиці 1.

За результатами досліджень визначено, що у 2017–2018 рр. маса 1000 насінин досліджуваних сортів сої становила в зоні Степу – 125,1–169,9 г, у Лісостепу – 130,2–207,8 г та 143,9–188,0 г у зоні Полісся. Найбільші значення для маси 1000 насінин відмічено у сорту ‘Мощарт’ – 169,9 г та 207,8 г у зонах Степу і Лісостепу, відповідно, в зоні Полісся – 188,0 г у сорту ‘Бетті’. Найменша маса 1000 насінин у

Середнє значення маси 1000 насінин, умісту сирого протеїну та олії в сортах сої культурної (2017–2018 рр.)

Сорт	Маса 1000 насінин, г			Вміст сирого протеїну, %			Вміст олії, %		
	С	Л	П	С	Л	П	С	Л	П
‘Азимут’	133,8	157,6	143,9	35,4	38,8	37,7	23,8	21,9	20,7
‘Марися’	125,1	167,2	164,9	38,0	39,6	37,2	23,1	21,6	21,3
‘НС Діяна’	141,4	182,3	180,7	40,1	44,0	38,0	22,3	19,8	21,9
‘Алекса’	135,5	130,2	158,9	38,4	40,5	41,7	22,8	21,8	20,8
‘Альгіз’	145,0	185,8	159,3	37,8	40,6	38,3	22,8	21,4	21,5
‘СОПРАНА’	156,3	185,8	171,3	39,4	39,3	36,4	22,5	22,5	22,8
‘РЖТ СІРОКА’	154,8	189,3	176,5	38,6	40,3	37,6	23,1	21,9	22,6
‘Адсой’	152,7	190,5	176,5	38,3	40,3	35,7	23,4	22,6	24,2
‘Слобода’	139,6	182,9	167,4	36,7	39,6	35,6	23,1	21,1	21,7
‘Бетті’	154,0	196,1	188,0	37,7	38,1	36,3	22,6	22,0	22,0
‘Бенедетта’	137,1	170,7	170,2	36,7	37,9	34,4	22,7	22,3	22,6
‘Басак’	139,0	162,7	175,7	37,8	37,5	34,0	22,7	22,3	23,0
‘Стاین 14Ф06’	135,9	167,3	166,5	38,0	40,0	35,6	22,1	20,4	21,3
‘Стاین 15І63’	137,0	163,4	181,4	37,0	39,7	34,4	22,8	21,2	22,4
‘Моцарт’	169,9	207,8	181,5	36,7	41,9	36,8	23,5	20,4	22,5
НІР <sub>0,05</sub> (заг.)	24,73			3,37			1,63		
НІР <sub>0,05</sub> (сорт)	7,27			0,98			0,20		
НІР <sub>0,05</sub> (зона)	9,34			1,35			0,54		
НІР <sub>0,05</sub> (рік)	7,63			0,51			0,44		

Примітка. С – Степ, Л – Лісостеп, П – Полісся.

сортів ‘Марися’ – 125,1 г (Степ), ‘Алекса’ – 130,2 г (Лісостеп) та ‘Азимут’ – 143,9 г (Полісся).

За результатами дисперсійного аналізу визначено, що на масу 1000 насінин фактор зони вирощування впливав на 31%, сорту – на 21%, умов вегетаційного періоду року – на 13%, взаємодія досліджуваних факторів – від 5 (Зона\*Рік) до 11% (Сорт\*Рік).

Установлено, що значення маси 1000 насінин у сортів ‘Марися’, ‘НС Діяна’, ‘Бетті’, ‘Бе-

недетта’, ‘Стاین 14Ф06’ між зонами Лісостеп та Полісся, а також у сорту ‘Алекса’ між зонами Степ та Лісостеп суттєво не відрізнялись за досліджувани роки. Отже, основними чинниками, які впливали на масу 1000 насінин досліджуваних сортів сої, були зона вирощування та сорт. Дослідження впливу абіотичних факторів та генотипових особливостей на елементи продуктивності сортів сої проводили вчені Озякова, Поползухіна [14].

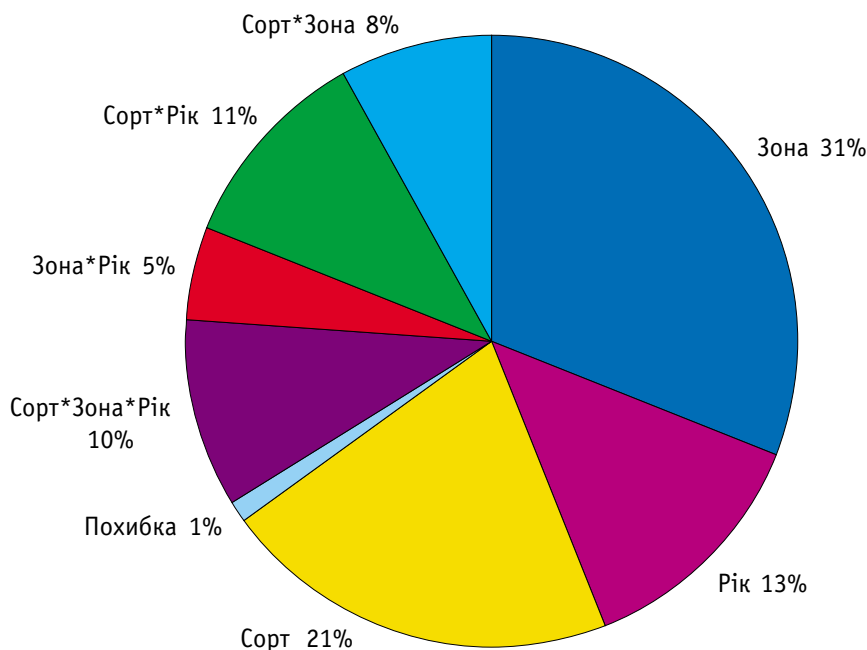


Рис. 3. Частка впливу факторів на показник маси 1000 насінин сортів сої культурної (2017–2018 рр.)

Автори зазначають, що гідротермічні умови року вирощування (зміна інтенсивності зволоження та температури) впливають на масу 1000 насінин. Показано, що найбільші показники маси 1000 насінин отримано у рік із середньобогаторічними значеннями температури та невисокою сумою опадів. У наших дослідженнях на значення маси 1000 насінин досліджуваних сортів більше впливали різні режими температури та вологості, а також типи ґрунтів залежно від зони вирощування, ніж від умов вегетаційного періоду року.

У середньому за 2017–2018 рр. найбільший показник умісту сирого протеїну в насінні сої відмічено у зоні Лісостепу – 37,5–44,0%.

Для зони Полісся вміст сирого протеїну в насінні досліджуваних сортів становив 34,4–41,7%, у зоні Степу – 35,4–40,1%. Максимальний вміст сирого протеїну в зоні Лісостепу визначено у сорту ‘НС Діяна’ – 44,0%, в зоні Полісся – у сорту ‘Алекса’ – 41,7%, в степовій зоні – ‘НС Діяна’ – 40,1%. Найменшими значеннями характеризувалися сорти ‘Азимут’ – 35,4% (Степ), ‘Басак’ – 37,5% (Лісостеп) та 34,0% (Полісся) (табл. 1).

За результатами дисперсійного аналізу визначено вплив факторів сорту, умов вегетаційного періоду року та зони вирощування на вміст сирого протеїну досліджуваних сортів сої (рис. 4).

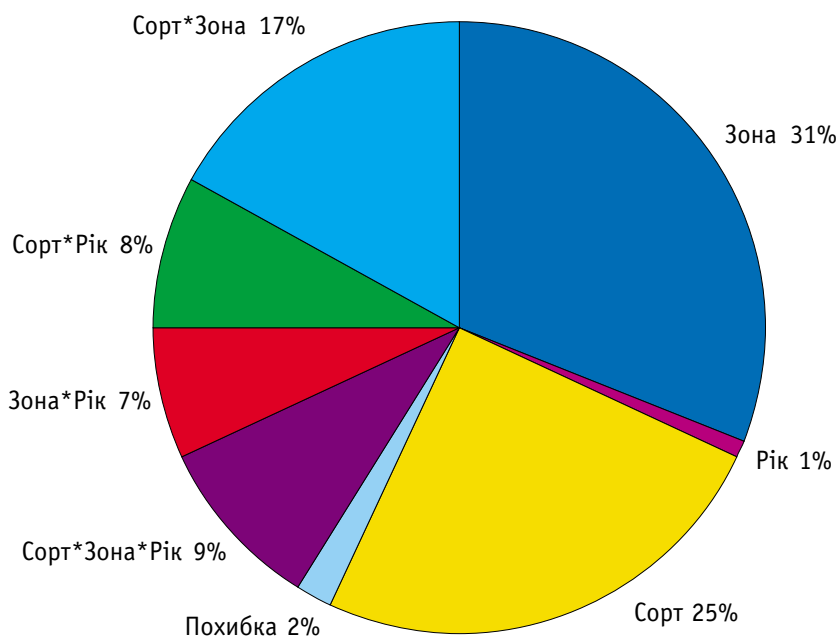


Рис. 4. Частка впливу факторів на показник умісту сирого протеїну сортів сої культурної (2017–2018 рр.)

У результаті досліджень визначено, що на вміст сирого протеїну в насінні досліджуваних сортів сої найбільше впливали мали фактори зони вирощування (31%) та сорту (25%). Умови вегетаційного періоду року впливали на накопичення сирого протеїну в насінні на 1%, взаємодія факторів впливала на 7–17% (Зона\*Рік та Сорт\*Зона, відповідно). Відповідно до отриманих даних, встановлено, що вміст сирого протеїну в досліджуваних сортах сої залежав від генотипу та ґрунтово-кліматичної зони.

Відповідно до Класифікатора показників якості ботанічних таксонів, сорти яких проходять експертизу на придатність до поширення (Класифікатор) [35], більшість досліджуваних у 2017 р. сортів відносять до середньобілкових, для яких вміст сирого протеїну становив 35,5–42,8%. До низькобілкових у цьому році досліджень віднесено сорти

‘Адсой’ та ‘Бенедетта’ (35,0 та 34,5% відповідно). У 2018 році всі сорти сої, які вирощували в зоні Лісостепу, показали високі значення для вмісту сирого протеїну. В зонах Степу та Полісся по 4 із 15 досліджуваних сортів мали низький вміст сирого протеїну (33,7–34,8 в Степу та 31,5–34,2% в зоні Полісся).

Таким чином визначено, що вміст сирого протеїну в зерні сої залежав від сорту, тобто суттєво відрізнявся у більшості досліджуваних сортів, проте найбільшу частку впливу на цей показник мала зона вирощування. Разом з тим суттєвої різниці не було відмічено для 4 сортів за вмістом сирого протеїну між зонами Степу та Лісостепу, 5 сортів між зонами Степу та Полісся, а також 2 сортів між зонами Лісостепу та Полісся.

За 2017–2018 рр. вміст олії в насінні досліджуваних сортів сої склав від 19,8 до 24,2%.

Залежно від зони вирощування найвище значення вмісту олії в досліджуваних сортах сої відмічено для зони Полісся – 20,7–24,2%. У зонах Лісостепу та Степу цей показник становив 19,8–22,6% та 22,1–23,8%, відповідно (табл. 1). Найвищий вміст олії в зоні Полісся та Лісостепу визначено у сорту ‘Адсой’ – 24,2 та 22,6% відповідно, в зоні Степу – у сорту

‘Азимут’ (23,8%). Сорти ‘Стاین 14Ф06’ (22,1%), ‘НС Діяна’ (19,8%) та ‘Азимут’ (20,7%) характеризувались найменшим вмістом олії в зонах Степу, Лісостепу та Полісся.

У результаті дисперсійного аналізу встановлено, що зона вирощування найбільше впливала на показник умісту олії в досліджуваних сортах сої (рис. 5).

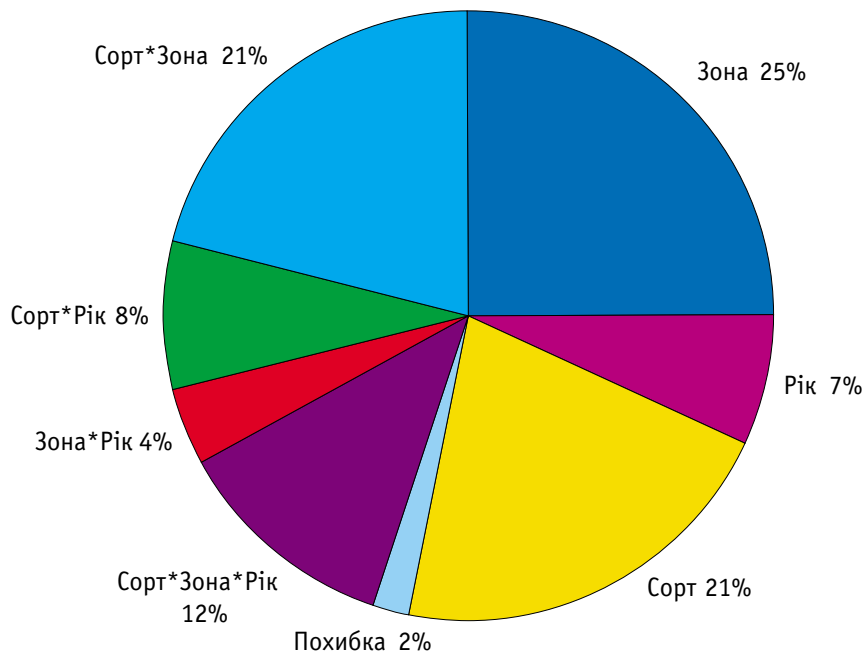


Рис. 5. Частка впливу факторів на показник умісту олії сортів сої культурної (2017–2018 рр.)

Визначено, що фактор зони вирощування впливав на вміст олії в насінні сої на 25%, сорту – на 21%, фактор умов вегетаційного періоду вирощування року – на 7%. Частки взаємодії факторів становили 4–21%, причому взаємодія факторів Сорт\*Зона мала найбільший вплив – 21%, найменший відмічено для факторів Зона\*Рік – 4%.

За 2017 рік досліджень відповідно до Класифікатора [35] всі сорти сої, вирощені у зоні Полісся, належали до середньоолійних (18,1–22,0%), окрім сортів ‘Адсой’ та ‘Бенедетта’, які були високоолійними (24,4 та 22,8%, відповідно). У зоні Лісостепу за цей рік до високоолійних належали 7 сортів, вміст олії в яких становив більше 22,0%, решта сортів – середньо олійні. У зоні Степу до середньоолійних належали 5 сортів із вмістом олії 21,1–21,9%, решта – високоолійні. В 2018 році в зоні Степу більшість сортів належали до високоолійних, окрім сорту ‘СОПРАНА’, вміст олії в зерні якого становив 21,6%. За цей рік у зоні Полісся 10 із 15 досліджуваних сортів належали до високоолійних, вміст олії в зерні інших сортів склав 21,5–22,0%. У зоні Лісостепу за 2018 рік виявлено 3 високоолійних сорта.

Вплив агроєкологічних факторів на вміст протеїну та олії в насінні сої вивчали Шевніков, Міленко [17]. Авторами визначено, що на біохімічний склад насіння сої істотно впливали погодні умови року. Найбільший вміст протеїну було отримано в посушливий 2008 рік. Дослідженнями авторів показано, що забур’яненість посівів негативно впливала на якісні показники насіння сої. Дослідження впливу біодобрив на врожайність та вміст сирого протеїну опубліковано у праці [20]. Авторами показано суттєвий вплив застосування різних комбінацій біодобрив на вміст сирого протеїну, врожайність та кількість бобів на рослину. У роботі [21] викладено результати досліджень умісту білка й олії в насінні сої, вирощеного на фоні застосування гербіцидів. Результати, отримані авторами, свідчать про відсутність негативного впливу досліджуваних гербіцидів на накопичення білка та олії в зерні. Варто зазначити, що вивченню залежності вмісту сирого протеїну та олії від агротехнічних заходів присвячено достатню кількість наукових робіт [17, 22, 24]. Проте, зважаючи на те, що сортовипробування базується на мето-

диках вирощування, які не передбачають дослідження впливу агротехнічних заходів на продуктивність сортів, необхідно приділяти увагу впливу факторів вирощування за різних ґрунтово-кліматичних умов. У наших дослідженнях відображено результати, які свідчать про значну частку впливу умов вегетаційного періоду року та зони вирощування на показники якості досліджуваних сортів. Аналіз таких взаємодій допомагає всебічно оцінити нові сорти та надати рекомендації щодо їхнього вирощування виробникам насіння для отримання максимальної врожайності та високої якості насіння.

Отже, найбільше впливала на показник вмісту олії в зерні досліджуваних сортів сої зона вирощування та сорт сої. Суттєві відмінності за цим показником відмічено для 12 сортів між зонами Степ та Лісостеп, між зонами Степ та Полісся, Лісостеп та Полісся суттєво відрізнялись 10 сортів.

У середньому за роки досліджень збір білка з гектара у досліджуваних сортів сої склав у зоні Степу 0,43–0,59 т/га, в зоні Лісостепу – 0,85–1,24 т/га та 0,60–0,88 т/га у зоні Полісся. Збір олії з гектара в зоні Степу варіював від 0,26 до 0,39 т/га, у зоні Лісостепу цей показник становив 0,44–0,64 т/га, в зоні Полісся – 0,37–0,49 т/га (табл. 2).

Таблиця 2

Середнє значення збору білка та олії з гектара в сортах сої культурної  
(2017–2018 рр.)

Сорт	Збір білка, т/га			Збір олії, т/га		
	С	Л	П	С	Л	П
‘Азимут’	0,54	1,03	0,75	0,37	0,56	0,42
‘Марися’	0,59	1,01	0,71	0,35	0,54	0,41
‘НС Діяна’	0,57	1,10	0,72	0,32	0,49	0,42
‘Алекса’	0,43	1,00	0,88	0,26	0,52	0,44
‘Альгіз’	0,52	1,01	0,73	0,31	0,51	0,41
‘СОПРАНА’	0,52	0,97	0,60	0,29	0,54	0,38
‘РЖТ СІРОКА’	0,58	1,21	0,72	0,35	0,64	0,44
‘Адсой’	0,51	0,92	0,64	0,31	0,50	0,43
‘Слобода’	0,52	0,85	0,60	0,33	0,44	0,37
‘Бетті’	0,56	0,97	0,64	0,32	0,54	0,39
‘Бенедетта’	0,58	1,11	0,64	0,37	0,63	0,42
‘Басак’	0,56	1,07	0,64	0,34	0,62	0,45
‘Стайн 14Ф06’	0,59	1,24	0,68	0,33	0,62	0,40
‘Стайн 15І63’	0,56	1,19	0,63	0,35	0,62	0,41
‘Моцарт’	0,59	0,92	0,76	0,39	0,45	0,49
НІР <sub>0,05</sub> (зар.)		0,27			0,24	
НІР <sub>0,05</sub> (сорт)		0,01			0,02	
НІР <sub>0,05</sub> (зона)		0,09			0,05	
НІР <sub>0,05</sub> (рік)		0,07			0,04	

Примітка. С – Степ, Л – Лісостеп, П – Полісся.

Зважаючи на максимальні значення врожайності та високі показники вмісту сирого протеїну в сортах сої, визначено, що за досліджувани роки в зоні Лісостепу було отримано найвищий збір білка з гектара посіву. В зоні Степу найбільші значення збору білка відмічено у сортів ‘Марися’, ‘Стайн 14Ф06’, ‘Моцарт’ – 0,59 т/га, в зоні Лісостепу – у сорту ‘Стайн 14Ф06’ – 1,24 т/га, в зоні Полісся – у сорту ‘Алекса’ – 0,88 т/га.

Найменшу кількість білка з гектара посіву за 2017–2018 рр. було отримано у сортів ‘Алекса’ – 0,43 т/га (Степ), ‘Слобода’ – 0,85 т/га (Лісостеп), ‘СОПРАНА’ та ‘Слобода’ – 0,60 т/га (Полісся).

За допомогою дисперсійного аналізу визначено, що найбільший вплив на показник

збору білка мала зона вирощування – 61%. Умови вегетаційного періоду року впливали на 21%, сорт – на 3%, частки взаємодії факторів – 2–5% (Сорт\*Рік та Сорт\*Зона, відповідно). Якщо порівнювати фактори впливу на врожайність та вміст сирого протеїну досліджуваних сортів, то слід зазначити, що на врожайність також більшою мірою впливала зона вирощування та умови вегетаційного періоду року (55 та 26%, відповідно). На вміст сирого протеїну найбільше впливала зона вирощування (31%), проте умови вегетаційного періоду року впливали на 1%. Натомість частка впливу сорту становила 25%.

У 2017 р. показник збору білка з гектара у зоні Степу становив 0,29–0,66 т/га, максимальне значення було відмічено у сорту ‘Мо-

царт', для зони Полісся цей показник варіював в межах 0,53–0,69 т/га із максимальним значенням у сорту 'НС Діяна'. В зоні Лісостепу за 2017 р. збір білка склав від 0,65 до 1,07 т/га, найбільше значення мав сорт 'Стайн 14Ф06'. За 2018 рік досліджень в зоні Степу збір білка з гектара становив 0,51–0,74 т/га, найбільше значення було відмічено у сорту 'РЖТ СІРОКА', у Лісостепу – 0,94–1,47 т/га, максимальне значення спостерігалося у сорту 'НС Діяна'. Для зони Полісся за 2018 рік цей показник склав 0,61–1,07 т/га із максимальним значенням у сорту 'Алекса'.

Таким чином, достовірну різницю за показником збору білка виявлено у більшості сортів між різними ґрунтово-кліматичними зонами. Проте, слід зазначити, що несуттєвою виявилась різниця у сортів 'СОПРАНА', 'Слобода', 'Бетті', 'Бенедетта', 'Басак', 'Стайн 15І63' між зонами Степ та Полісся.

За роки досліджень збір олії у сортах сої відрізнявся залежно від зони вирощування: в зоні Степу – 0,26–0,39 т/га, Лісостепу – 0,44–0,64 т/га та Полісся – 0,37–0,49 т/га (табл. 2). Максимальний збір олії з гектара отримали в зоні Лісостепу, що зумовлено високими значеннями врожайності та вмісту олії в досліджуваних сортах сої у цій зоні. В зоні Лісостепу максимальне значення збору олії було відмічено у сорту 'РЖТ СІРОКА' – 0,64 т/га, в зоні Степу та Полісся – у сорту 'Моцарт' – 0,39 т/га та 0,49 т/га, відповідно.

Встановлено, що зона вирощування найбільше впливала на показник збору білка – 25%. Частка впливу сорту становила 21%, умов вегетаційного періоду року – 7%. Вплив сукупності факторів становив 4–21% (Зона\*Рік та Сорт\*Зона). Відповідно до отриманих даних за показниками врожайності та вмісту олії найбільше впливала на ці показники також зона вирощування та сорт.

У 2017 р. у зоні Степу збір олії становив 0,18–0,40 т/га, у зоні Лісостепу – 0,30–0,57 т/га, в зоні Полісся значення показника варіювало від 0,34 до 0,40 т/га. Максимальне значення збору олії у зоні Полісся було відмічено у сорту 'Моцарт' – 0,40 т/га, в зоні Лісостепу найбільше значення цього показника становило 0,57 т/га у сорту 'Бенедетта', для зони Степу максимальний збір олії було отримано у сорту 'Адсой' – 0,40 т/га. За 2018 рік в зоні Степу найбільше значення збору олії було відмічено у сорту 'Азимут' – 0,49 т/га, в зоні Лісостепу – у сорту 'Стайн 15І63' (0,75 т/га) та 0,60 т/га – у сорту 'Моцарт' в зоні Полісся.

Отже, показник збору олії досліджуваних сортів сої достовірно відрізнявся залежно

від зони вирощування. Проте не було виявлено достовірної різниці за цим показником у сорту 'Азимут' між зонами Степу та Полісся.

## Висновки

У результаті дослідження впливу факторів умов вегетаційного періоду року, зони вирощування та сорту на показники продуктивності та якості 15 сортів сої культурної визначено частки впливу факторів на досліджувані показники. Максимальну врожайність досліджуваних сортів сої отримали в зоні Лісостепу. Показники маси 1000 насінин не мали суттєвих відмінностей залежно від умов вегетаційного періоду року. Вміст сирого протеїну суттєво відрізнявся залежно від генотипу. Вміст олії суттєво відрізнявся у досліджуваних сортах залежно від зони вирощування. За показниками збору білка та олії суттєві відмінності було виявлено також у сортів залежно від зони вирощування.

За результатами трьохфакторного дисперсійного аналізу визначено, що на досліджувані показники найбільше впливав фактор зони вирощування, частка впливу становила 25–55%. Частка впливу сорту становила 4–25%, умови вегетаційного періоду року впливали на 1–26%. Таким чином, основним фактором, який визначає продуктивні та якісні характеристики сортів є зона їхнього вирощування. Це підтверджує важливість випробування сортів сої та їхню оцінку у трьох ґрунтово-кліматичних зонах України.

## Використана література

1. Кренців Я. І. Мінливість елементів продуктивності у рослин сої гібридів  $F_1$ ,  $F_2$ . *Вісн. аграр. науки*. 2019. № 3. С. 82–88. doi: 10.31073/agrovisnyk201903\_13
2. Підлубна О., Концеба С. Економічна ефективність виробництва насіння сої на регіональному рівні. *Економіка АПК*. 2015. № 1. С. 14–20.
3. Ступніцька О. С., Баранов А. І. Вплив елементів технології вирощування на якісний склад насіння сої. *Вісник ЖНАЕУ*. 2014. Т. 1, № 1. С. 237–241.
4. Казакова І. В., Кондратюк Н. В. Ефективність виробництва сої та розвиток ринку соєвих продуктів в Україні і світі. *Ефективна економіка*. 2015. № 5. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4070>
5. Камінський В. Ф., Мосьондз Н. П. Вплив елементів технології вирощування на урожайність сої в умовах Північного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2010. Вип. 66. С. 91–95.
6. Січкач В. І. Ефективніше використовувати сортовий потенціал сої – потреба сьогодення. *Посібник українського хлібороба*. 2013. Т. 2. С. 146–150.
7. Слободяник А. М., Трішін О. В. Практичне використання фундаментального аналізу для прогнозування світових ринкових цін на сою. *Ефективна економіка*. 2018. № 5. URL: [http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/5\\_2018/37.pdf](http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/5_2018/37.pdf)
8. Інформаційно довідкова система «Реєстр сортів» / УІЕСР. URL: <http://service.ukragroexpert.com.ua/index.php>

9. Бабич А. О., Бабич Побережна А. А. Світові та вітчизняні тенденції розміщення виробництва і використання сої для розв'язання проблеми білка. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 12–27.
10. Іванюк С. В. Формування сортових ресурсів сої відповідно до біокліматичного потенціалу регіону вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 34–41.
11. Kucharik C. J., Serbin S. P. Impacts of recent climate change on Wisconsin corn and soybean yield trends. *Environ. Res. Lett.* 2008. Vol. 3, Iss. 3. 034003. doi: 10.1088/1748-9326/3/3/034003
12. Kravchenko A. N., Bullock D. G. Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. *Agron. J.* 2000. Vol. 92, Iss. 1. P. 75–83. doi: 10.1007/s100870050010
13. Омелянюк Л. В., Асанов А. М., Танакулов А. Х. Влияние гидротермического обеспечения периода вегетации на урожайность скороспелых сортов сои в Южной лесостепи Омской области. *Масличные культуры. Науч. техн. бюл. ВНИИМК*. 2012. Вип. 1. С. 80–83.
14. Озякова Е. Н., Поползухина Н. А. Урожайность и качество зерна сои в зависимости от действия абиотических факторов и генотипических особенностей. *Омский научный вестник*. 2014. № 2. С. 213–217.
15. Толмачева А. В. Влияние факторов внешней среды на динамику биомассы растений сои в центральной части Северо-Западного Причерноморья. *Фізична географія та геоморфологія*. 2015. Вип. 1. С. 158–166.
16. Іванюк С. В., Вільгота М. В., Жаркова О. Ю. Вплив гідротермічних умов на формування продуктивності сої в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2016. Вип. 82. С. 21–28.
17. Шевніков М. Я., Міленко О. Г. Вплив агротехнологічних факторів на вміст протеїну та олії в насінні сої. *Вісн. ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2016. Вип. 20. С. 84–90.
18. Egli D. V., Bruening W. Planting date and soybean yield: evaluation of environmental effects with a crop simulation model: SOYGR0. *Agric. For. Meteorol.* 1992. Vol. 62, Iss. 1–2. P. 19–29. doi: 10.1016/0168-1923(92)90003 M
19. Нідзельський В. А., Новицька Н. В., Шутий О. Спрямування технологічних заходів на стабілізацію урожаїв сої. *Науковий вісник НУБіП України. Сер. : Агрономія*. 2012. Вип. 176. С. 74–78.
20. Zarei I., Sohrabi Y., Heidari G. R. et al. Effects of biofertilizers on grain yield and protein content of two soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *Afr. J. Biotechnol.* 2012. Vol. 11, Iss. 27. P. 7028–7037. doi: 10.5897/AJB11.3194
21. Гутянський Р. А., Матвієць В. Г., Ильченко Н. К., Шелякіна Т. А. Вміст білка й олії в насінні сої, вирощеного на фоні застосування гербіцидів. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 101. С. 223–229. doi: 10.30835/2413-7510.2012.59761
22. Hu M., Wiatrak P. Effect of planting date on soybean growth, yield, and grain quality. *Agron. J.* 2012. Vol. 104, Iss. 3. P. 785–790. doi: 10.2134/agronj2011.0382
23. Бобро М. А., Огурцов Є. М., Міхеев В. Г. Продуктивність сортів сої різних груп стиглості залежно від норм висіву в східній частині Лісостепу України. *Вісн. ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Сер. : Рослинництво, селекція і насінництво, плодівництво*. 2012. № 2. С. 30–36.
24. Присяжнюк О. І., Григоренко С. В., Половинчук О. Ю. Особливості реалізації біологічного потенціалу сортів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу України. *Plant Var. Stud. Prot.* 2018. Т. 14, № 2. С. 215–223. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134773
25. Шевніков М. Я., Міленко О. Г., Лотиш І. І. Урожайність сортів сої залежно від елементів технології вирощування. *Вісник ПДАА*. 2018. № 3. С. 15–21. doi: 10.31210/visnyk2018.03.02
26. Paz J. O., Batchelor W. D., Tylka G. L., Hartzler R. G. A modeling approach to quantify the effects of spatial soybean yield limiting factors. *Trans. ASAE*. 2001. Vol. 44, Iss. 5. P. 1329–1334. doi: 10.13031/2013.6423
27. Присяжнюк О. І., Димитров В. Г., Мартинов О. М. Прогнозування фенотипової продуктивності середньоранніх сортів сої. *Plant Var. Stud. Prot.* 2017. Т. 13, № 2. С. 167–171. doi: 10.21498/2518-1017.13.2.2017.105404
28. Присяжнюк Л. М., Щербиніна Н. П., Шаюк Л. В. та ін. Оцінка пластичності та стабільності нових сортів сої в різних ґрунтово-кліматичних зонах. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2015. № 8. URL: <http://journals.urau.ua/index.php/22231609/article/view/115605/109838>
29. Присяжнюк Л. М., Шовгун О. О., Король Л. В. та ін. Оцінка нових сортів сої за господарсько цінними показниками. *Вісн. аграр. науки*. 2016. № 11. С. 24–27. doi: 10.31073/agroviznyk201611-04
30. Мельник С. І., Попова О. П., Коцюбинська Л. М. Економічна ефективність виробництва товарної продукції сої культурної в науковій сівозміні. *Агроекономіка*. 2019. № 23. С. 49–53. doi: 10.32702/2306-6792.2019.23.49
31. Методика кваліфікаційної технічної експертизи сортів рослин з виявлення показників придатності до поширення в Україні. Загальна частина / за ред. С. О. Ткачик. 3-тє вид., виправ. і доп. Київ, 2011. 103 с.
32. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур. Олійні, технічні, прядильні та кормові культури / за ред. В. В. Волкодава. Київ, 2001. С. 11.
33. Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачик. 3-тє вид., пер. і доп. Вінниця : ФОРМ Корзун Д. Ю., 2017. 159 с.
34. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.
35. Класифікатор показників якості ботанічних таксонів, сорти яких проходять експертизу на придатність до поширення. Вінниця : ТОВ «Твори», 2019. 16 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/vidanna/2019/1.pdf>

## References

1. Krenciv, Ya. I. (2019). Variability of elements of efficiency of plants of soya of F1, F2 hybrids. *Visn. Agrar. Nauki* [Bulletin of Agricultural Science], 3, 82–88. doi: 10.31073/agroviznyk201903-13 [in Ukrainian]
2. Pidlubna, O. D., & Kontseba, S. M. (2015). The economic efficiency of regional soybeans production. *Ekonomika APK* [The Economy of Agro Industrial Complex], 1, 14–20. [in Ukrainian]
3. Stupniczka, O. S., & Baranov, A. I. (2014). Influence of elements of cultivation technology on the quality composition of soybean seeds. *Visnik Zhytomir'skogo nacional'nogo agroekologično go universitetu* [Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University], 1(1), 237–241. [in Ukrainian]
4. Kazakov, I. V., & Kondratyuk, N. V. (2015). Efficiency of soybean production and development of soybean products market in Ukraine and worldwide. *Efektivna ekonomika* [Efficient Economy], 5. Retrieved from <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4070>. [in Ukrainian]
5. Kaminskyi, V. F., & Mosyondz, N. P. (2010). Influence of the technology elements of soybean cultivation in conditions of the northern Forest Steppe of Ukraine. *Kormi i kormovirobnictvo* [Feeds and Feed Production], 66, 91–95. [in Ukrainian]
6. Sichkar, V. I. (2013). A more effective use of soybean varietal potential is the need of today. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba* [Ukrainian Cereal Growers Handbook], 2, 145–150. [in Ukrainian]
7. Slobodyanyk, A. M., & Trishin, O. V. (2018). Practical use of fundamental analysis for forecasting global market prices for soybeans. *Efektivna ekonomika* [Efficient Economy], 5. Retrieved from [http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/5\\_2018/37.pdf](http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/5_2018/37.pdf) [in Ukrainian]
8. Ukrainian Institute for Plant Variety Examination. (n.d.). *Infor matsiino dovidkova systema «Reiestr sortiv»* [Information re



- ferral system "Register of varieties"]. Retrieved from <http://service.ukragroexpert.com.ua/index.php> [in Ukrainian]
9. Babych, A. O., & Babych Poberezhna, A. A. (2012). The world and domestic tendencies of the distribution of soybean production and use to solve the problem of protein. *Kormi i kormovirobnictvo* [Feeds and Feed Production], 71, 12–27. [in Ukrainian]
  10. Ivanyuk, S. V. (2012). Formation of variety resources of soybean in accordance with bioclimatic potential of the region of cultivation. *Kormi i kormovirobnictvo* [Feeds and Feed Production], 71, 34–41. [in Ukrainian]
  11. Kucharik, C. J., & Serbin, S. P. (2008). Impacts of recent climate change on Wisconsin corn and soybean yield trends. *Environ. Res. Lett.*, 3(3), 034003. doi: 10.1088/1748 9326/3/3/034003
  12. Kravchenko, A. N., & Bullock, D. G. (2000). Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. *Agron. J.*, 92(1), 75–83. doi: 10.1007/s100870050010
  13. Omel'yanyuk, L. V., Asanov, A. M., & Tanakulov, A. Kh. (2012). The influence of hydrothermal support of the growing season on the productivity of early ripening soybean varieties in the Southern Forest Steppe of the Omsk region. *Maslichnye kul'tury. Nauchno tekhnicheskij byulleten VNIIMK* [Oil Crops. Scientific and technical bulletin of All Russia Research Institute of Oil Crops], 1, 213–217. [in Russian]
  14. Ozyakova, E. N., & Popolzukhina, N. A. (2014). Yield and quality of soybean depending on the actions of abiotic factors and genotypic characteristics. *Omskij naučnyj vestnik* [Omsk Scientific Bulletin], 2, 213–217. [in Russian]
  15. Tolmachova, A. V. (2015). Influence of environmental factors on the dynamics of biomass of soya plants in the central part of the North Western Black Sea Region. *Fizična geografija ta geomorfologija* [Physical Geography and Geomorphology], 1, 158–166. [in Russian]
  16. Ivaniuk, S. V., Vilhota, M. V., & Zharkova, O. Y. (2016). The impact of hydrothermal conditions on the formation of soybean productivity in the Forest Steppe of Ukraine. *Kormi i kormovirobnictvo* [Feeds and Feed Production], 82, 21–28. [in Ukrainian]
  17. Shevnikov, M. Ya., & Milenko, O. G. (2016). Influence of agroecological factors on protein and oil content in soybean seeds. *Vmsnik Centru naukovogo zabezpečennâ APV Harkivs'kon oblasti* [Bulletin of the Center for Science Provision of Agri business in the Kharkiv region], 20, 84–90. [in Ukrainian]
  18. Egli, D. B., & Bruening, W. (1992). Planting date and soybean yield: evaluation of environmental effects with a crop simulation model: SOYGRO. *Agric. For. Meteorol.*, 62(1–2), 19–29. doi: 10.1016/0168 1923(92)90003 M
  19. Nidzelskyi, V. A., Novytska, N. V., & Shutyi, O. (2012). Directing technological measures to stabilize soybean crops. *Naukovij visnik NUBIP Ukraini. Seria Agronomiâ* [Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Agronomy], 176, 74–78. [in Ukrainian]
  20. Zarei, I., Sohrabi, Y., Heidari, G. R., Jalilian, A., & Mohammadi, K. (2012). Effects of biofertilizers on grain yield and protein content of two soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *Afr. J. Bio technol.*, 11(27), 7028–7037. doi: 10.5897/AJB11.3194
  21. Hutianskyi, R. A., Matviets, V. H., Ilchenko, N. K., & Sheliakina, T. A. (2012). Protein and oil content in soybean seeds grown on the background of herbicide application. *Selekciâ i nasinnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 101, 223–229. doi: 10.30835/2413 7510.2012.59761 [in Ukrainian]
  22. Hu, M., & Wiatrak, P. (2012). Effect of planting date on soybean growth, yield, and grain quality. *Agron. J.*, 104(3), 785–790. doi: 10.2134/agronj2011.0382
  23. Bobro, M. A., Ohurtsov, Ye. M., & Mikhyeyev, V. H. (2012). Productivity of soybean varieties of different ripeness groups depending on sowing rates in eastern Ukraine. *Visnik HNAU. Seria Roslinnictvo, selekciâ i nasinnictvo, plodoovočivnictvo i zberigannâ* [The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Crop production, breeding and seed production, horticulture], 2, 30–36. [in Ukrainian]
  24. Prysiazhnyuk, O. I., Hryhorenko, S. V., & Polovynchuk, O. Yu. (2018). Realization of soybean biological potential as affected by agronomical practices under the conditions of the Forest Steppe of Ukraine. *Plant Var. Stud.*, 14(2), 215–223. doi: 10.21498/2518 1017.14.2.2018.134773 [in Ukrainian]
  25. Shevnikov, M. Ya., Milenko, O. H., & Lotysh, I. I. (2018). The productivity of soy sorts depending on elements of growing technology. *Visn. Poltav. derž. agrar. akad.* [News of Poltava State Agrarian Academy], 3, 15–21. doi: 10.31210/visnyk2018.03.02 [in Ukrainian]
  26. Paz, J. O., Batchelor, W. D., Tylka, G. L., & Hartzler, R. G. (2001). A modeling approach to quantify the effects of spatial soybean yield limiting factors. *Trans. ASAE*, 44(5), 1329–1334. doi: 10.13031/2013.6423
  27. Prysiazhniuk, O. I., Dymytrov, V. H., & Martynov, O. M. (2017). Forecasting of phenotypic productivity of middle early soybean varieties. *Plant Var. Stud.*, 13(2), 167–171. doi: 10.21498/2518 1017.13.2.2017.105404 [in Ukrainian]
  28. Prysiazhniuk, L. M., Shcherbynina, N. P., Shayuk, L. V., Korol, L. V., Honcharova, S. O., Kostenko, A. V., & Zirnzak, A. V. (2015). Estimation of plasticity and stability of new varieties of soybean in different soil climatic zones. *Naukovi dopovidi NU BiP Ukraini* [Scientific reports NULES of Ukraine], 8. Retrieved from <http://journals.uran.ua/index.php/2223 1609/article/view/115605/109838> [in Ukrainian]
  29. Prysiazhniuk, L. M., Shovgun, O. O., Korol, L. V., Goncharova, S. O., Korovko, I. I., & Kostenko, A. V. (2016). Assessment of new cultivars of soya bean according to economic valuable indexes. *Visn. Agrar. Nauki* [Bulletin of Agricultural Science], 11, 24–27. [in Ukrainian]
  30. Melnyk, S. I., Popova, O. P., & Kociubynska, L. M. (2019). Economic efficiency of production of commodity products of cultural soybean in scientific rotation. *Agrosvit* [Agro world], 23, 49–53. doi: 10.32702/2306 6792.2019.23.49 [in Ukrainian]
  31. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2011). *Metodyka provedennia kvalifikat siinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna* [Methods of conducting qualification tests of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part]. (3<sup>rd</sup> ed., rev.). Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
  32. Volkodav, V. V. (Ed.). (2001). *Metodyka derzhavnoho sortovy probuvannia silskohospodarskykh kultur. Oliini, tekhnichni, pri adyvni ta kormovi kultury* [Methods of state variety testing of crops. Oil, technical, fiber and forage crops] (pp. 11). Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
  33. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2017). *Metodyky provedennia kvalifikat siinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva* [Methods of conducting qualitative examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods for defining crop quality indicators]. (3<sup>rd</sup> ed., rev.). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
  34. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6.0* [Statistical analysis of agronomic research data in package Statistica 6.0]. Kyiv: PoligrafKonsaltyng. [in Ukrainian]
  35. *Klasyfikator pokaznykiv yakosti botanichnykh taksoniv, sorty yakykh prokhodiat ekspertyzu na prydatnist do poshyrennia* [Quality index of botanical taxon quality assorted for suitability for distribution]. (2019). Vinnytsia: TOV «Tvory». Retrieved from <https://sops.gov.ua/uploads/page/vidanna/2019/1.pdf> [in Ukrainian]

УДК 633.34:57.045

**Топчий О. В.\***, **Присяжнюк Л. М.**, **Иваницкая А. П.**, **Щербинина Н. П.**, **Киенко З. Б.** Влияние факторов выращивания на показатели продуктивности сои культурной [*Glycine max* (L.) Merrill] // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 1. С. 78–89. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.16.1.2020.201269](https://doi.org/10.21498/2518_1017.16.1.2020.201269)

Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина, \*e mail: otopchiy1992@gmail.com

**Цель.** Установить закономерности влияния факторов выращивания на хозяйственно ценные характеристики новых сортов сои. **Методы.** Полевой, биохимические методы анализа, дисперсионный анализ. **Результаты.** Определены доли влияния зоны выращивания, условий вегетационного периода года и сорта сои на урожайность, массу 1000 семян, содержание сырого протеина и масла, сбора белка и масла. Наибольшее влияние на показатель урожайности исследуемых сортов имела зона выращивания – 55%. В среднем за 2017–2018 гг. максимальная урожайность получена в зоне Лесостепи – 2,48–3,58 т/га, самая низкая – в зоне Степи 1,33–1,89 т/га. Значение показателя массы 1000 семян в среднем за 2017–2018 гг. составляют в зоне Степи – 125,1–169,9 г, в Лесостепи – 130,2–207,8 г и 143,9–188,0 г в зоне Полесья. По результатам дисперсионного анализа было определено, что на массу 1000 семян наибольшее влияние имела зона выращивания – 31%, меньшее влияние оказывал сорт – 21% и условия вегетационного периода года – 13%. Основные показатели качества сои культурной – содержание сырого протеина и масла в семенах. Наибольшие значения содержания сырого протеина отмечено в зоне Лесостепи – 37,5–44,0%. В зоне Полесья содержание сырого протеина составило 34,4–41,7%, в зоне Степи – 35,4–40,1%. Макси-

мальные значения этого показателя были отмечены у сорта 'НС Дияна' – 44,0% в зоне Лесостепи, в зоне Полесья – у сорта 'Алекса' – 41,7%, в степной зоне 'НС Дияна' – 40,1%. Таким образом, наибольшее влияние на содержания сырого протеина имел фактор зоны выращивания (31%) и сорт (25%), взаимодействие факторов сорта и зоны выращивания влияло на 17%. Содержание масла в среднем за 2017–2018 гг. составляло от 19,8 до 24,2%. Высокое содержание масла было отмечено у сорта 'Адсой' в зоне Полесья и Лесостепи – 24,2 и 22,6%, соответственно, а также у сорта 'Азимут' – 23,8% в степной зоне. По результатам дисперсионного анализа было определено, что на показатель содержания масла в семенах сои больше всего влияли зона выращивания на 25%, сорт – 21%, и взаимодействие факторов сорта и зоны выращивания на 21%. **Выводы.** Наибольшее влияние на исследуемые показатели имела зона выращивания. Определено, что доля влияния зоны выращивания сортов сои составляет 25–55% в зависимости от исследуемого показателя. Определено, что доля влияния сорта составляла 4–25%, условия вегетационного периода года влияли на 1–26%.

**Ключевые слова:** сорт; урожайность; содержание сырого протеина; содержание масла; сбор белка; сбор масла; УИЭСР.

UDC 633.34:57.045

**Topchii, O. V.\***, **Prsyazhniuk, L. M.**, **Ivanytska, A. P.**, **Shcherbynina, N. P.**, & **Kyienko, Z. B.** (2020). The influence of growing factors on the productivity indicators of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(1), 78–89. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.16.1.2020.201269](https://doi.org/10.21498/2518_1017.16.1.2020.201269)

Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtyseva St., Kyiv, 03041, Ukraine, \*e mail: otopchiy1992@gmail.com

**Purpose.** To determine the patterns of influence of growing factors on the economically valuable characteristics of new soybean varieties. **Methods.** Field, biochemical methods, analysis of variance. **Results.** The rates of the influence of the growing zone, the conditions of the growing season of the year and the soybean variety on the yield, weight of 1000 seeds, the content of crude protein and oil, and protein and oil collection were determined. The greatest influence on the yield of the studied varieties had a growing zone – 55%. On average the maximum yield was obtained in Forest steppe zone 2.48–3.58 t/ha, the lowest – in Steppe zone (1.33–1.89 t/ha) for 2017–2018. In the same period the weight of 1000 seeds on average was 125.1–169.9 g in the Steppe zone, in Forest Steppe zone it was 130.2–207.8 g and 143.9–188.0 g in Forrest zone. According to the results of analysis of variance, it was determined that the growing zone has the greatest influence on weight of 1000 seeds – 31%, variety – 21% and conditions of the growing season of the year – 13%. The main characteristics of soybean quality are the content of crude protein and oil in seeds. The highest level of crude protein was observed in soybean variety in Forest Steppe zone – 37.5–44.0%. In Forrest zone, the crude protein content was 34.4–41.7%, in the Steppe zone 35.4–40.1%. The maximum

level of this characteristic was observed in variety 'NS Diyana' – 44.0% in Forest Steppe zone, in Forrest zone – in the variety 'Alexa' 41.7%, in Steppe zone – in variety 'NS Diyana' 40.1%. Thus, the growing zone (31%) and variety (25%) had the greatest influence on the content of crude protein; the interaction of factors (variety and growing zone) affected 17%. The average oil content for 2017–2018 ranges from 19.8 to 24.2%. High oil content was noted in 'Adsoy' variety in Forrest and Forest Steppe zones, 24.2 and 22.6%, respectively, and 'Azimut' – 23.8% in Steppe zone. The results of the analysis of variance showed that the growing zone to a greater extent affected the oil content in soybean seeds by 25%, variety – 21%, and the interaction of factors of the variety and growing zone by 21%. **Conclusions.** According to the results of multifactor analysis of variance, it was determined that the growing zone had the greatest influence on the studied parameters. It was found that the rate of the influence of growing zone of soybean varieties is 25–55%, depending on the studied characteristic. It was determined that the influence of the variety was 4–25%, the conditions of the growing season affected by 1–26%.

**Keywords:** variety; yield; crude protein content; oil content; protein collection; oil collection; UIPVE.

Надійшла / Received 17.03.2020  
Погоджено до друку / Accepted 14.04.2020

# Оцінка сортів сої культурної [*Glycine max* (L.) Merrill] за стабільністю прояву господарсько цінних ознак

О. З. Щербина<sup>1</sup>, С. О. Ткачик<sup>2\*</sup>, О. О. Тимошенко<sup>1</sup>, Н. О. Шостак<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ННЦ «Інститут землеробства НААН», вул. Машинобудівників, 26, смт Чабани, Києво Святошинський р н, Київська обл., 08162, Україна, \*e mail: selectio@ukr.net

<sup>2</sup>Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна, e mail: s s tk@ukr.net

**Мета.** Вивчити сорти сої різного походження за вмістом білка та іншими господарськими ознаками, визначити показники стабільності та пластичності цих ознак, а також виділити сорти, перспективні для використання у селекційних програмах. **Методи.** Польові, лабораторні, біохімічні та статистичні. **Результати.** Досліджено 22 сорти сої за врожайністю, вмістом білка та олії в насінні. Виділено пластичні сорти, що мають високу врожайність: 'Муза', 'Ментор', 'Асука', 'Валас', 'Кофу', 'Кардіф', 'Алігатор', 'Вишиванка', 'Сузір'я та стабільні за врожайністю сорти вітчизняної селекції 'Сіверка', 'Вільшанка', 'Устя', а також сорт 'Лісабон'. Найвищий вміст білка відмічено у сорту 'Опус' – 45,0% у 2017 році. Цей сорт у середньому за три роки показав 43,63% білка в насінні і поступався тільки сорту 'Устя' (44,3%). Проте значно вище значення коефіцієнта регресії  $b = 4,289$  у сорту 'Лісабон' показало його високу чутливість до умов вирощування при досить низькому середньому значенні вмісту білка в насінні (38,60%), як і сорт 'Сілесія' ( $b = 4,289$ ) при середньому значенні білковості – 42,73%. Сорт стандарт 'Муза' при низькій білковості 38,60% був досить стабільним за проявом цієї ознаки –  $S^2 = 0,222$ . Виділено низку сортів з високим вмістом олії в насінні: 'Валас' – 22,77%, 'Сігалія' – 22,7%, 'Алігатор', 'Сіверка' – 22,53%, 'Кофу' – 22,13%, сорт стандарт 'Муза' – 21,77%. **Висновки.** У селекційних програмах, спрямованих на підвищення вмісту білка в насінні, слід використовувати сорти: 'Опус' – як носій максимального значення ознаки, 'Устя', 'Асука', 'Сілесія' та 'Касіді' – як високоврожайні з високим вмістом білка. Погодні умови року неоднаково впливали на прояв досліджуваних ознак: у сприятливий для отримання високих урожаїв рік вміст білка в насінні знижувався, у посушливіший рік вміст білка був вищим, а вміст олії в насінні змінювався незначно.

**Ключові слова:** соя; селекція; білок; олія; урожай насіння; стабільність; пластичність.

## Вступ

Однією з основних світових проблем у ХХІ ст. є проблема харчового білка. Проблема полягає в тому, що його не вистачає і майже половина населення земної кулі потерпає від цього. Потреба людини в білку на 10–30% забезпечується тваринними білками, а на 70–90% – рослинними. Традиційні шляхи збільшення маси харчового білка та підвищення його якості пов'язані з рослинництвом і селекцією: оптимізацією вирощування сільськогосподарських рослин із застосуванням добрив, біологічно активних речовин, ефективною боротьбою з хворобами, бур'янами, шкідниками, добором і раціональним розміщенням культур, а також із виведенням нових сортів з підвищеним вмістом білка [1].

Насіння сої збалансоване за протеїном і перетравними амінокислотами. За різними

даними насіння сої містить 30–45% білка та 13–26% олії. Значний вміст білка і збалансованість його за амінокислотним складом, роблять сою безцінною у харчуванні людини і виготовленні тваринних кормів. У світових ресурсах рослинного білка, придатного для харчового використання, соєвий складає 1/5 частину [2].

У сучасному тваринництві нові породи і кроси сільськогосподарських тварин особливо вимогливі до поживності раціону та якості білка в ньому, що відчутно позначається на вартості корму. Додаткові джерела протеїну, отримані шляхом промислової переробки і синтезу сировини рослинного і тваринного походження, дозволяють замінити частину дорогих рослинних і тваринних інгредієнтів у кормах. Основним джерелом білка в раціоні продуктивних тварин є зернобобові культури [3, 4].

Тому створення сортів з підвищеними і покращеними якостями білка й олії є актуальними напрямками селекції сої. Підвищенню вмісту білка в соєвій продукції присвячені публікації багатьох учених [5–8].

Останнім часом з'явилась велика кількість сортів з різним поєднанням господарсько-цінних ознак та характерною для кожного генотипу нормою реакції на умови ви-

Elena Shcherbina

[https://orcid.org/0000\\_0001\\_6817\\_1840](https://orcid.org/0000_0001_6817_1840)

Svitlana Tkachyk

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_2402\\_079X](https://orcid.org/0000_0002_2402_079X)

Aleksandr Timoshenko

[http://orcid.org/0000\\_0003\\_4852\\_6709](http://orcid.org/0000_0003_4852_6709)

Nataliia Shostak

[https://orcid.org/0000\\_0003\\_3631\\_7598](https://orcid.org/0000_0003_3631_7598)

Таблиця 1

рощування, за вмістом білка й олії в тому числі [9–11].

**Мета досліджень** – за результатами вивчення сортів сої різного походження за вмістом білка та іншими господарськими ознаками визначити показники стабільності та пластичності цих ознак, а також виділити сорти, перспективні для використання у селекційних програмах.

### Матеріали та методика досліджень

Дослідження виконували в селекційній сівозміні Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН» упродовж 2017–2019 років. Для досліджень було використано 22 сорти сої селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН» та комерційні сорти іноземної селекції. Дослід закладали згідно з методикою польового досліду [13]. Вміст білка та олії в насінні селекційних зразків визначали на приладі «Infratec 1241».

Вивчали зразки за морфологічними та господарськими ознаками відповідно до Широкого уніфікованого класифікатора роду *Glycine max* (L.) Merr. [14] та Класифікатора показників якості ботанічних таксонів, сорти яких проходять експертизу на придатність до поширення [15]. Для характеристики колекційних зразків за досліджуваними ознаками обчислювали показники стабільності:  $b$  – коефіцієнт регресії,  $S^2$  – середньоквадратичне відхилення (Eberhart S. A., Russel W. A. [16]; Покудин В. З. [17]). Чим більше числове значення коефіцієнта регресії, тим значніша реакція сорту на зміну умов середовища. Амплітуду коливань показників характеризує середнє квадратичне відхилення ( $S^2$ ) цього показника у кожного сорту від лінії регресії: чим менше числове значення середнього квадрата, тим стабільнішим є сорт за даною ознакою [18].

Погодні умови в роки досліджень значно відрізнялись за кількістю опадів та температурою (табл. 1, 2). Найнесприятливішим для росту і розвитку рослин сої виявився 2017 рік. Якщо за показниками температури він незначною мірою відрізнявся від норми, то за кількістю опадів під час росту і цвітіння рослин сої дощі випадали нерівномірно і в недостатній кількості, а наприкінці вегетації було кілька злив, які спричинили вилягання середньостиглих сортів.

Найсприятливішим для формування врожаю сої був 2018 рік, що вплинуло на формування високих урожаїв насіння сої, а у 2019 році, який за температурними показниками і кількістю опадів в цілому значно не відрізнявся від попереднього, проте певна

### Характеристика років досліджень за температурою повітря, °С

Місяць	Декада	2017 р.		2018 р.		2019 р.	
		факт.	% від норми	факт.	% від норми	факт.	% від норми
Травень	1	13,7	101	21,7	158	12,4	90
	2	15,7	118	16,2	104	19,2	122
	3	15,9	85	20,8	131	21,3	134
Червень	1	16,8	91	19,8	118	22,8	136
	2	17,8	97	22,7	128	26	146
	3	19,5	99	19,6	101	23,4	120
Липень	1	18,7	98	19,5	104	20	107
	2	19,7	96	20,9	106	18,2	92
	3	19,5	87	22,7	116	22,31	114
Серпень	1	20,1	81	23	115	19,3	96
	2	18,9	72	23,3	124	21,6	108
	3	17,4	108	20,9	120	22,5	129
Вересень	1	16,2	97	19,8	122	21,7	134
	2	13,7	73	19	139	15,2	111
	3	11,2	68	11,9	106	11,8	115

кількість днів з високою денною температурою у 2 і 3 декаді червня, коли відбувалося цвітіння сої, вплинула негативно на формування бобів і насіння. Отже, в роки досліджень погодні умови відрізнялися за впливом на прояв ознак досліджуваних сортів сої.

Таблиця 2

### Характеристика років досліджень за кількістю опадів, мм

Місяць	Декада	2017 р.		2018 р.		2019 р.	
		факт.	% від норми	факт.	% від норми	факт.	% від норми
Травень	1	3	18	5,2	31	41,8	245,9
	2	4	32	12,7	95	0,4	3,1
	3	7	31	0	0	2,8	12,2
Червень	1	0	0	2,6	11	1,8	7,8
	2	7	28	28	11,7	0	0
	3	3	12	78,1	301	35	134,6
Липень	1	25	64	12	31	1,4	3,6
	2	4	15	17,8	69	14,4	55,4
	3	30	130	61,8	269	0,6	15,7
Серпень	1	17	94	9,4	52	13	12,2
	2	0	0	4,4	16	8,8	32,6
	3	18	75	3,8	16	0	0
Вересень	1	19	124	12	80	0	0
	2	17	123	0	0	0,4	2,9
	3	4	20	22,2	123	20,4	113,3

### Результати досліджень

Роки досліджень були різними за впливом на прояв господарських ознак досліджуваних сортів, це також підтвердили середні показники урожайності по досліді (табл. 3). У найнесприятливішому році середня врожайність досліджуваних сортів становила 2,75 т/га, найбільшою була середня врожайність у 2018 році – 3,32 т/га. Реакція досліджуваних сортів за врожайністю насіння

була не однаковою: коефіцієнт регресії ( $b$ ) у сортів 'Каната' і 'Сілесія' мав від'ємне значення менше одиниці, ці сорти слабо реагували на зміну умов вирощування. Найвищу середню врожайність за три роки зафіксовано у сорту 'Муза' – 3,72 т/га, високоврожайними виявились сорти 'Ментор', 'Асука', 'Валас', 'Кофу', 'Кардіф', 'Алігатор', 'Вишиванка', 'Сузір'я', хоча реакція на зміну умов вирощування у них була досить високою,

коефіцієнти регресії мали значення більше одиниці. Стабільнішими за врожайністю були сорти вітчизняної селекції 'Сіверка', 'Вільшанка', 'Устя', 'Вишиванка', а також сорт 'Лісабон' – середньоквадратичне відхилення ( $S^2$ ) становило від 0,003 до 0,068.

Урожайність вище 4 т/га спостерігалась у сорту 'Муза' у 2018 році – 4,42 т/га, сорту 'Ментор' у 2018 р. – 4,18 т/га та 4,02 т/га у 2019 р., а також сорту 'Кофу' у 2019 р. – 4,01 т/га.

Таблиця 3

**Урожайність сортів сої, показники стабільності і пластичності сортів сої за урожайністю насіння, т/га**

Сорти	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє	Коефіцієнт регресії, $b$	Середньоквадратичне відхилення, $S^2$
'Каната'	3,18	3,00	3,25	3,14	0,148	0,002
'Сігалія'	2,98	3,45	3,04	3,16	0,568	0,031
'Касіді'	2,88	3,01	3,54	3,14	0,636	0,039
'Опус'	2,59	2,86	2,64	2,70	0,338	0,011
'Кофу'	2,60	3,93	4,01	3,51	2,529	0,610
'Султана'	2,56	3,18	3,04	2,93	1,047	0,105
'Валас'	2,89	3,68	3,74	3,44	1,511	0,218
'Сілесія'	2,59	2,20	2,41	2,40	0,568	0,031
'Асука'	3,01	3,83	3,99	3,61	1,641	0,257
'Лісабон'	2,77	3,15	3,24	3,05	0,772	0,057
'Кардіф'	2,47	3,56	3,06	3,03	1,652	0,260
'Алігатор'	2,50	3,93	3,57	3,33	2,387	0,544
'Ментор'	2,85	4,18	4,02	3,68	2,350	0,527
'Сіверка'	2,08	2,62	2,41	2,37	0,846	0,068
'Устя'	3,01	3,52	3,24	3,26	0,739	0,052
'Арніка'	2,01	2,24	2,15	2,13	0,360	0,012
'Вільшанка'	3,07	3,54	3,58	3,40	0,902	0,078
'Хвиля'	2,41	2,71	2,65	2,59	0,512	0,025
'Вишиванка'	2,99	3,45	3,69	3,38	1,033	0,102
'Сузір'я'	2,97	3,45	3,87	3,43	1,204	0,138
'Київська 98'	2,81	3,02	2,73	2,85	0,174	0,003
'Муза' – St	3,24	4,42	3,51	3,72	1,514	0,219
Середнє значення	2,75	3,32	3,24	3,10	–	–
НІР <sub>0,05</sub>	0,1497	0,131	0,1812	–	–	–
Індекси умов	0,354	0,212	0,142	–	–	–

Досліджувані сорти значно відрізнялись за вмістом білка в насінні. Найвищий показник цієї ознаки відмічено у сорту 'Опус' – 45,0% у 2017 році. Цей сорт у середньому за три роки показав 43,63% білка в насінні і поступався тільки сорту 'Устя' (44,3%).

Найвище значення коефіцієнта регресії у сорту 'Лісабон' ( $b = 4,289$ ) показало його високу чутливість до умов вирощування при досить низькому середньому значенні вмісту білка 38,60%, як і сорт 'Сілесія' ( $b = 4,289$ ) при середньому значенні білковості – 42,73%. Сорт-стандарт 'Муза' при низькій білковості 38,60% був досить стабільним за проявом цієї ознаки  $S^2 = 0,222$  (таблиця 4).

У таблиці 4 представлено показники стабільності і пластичності за вмістом білка в насінні сортів сої. Стабільними і помірно-

пластичними за цією ознакою були всі сорти селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН» при різному прояві вмісту білка в насінні: 'Сіверка' – 37,83%, 'Арніка' – 40,60%, 'Устя' – 44,30%, 'Вільшанка' – 42,77%, 'Вишиванка' – 40,73%, 'Сузір'я' – 41,17%. Серед зарубіжних сортів стабільними за проявом різного ступеня ознаки вмісту білка в насінні виявились сорти з низьким вмістом: 'Сігалія' – 36,87%, 'Валас' – 36,73%, 'Кофу' – 38,17%; з високим: 'Касіді' – 43,23%; із середнім: 'Кардіф' – 39,60%. Найурожайніші сорти зарубіжної селекції 'Ментор' та 'Асука' виявились високочутливими до умов вирощування за проявом ознаки вмісту білка в насінні, на відміну від сортів 'Кардіф' і 'Валас', що були близькими за врожайністю та стабільними за вмістом білка.

Таблиця 4

**Вміст білка та показники стабільності і пластичності сортів сої  
за вмістом білка в насінні, %**

Сорти	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє	Коефіцієнт регресії, b	Середньоквадратичне відхилення, S <sup>2</sup>
‘Каната’	36,70	41,30	41,20	39,73	3,549	2,337
‘Сігалія’	36,60	37,40	36,60	36,87	0,425	0,033
‘Касіді’	42,10	44,40	43,20	43,23	0,243	0,011
‘Опус’	45,00	43,50	42,40	43,63	2,665	1,318
‘Кофу’	38,30	38,70	37,50	38,17	1,278	0,303
‘Султана’	41,90	40,90	39,90	40,90	2,132	0,843
‘Валас’	35,70	38,00	36,50	36,73	0,156	0,005
‘Сілесія’	44,50	42,70	41,00	42,73	3,705	2,545
‘Асука’	43,10	43,30	41,60	42,67	2,103	0,821
‘Лісабон’	40,00	39,30	36,50	38,60	4,289	3,411
‘Кардіф’	40,10	39,00	39,70	39,60	0,051	0,000
‘Алігатор’	41,00	38,50	37,30	38,93	3,599	2,403
‘Ментор’	43,90	42,00	40,50	42,13	3,518	2,296
‘Сіверка’	37,40	38,10	38,00	37,83	0,427	0,034
‘Устя’	44,80	43,90	44,20	44,30	0,321	0,019
‘Арніка’	40,70	40,10	41,00	40,60	0,718	0,096
‘Вільшанка’	43,00	42,80	42,50	42,77	0,560	0,058
‘Хвиля’	40,00	39,50	38,90	39,47	1,199	0,267
‘Вишиванка’	40,40	41,00	40,80	40,73	0,214	0,008
‘Сузір’я’	41,00	40,90	41,60	41,17	0,852	0,135
‘Київська 98’	42,60	42,00	41,60	42,07	1,013	0,190
‘Муза’ – St	39,20	38,50	38,10	38,60	1,093	0,222
Середнє значення	40,82	40,72	40,03	40,52	–	–
НІР <sub>0,05</sub>	0,0412	0,0231	0,0129	–	–	–
Індекси умов	0,297	0,197	0,494	–	–	–

Аналіз досліджуваних сортів за вмістом білка в насінні та за показниками його прояву показав, що високочутливими до умов вирощування за вмістом білка в насінні були сорти з різним ступенем прояву ознаки, як високобілкові так і низькобілкові. Сорти, що мали найвищі показники вмісту білка (‘Опус’), показали високу мінливість за роками. З-поміж досліджених зразків у селекційних програмах, спрямованих на підвищення вмісту білка в насінні, слід використовувати сорти: ‘Опус’ – носій максимального значення ознаки, ‘Устя’, ‘Асука’, ‘Сілесія’ та ‘Касіді’ – високоврожайні з високим вмістом білка.

У досліджуваних сортів за вмістом олії в насінні в цілому по досліді середні показники за роками змінювались незначно – від 20,76 до 21,15% (табл. 5).

Найвищу олійність (вміст олії в насінні) в середньому за три роки спостерігали у низькобілкових сортів: ‘Валас’ – 22,77%, ‘Сігалія’ – 22,7%, ‘Алігатор’, ‘Сіверка’ – 22,53%, ‘Кофу’ – 22,13%, сорт-стандарт ‘Муза’ – 21,77%. Відповідно, найнижчий вміст олії в насінні мали сорти з високим вмістом білка: ‘Опус’ – 19,83%, ‘Устя’ – 19,57%, ‘Вільшанка’ – 19,77%. Найнижчий показник було зафіксовано у сорту ‘Київ-

ська 98’ – середній за три роки досліджень 19,07% і 18,40% – у 2017 році. Разом з тим цей сорт відносять до сортів із середнім показником вмісту білка – 42,07%.

Показники «вміст білка в насінні» і «вміст олії в насінні» тісно пов’язані зворотнім кореляційним зв’язком, прояв стабільності і пластичності за вмістом олії в насінні був дещо іншим. Так, за вмістом білка показник стабільності середньоквадратичне відхилення більше одиниці мали 6 сортів (‘Каната’, ‘Опус’, ‘Сілесія’, ‘Лісабон’, ‘Алігатор’ і ‘Ментор’), тоді як за вмістом олії в насінні всі сорти крім ‘Касіді’ мали середньоквадратичне відхилення близьке до нуля. Отже, ознака «вміст олії в насінні» стабільніша і менше змінюється під впливом умов вирощування.

2017 рік, який був найнесприятливішим для формування урожайності насіння, для прояву ознак «вміст білка в насінні» та «вміст олії в насінні», навпаки, був сприятливим, про що свідчать середні показники по досліді та індекси умов. За проявом ознаки «урожайність насіння» у 2017 р. – 0,354; 2018 – 0,212; 2019 – 0,142. Для ознаки «вміст білка в насінні» у 2017 р. – 0,297; 2018 – 0,197; 2019 – 0,494. Для ознаки «вміст олії в насінні» у 2017 – 0,232; 2018 – 0,155; 2019 –

**Вміст олії в насінні, показники стабільності і пластичності сортів сої за вмістом олії в насінні, %**

Сорти	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє	Коефіцієнт регресії, b	Середньоквадратичне відхилення, S <sup>2</sup>
'Каната'	21,40	20,40	20,50	20,77	2,681	0,300
'Сігалія'	22,90	22,20	23,00	22,70	1,202	0,060
'Касіді'	21,30	19,10	19,20	19,87	6,008	1,509
'Опус'	20,00	19,70	19,80	19,83	0,739	0,023
'Кофу'	22,80	21,70	21,90	22,13	2,866	0,343
'Султана'	22,10	21,60	21,70	21,80	1,294	0,070
'Валас'	23,60	22,10	22,60	22,77	3,697	0,571
'Сілесія'	20,40	20,20	21,00	20,53	0,185	0,001
'Асука'	20,20	19,90	19,50	19,87	1,202	0,060
'Лісабон'	20,30	19,10	19,70	19,70	2,773	0,321
'Кардіф'	21,00	21,20	20,80	21,00	0,185	0,001
'Алігатор'	22,20	22,00	23,40	22,53	0,739	0,023
'Ментор'	22,10	21,30	21,70	21,70	1,849	0,143
'Сіверка'	23,10	22,60	21,90	22,53	2,034	0,173
'Устя'	19,80	20,00	18,90	19,57	0,462	0,009
'Арніка'	20,40	20,90	20,10	20,47	0,647	0,017
'Вільшанка'	20,20	19,80	19,30	19,77	1,571	0,103
'Хвиля'	20,90	21,00	21,20	21,03	0,462	0,009
'Вишиванка'	19,80	20,10	20,80	20,23	1,479	0,091
'Сузір'я'	21,10	20,80	19,80	20,57	1,756	0,129
'Київська 98'	18,40	19,20	19,60	19,07	2,588	0,280
'Муза' – St	21,30	21,90	22,10	21,77	1,849	0,143
Середнє значення	21,15	20,76	20,84	20,92	–	–
HIP <sub>0,05</sub>	0,0312	0,0292	0,0129	–	–	–
Індекси умов	0,232	0,155	0,077	–	–	–

0,077. Це деякою мірою пояснює відмінність прояву показників пластичності і стабільності за ознаками «вміст олії в насінні» і «вміст білка в насінні».

### Висновки

В умовах зміни клімату сорти, адаптовані до певних умов вирощування, з часом можуть не виправдати сподівання виробників, якщо будуть чутливими до підвищення температур та зміни режиму опадів. Отже доцільно використовувати сорти зі стабільно високим показником урожайності – 'Сіверка', 'Вільшанка', 'Устя', 'Вишиванка', а також сорт 'Лісабон'.

Під час створення нових сортів сої з підвищеним вмістом білка в насінні доцільно використовувати сорти: 'Опус' як носій максимального значення ознаки, а також 'Устя', 'Асука', 'Сілесія' та 'Касіді', які поєднують високу врожайність і високий вміст білка.

Погодні умови року по різному впливали на прояв досліджуваних ознак: у сприятливий для отримання високих врожайів рік вміст білка в насінні знижувався, вищий вміст білка спостерігали у посушливішому році, а вміст олії в насінні змінювався незначною мірою.

### Використана література

1. Бабич А. О., Бабич Побережная А. А. Стратегічна роль сої у розв'язанні глобальної продовольчої проблеми. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 11–19.
2. Бабич А. О. Соя для здоров'я і життя на планеті Земля. Київ : Аграрна наука, 1998. 222 с.
3. Макаринська А. В. Стан виробництва та забезпечення населення України продуктами тваринництва. *Зернові продукти і комбікорми*. 2010. № 2. С. 37–39.
4. Макаринська А. В., Чернега І. С., Оганесян А. А. Переваги використання білкових рослинних концентратів при виробництві комбікормової продукції. *Зернові продукти і комбікорми*. 2018. Т. 18, № 3. С. 34–39. doi: 10.15673/grmf.v18i3.1077
5. Хорсун І. А., Лаврова Г. Д., Січкач В. І. Цілеспрямований добір батьківських пар для створення нового вихідного матеріалу сої. *Збірник наукових праць СГІ – НЦНС*. 2010. Вип. 15. С. 39–51.
6. Рябуха С. С., Чернишенко П. В., Магомедов Р. Д., Шелякін В. О. Селекція, насінництво та технології вирощування сої в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. *Збірник наукових праць СГІ – НЦНС*. 2015. Вип. 26. С. 41–50.
7. Петриченко В. Ф. Наукові основи виробництва та використання сої у тваринництві. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 3–11.
8. Медведева Л. Р., Холковська О. О. Результати і перспективи селекції сої у Кіровоградському Інституті АПВ. *Збірник наукових праць СГІ – НЦНС*. 2010. Вип. 15. С. 94–100.
9. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2020 рік. URL: [https://sops.gov.ua/reestr\\_sortiv\\_roslin](https://sops.gov.ua/reestr_sortiv_roslin)
10. Кобизева Л. Н. Скринінг колекції сої НЦГРРУ за вмістом в насінні білка та жиру. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 108. С. 53–60. doi: 10.30835/2413\_7510.2015.57348

11. Білявська Л. Г. Сучасні напрями та завдання селекції сої. *Вісник ПДАА*. 2009. № 2. С. 38–40.
  12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
  13. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачик. 3-тє вид., випр. і доп. Вінниця : ФОРМ Корзун Д. Ю., 2017. 159 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e67fb8d4b9.pdf>
  14. Широкий уніфікований класифікатор роду *Glycine max* (L.) Merr. / упоряд. : Л. Н. Кобизьєва, В. К. Рябчун, О. М. Безугла та ін. Харків, 2004. 37 с.
  15. Класифікатор показників якості ботанічних таксонів, сорти яких проходять експертизу на придатність до поширення. Вінниця : ТОВ «Твори», 2019. 16 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/vidanna/2019/1.pdf>
  16. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. Vol. 6, Iss. 1. P. 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
  17. Покудин В. З. Оценка экологической пластичности сортов. *Генетический анализ количественных признаков с помощью математико статистических методов*. Москва, 1973. С. 40–44.
  18. Присяжнюк Л. М., Шовгун О. О., Король Л. В., Коровко І. І. Оцінка показників стабільності й пластичності нових гібридів кукурудзи (*Zea mays* L.) в умовах Полісся та Степу України. *Plant Var. Stud. Prot.* 2016. № 2. С. 16–21. doi: 10.21498/2518 1017.2(31).2016.70050
  19. da Silva Rodrigues J. I., Antunes Arruda K. M., Deniz Piovesan N., Goncalves de Barros E. Plant pre breeding for increased protein content in soybean *Glycine max* (L.) Merrill. *Acta Agron.* 2017. Vol. 66, Iss. 4. P. 618–624. doi: 10.15446/acag.v66n4.57137
  20. Soybeans Breeding / F. Lopes da Silva, A. Borem, T. Sediya ma, W. H. Ludke (Eds.). Cham : Springer, 2017. 440 p. doi: 10.1007/978 3 319 57433 2
- ## Reference
1. Babych, A. O., & Babych Poberezhna, A. A. (2011). Strategic role of soybean in solving global food problem. *Kormi i kormo virobnictvo* [Feeds and Feed Production], 69, 11–19. [in Ukrainian]
  2. Babych, A. O. (1998). *Soia dlia zdorovia i zhyttia na planeti Zem lia* [Soy for health and life on planet Earth]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian]
  3. Makarynska, A. V. (2010). Condition of manufacture and maintenance of the population of Ukraine with livestock products. *Zern. prod. kombikormi* [Grain Products and Mixed Fodder's], 2, 37–39. [in Ukrainian]
  4. Makarynska, A. V., Chernega, I. S., & Oganesyanyan, A. A. (2018). Advantages of vegetable protein concentrates in production animal feed. *Zern. prod. kombikormi* [Grain Products and Mixed Fodder's], 18(3), 34–39. doi: 10.15673/gpmf.v18i3.1077 [in Ukrainian]
  5. Khorsun, I. A., Lavrova, H. D., & Sichkar, V. I. (2010). Purposeful selection of parents for developing a new soybean initial breeding material. *Zbirnik naukovih prac SGI – NCNS* [Collected Scientific Articles of PBGI – NCSCI], 15, 39–51. [in Ukrainian]
  6. Riabukha, S. S., Chernyshenko, P. V., Mahomedov, R. D., & Sheliakin, V. O. (2015). Breeding, seed production and cultivation technology of soybean in Plant production institute nd. a. V. Ya. Yuriev of NAAS. *Zbirnik naukovih prac SGI – NCNS* [Collected Scientific Articles of PBGI – NCSCI], 26, 41–50. [in Ukrainian]
  7. Petrychenko, V. F. (2012). Scientific foundations of soybean production and use in livestock breeding. *Kormi i kormo virobnictvo* [Feeds and Feed Production], 71, 3–11. [in Ukrainian]
  8. Medvedeva, L. R., & Kholkovska, O. O. (2010). The results and perspectives of soybean breeding at Kirovograd institute of agro industrial production. *Zbirnik naukovih prac SGI – NCNS* [Collected Scientific Articles of PBGI – NCSCI], 15, 94–100. [in Ukrainian]
  9. *Derzhavnyi reestr sortiv roslin, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2020 rik* [State register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2020]. (2020). Retrieved from <https://sops.gov.ua/reestr sortiv roslin>
  10. Kobyzieva, L. N. (2015). Screening of the soybean collection of the National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine for protein and fat contents in seeds. *Selekciâ i nasin niectvo* [Plant Breeding and Seed Production], 108, 53–60. doi: 10.30835/2413 7510.2015.57348 [in Ukrainian]
  11. Biliavska, L. H. (2009). Modern directions and tasks of soybean breeding. *Visn. Poltav. derž. agrar. akad.* [News of Poltava State Agrarian Academy], 2, 38–40. [in Ukrainian]
  12. Dospikhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. (5<sup>th</sup> ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
  13. Tkachyk, S. O. (2017). *[Regulations on the procedure and the conduct of qualification tests for suitability of crop varieties for dissemination in Ukraine. Methods of determining quality indices of crop products]*. (3<sup>rd</sup> ed., rev.). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. Retrieved from <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e67fb8d4b9.pdf> [in Ukrainian]
  14. Kobyzieva, L. N., Riabchun, V. K., Bezuhla, O. M., Drepyna, T. A., Drepyn, Y. M., Potemkina, L. M., ... Beliavskaia, L. H. (2004). *Shyrokyi unifikovanyi klasyfikator rodu Glycine max (L.) Merr.* [Complete unified classifier of genus *Glycine max* (L.) Merr.]. Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]
  15. *Klasyfikator pokaznykiv yakosti botanichnykh taksoniv, sorty yakykh prokhodiat ekspertyzu na prydatnist do poshyrennia* [Quality index of botanical taxon quality assorted for suitability for distribution]. (2019). Vinnytsia: TOV "Tvory". Retrieved from <https://sops.gov.ua/uploads/page/vidanna/2019/1.pdf> [in Ukrainian]
  16. Eberhart, S. A., & Russel, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6(1), 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
  17. Pakudin, V. Z. (1973). Assessment of ecological plasticity of varieties. In *Geneticheskij analiz kolichestvennykh i kachestvennykh priznakov s pomoshch'yu matematiko statisticheskikh metodov* [Genetic analysis of quantitative and qualitative traits using mathematical and statistical methods]. (pp. 40–44). Moscow: VNIITEIKS [in Russian]
  18. Prisyazhniuk, L. M., Shovhun, O. O., Korol, L. V., & Korovko, I. I. (2016). Assessment of stability and plasticity of new hybrids of maize (*Zea mays* L.) under the conditions of Polissia and Steppe zones of Ukraine. *Plant Var. Stud. Prot.*, 2, 16–21. doi: 10.21498/2518 1017.2(31).2016.70050 [in Ukrainian]
  19. da Silva Rodrigues, J. I., Antunes Arruda, K. M., Deniz Piovesan, N., & Goncalves de Barros, E. (2017). Plant pre breeding for increased protein content in soybean *Glycine max* (L.) Merrill. *Acta Agron.*, 66(4), 618–624. doi: 10.15446/acag.v66n4.57137
  20. Lopes da Silva, F., Borem, A., Sediya ma, T., & Ludke, W. H. (Eds.). (2017). *Soybeans Breeding*. Cham: Springer. doi: 10.1007/978 3 319 57433 2



УДК 633.34:631.526.32:631.559

**Щербина Е. З.<sup>1</sup>, Ткачик С. А.<sup>2</sup>, Тимошенко А. А.<sup>1</sup>, Шостак Н. А.<sup>1</sup>.** Оценка сортов сои культурной [*Glycine max* (L.) Merrill.] по стабильности проявления хозяйственно ценных признаков // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 1. С. 90–96. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.16.1.2020.201331](https://doi.org/10.21498/2518_1017.16.1.2020.201331)

<sup>1</sup>ННЦ «Институт земледелия НААН», ул. Машиностроителей, 2б, пгт Чабаны, Киево Святошинский р н, Киевская обл., 08162, Украина, e mail: [selectio@ukr.net](mailto:selectio@ukr.net)

<sup>2</sup>Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина, e mail: [s\\_s tk@ukr.net](mailto:s_s tk@ukr.net)

**Цель.** Изучить сорта сои различного происхождения по содержанию белка и других хозяйственно ценных признаков, определить показатели стабильности и пластичности этих признаков, а также выделить сорта, перспективные для использования в селекционных программах. **Методы.** Полевые, лабораторные, биохимические и статистические. **Результаты.** Исследовано 22 сорта сои различного происхождения по урожайности, содержанию белка и масла в семенах. Выделено высокоурожайные высокопластичные сорта: 'Муза', 'Ментор', 'Асука', 'Валас', 'Кофу', 'Кардиф', 'Аллигатор', 'Вышиванка', 'Сузирия' и стабильные по урожайности сорта отечественной селекции 'Сиверка', 'Вильшанка', 'Устя', а также сорт 'Лиссабон'. Высокое содержание белка отмечено у сорта 'Опус' – 45,0% в 2017 году. Этот сорт в среднем за три года показал 43,63% белка в семенах и уступал только сорту 'Устя' (44,3%). Однако высокое значение коэффициента регрессии  $b = 4,289$  у сорта 'Лиссабон' показало его высокую чувствительность к условиям выращивания при достаточно низком среднем значении содержания белка

в семенах (38,60%), как и сорт 'Силесия' ( $b = 4,289$ ) при среднем значении белковости – 42,73%. Сорт стандарт 'Муза' при низкой белковости 38,60% был достаточно стабильным по проявлению этого признака –  $S^2 = 0,222$ . Выделен ряд высокомасличных сортов: 'Валас' – 22,77%, 'Сигалия' – 22,7%, 'Аллигатор', 'Сиверка' – 22,53%, 'Кофу' – 22,13%, сорт стандарт 'Муза' – 21,77%. **Выводы.** В селекционных программах, направленных на повышение содержания белка в семенах, следует использовать сорта: 'Опус' – как носитель максимального значения признака, а также 'Устя', 'Асука', 'Силесия' и 'Касиди' – как объединяющие высокую урожайность и высокое содержание белка. Погодные условия года по разному влияли на проявление изучаемых признаков: в благоприятном для получения высоких урожаев году содержание белка в семенах снижалось, высокое содержание белка было в более засушливом году, а содержание масла в семенах менялось в незначительной степени.

**Ключевые слова:** соя; селекция; белок; масло; урожай семян; стабильность; пластичность.

UDC 633.34:631.526.32:631.559

**Shcherbyna, O. Z.<sup>1</sup>, Tkachyk, S. O.<sup>2</sup>, Tymoshenko, O. O.<sup>1</sup>, & Shostak, N. O.<sup>1</sup>.** (2020). Assessment of various soybean varieties [*Glycine max* (L.) Merrill.] on the stability of manifestation of economically valuable traits. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(1), 90–96. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.16.1.2020.201331](https://doi.org/10.21498/2518_1017.16.1.2020.201331)

<sup>1</sup>NSC "Institute of Agriculture of NAAS", 2b Mashynobudivnykiv St., Chabany, Kyiv region, 08162, Ukraine, e mail: [selectio@ukr.net](mailto:selectio@ukr.net)

<sup>2</sup>Ukraine Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymytseva St., Kyiv, Ukraine, 03041, e mail: [s\\_s tk@ukr.net](mailto:s_s tk@ukr.net)

**Purpose.** To study the protein content and other economically valuable traits in soybean varieties of various origin, to determine the stability and plasticity indicators of these traits, as well as to identify varieties that are promising for use in breeding programs. **Methods.** Field, laboratory, biochemical and statistical. **Results.** In total 22 soybean varieties of various origin in terms of yield, protein and oil content in seeds were investigated. High yield and high plasticity varieties are distinguished: 'Muza', 'Mentor', 'Asuka', 'Valas', 'Kofu', 'Asuka', 'Cardif', 'Alligator', 'Vyshyvanka', 'Suziria' and varieties of domestic breeding with stable yield 'Siverka', 'Vilshanka', 'Ustia', and also the 'Lisbon' variety. High protein content was noted in the variety 'Opus' – 45.0% in 2017. This variety on average for three years showed 43.63% of the protein in the seeds, and was second after the 'Ustia' variety (44.3%). The highest value of the regression coefficient  $b = 4.289$  was observed in the 'Lisbon' variety, which shows its high sensitivity to growing conditions with a fairly low average seed protein content of 38.60%, as

well as the variety 'Silesia'  $b = 4.289$  with an average protein value of 42.73%. Standard variety 'Muza' with a low protein content of 38.60% was quite stable in the expression of this characteristic –  $S_2 = 0.222$ . A number of high oil varieties were distinguished: 'Valas' – 22.77%, 'Sigalia' – 22.7%, 'Alligator', 'Siverka' – 22.53%, 'Kofu' – 22.13%, standard variety 'Muza' – 21.77%. **Conclusions.** In breeding programs aimed at increasing the protein content in seeds, the following varieties should be used: 'Opus' – as a carrier of the maximum value of the trait, as well as 'Ustia', 'Asuka', 'Silesia' and 'Kasidi' as combining high yield and high protein content. The weather conditions of the year in different ways influenced on the manifestation of the studied traits: in a favorable year for obtaining high yields, the protein content in the seeds decreased, the high protein content accumulated in a drier year, and the oil content in seeds changed insignificantly.

**Keywords:** soybean; breeding; protein; oil; seed yield; stability; plasticity.

Надійшла / Received 05.02.2020  
Погоджено до друку / Accepted 18.03.2020

## Особливості введення в культуру *in vitro* вишні сорту 'Ксенія' та черешні сорту 'Василиса прекрасна'

Т. А. Натальчук<sup>1\*</sup>, Т. В. Медведєва<sup>1</sup>, Я. С. Запольський<sup>1</sup>, О. Б. Барбан<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут садівництва НААН України, вул. Садова, 23, м. Київ, 03027, Україна, \*e mail: [Tania87@meta.ua](mailto:Tania87@meta.ua)

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

**Мета.** Визначити оптимальні строки відбору експлантів, підібрати стерилізуючі агенти та режими стерилізації, а також поживне середовище для введення в культуру *in vitro* нових перспективних сортів вишні (*Prunus cerasus* L.) та черешні (*Prunus avium* L.). **Методи.** У процесі роботи застосовано методику клонального мікророзмноження рослин і статистичні обробки експериментальних даних. **Результати.** Встановлено оптимальний строк відбору експлантів, тривалість експозиції при стерилізації, оптимальний склад поживного середовища на першому етапі мікроклонального розмноження. Для визначення оптимального режиму стерилізації та стерилізуючого препарату використовували 0,1% розчин хлориду ртуті та 3% розчин препарату «Лізоформін 3000» з експозицією стерилізації 5, 6 та 7 хвилин. Найбільший вихід стерильних експлантів як для вишні сорту 'Ксенія', так і для черешні сорту 'Василиса прекрасна' отримали при експозиції стерилізації 7 хв для обох стерилізуючих агентів. При використанні 0,1% розчину хлориду ртуті цей показник був вищий, ніж при стерилізації 3% розчином препарату «Лізоформін 3000» – 71 і 99% відповідно. **Висновки.** На ефективність стерилізації та введення в культуру *in vitro* експлантів вишні 'Ксенія' і черешні 'Василиса прекрасна' впливали тривалість стерилізації, час відбору експлантів, фітосанітарний стан маточної рослини, склад поживного середовища. 0,1% розчин хлориду ртуті при експозиції 7 хв був найефективнішим при отриманні асептичної культури з експлантів, вилучених з донорних рослин у стані спокою при пророщуванні бруньок у контрольованих умовах. Використання препарату «Лізоформін 3000» в концентрації 3% впродовж 6–7 хв при стерилізації експлантів досліджуваних культур сприяло їхній кращій приживлюваності на середовищі. Оптимальним за складом поживним середовищем для культивування експлантів вишні 'Ксенія' було середовище з додаванням соку алое, а для черешні 'Василиса прекрасна' – MS + флороглюцинол. Найвищу ефективність стерилізації (99% у сорту 'Василиса прекрасна' та 71% у сорту 'Ксенія') отримали за використання 0,1% HgCl<sub>2</sub> в експозиції 7 хв. При використанні препарату «Лізоформін 3000» за такої ж експозиції стерилізації цей показник становив 83 та 52% відповідно до культури. Виходячи з цього можна рекомендувати використовувати препарат «Лізоформін 3000» у 3% концентрації з експозицією 7 хв для стерилізації кісточкових культур.

**Ключові слова:** *Prunus avium* L.; *Prunus cerasus* L.; культура *in vitro*; відбір експлантів; стерилізація; поживне середовище; регулятори росту.

### Вступ

Метод мікроклонального розмноження рослин *in vitro* давно й обґрунтовано зарекомендував себе як найефективніший спосіб вегетативного розмноження рослин. Не дивля-

чись на досягнення в отриманні садивного матеріалу з використанням методу мікроклонального розмноження, у процесі роботи виникає низка проблем, які, перш за все, пов'язані з генетичними особливостями розмножуваних культур [1]. Головну роль тут можуть зіграти такі фактори як сортові і видові особливості, походження експлантів, вибір стерилізуючого агента та режиму стерилізації, склад поживного середовища. Два останніх фактори потребують особливої уваги, тому що процес уведення в культуру *in vitro* часто визначає ефективність мікроклонального розмноження і безпосередньо впливає на собівартість вирощеного матеріалу та

Tetiana Natalchuk

[https://orcid.org/0000\\_0003\\_0570\\_3488](https://orcid.org/0000_0003_0570_3488)

Tamara Medvedieva

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_1916\\_7834](https://orcid.org/0000_0002_1916_7834)

Yaroslav Zapolskyi

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_5421\\_8262](https://orcid.org/0000_0002_5421_8262)

Olha Barban

[https://orcid.org/0000\\_0001\\_8819\\_3115](https://orcid.org/0000_0001_8819_3115)

на рентабельність всього процесу розмноження [2].

Одним з лімітуючих факторів при розробленні технології мікроклонального розмноження вишні і черешні є виділення фенолів у поживне середовище із сегментів стебла та бруньок і контамінація ендofітними бактеріями, що призводить до пригнічення процесів морфогенезу, через що дуже важко отримати асептичну культуру. З метою позбавлення рослинного матеріалу від ендofітної мікрофлори використовують, як правило, хімічні розчини – хлорид ртуті (сулема), гіпохлорити кальцію та натрію, перекис водню, 0,3–1,0%-й розчин азотнокислого срібла, хлорбензиділ глюконат та ін. [3].

Оскільки більшість цих препаратів токсичні, правильний вибір стерилізуючого засобу полягає в тому, щоб він згубно подіяв на мікроорганізми і не пошкодив при цьому рослинні тканини. Одним з таких препаратів, який досить широко використовується для стерилізації декоративних і плодово-ягідних культур, є «Лізоформін 3000» [4].

Також велике значення при мікроклональному розмноженні кісточкових культур має поживне середовище. Для мікророзмноження вишні та черешні використовують широкий спектр середовищ, але найживанішим є середовище Мурасіге–Скуга (МС) [5–7].

Крім названих вище чинників, досить суттєвим є період відбору матеріалу. Більшість дослідників найкращим часом вважають період спокою або період активної вегетації [8]. За даними Муратової С. А. [1] деревні плодови культури найкраще вводити в стерильну культуру в період з лютого по квітень, коли рослини виходять зі стану спокою. У свою чергу Висоцький [9] дослідив, що експланти, ізольовані у фазу виходу зі стану спокою, найменше схильні до негативних явищ, пов'язаних з процесами окислення та поліконденсації фенольних сполук.

*Мета досліджень* – визначити оптимальні строки відбору експлантів, підібрати стерилізуючі агенти та режими стерилізації, а також поживне середовище для введення в культуру *in vitro* нових перспективних сортів вишні та черешні.

### Матеріали та методика досліджень

Досліди проводили у відділі вірусології, оздоровлення та розмноження плодових і ягідних культур Інституту садівництва НААН України протягом 2017–2019 рр. Об'єктами досліджень були сорти вишні 'Ксенія' і черешні 'Василиса прекрасна'. Сорт вишні 'Ксенія', що виведено на Артемівській

дослідній станції садівництва, відносять до середньорослих, крупноплідних, десертних сортів. Автори – Л. І. Тараненко, О. А. Кіщак, В. В. Ярушніков. У Реєстр сорт занесено у 2012 році. Сорт 'Василиса прекрасна' виведено Л. І. Тараненко схрещуванням сортів 'Донецький угольок' і 'Донецька красуня'. У Реєстр сорт занесено у 2015 році.

Ці перспективні сорти не набули значного поширення у виробництві через сильне ураження вірусними хворобами, позбавитись від яких дозволяє метод мікроклонального розмноження рослин. Вихідний матеріал для ініціювання асептичної культури відбирали в колекційних насадженнях Інституту садівництва НААН України.

Пагони, що були в стані спокою, нарізали в січні–березні і перед вилученням експлантів витримували в контрольованих умовах. Здерев'янілі пагони відбирали в серпні. Для ініціювання культури *in vitro* використовували верхівкові та пазушні бруньки розміром 2–3 см.

Стерилізацію експлантів проводили за допомогою гіпохлориту натрію, спирту, розчину сулеми і препарату «Лізоформін 3000». Перший варіант стерилізації включав такі етапи: 1) обробка експлантів у розчині гіпохлориту натрію – 20 хв із наступним промиванням у воді; 2) стерилізація 70° спиртом (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) – 4 с із наступним промиванням у воді; 3) стерилізація в 0,1% розчині сулеми (HgCl<sub>2</sub>) – 5, 6 та 7 хв із триразовим промиванням стерильною дистильованою водою. У другому варіанті розчин сулеми замінили 3% розчином «Лізоформіну 3000» і стерилізацію проводили з такою ж експозицією – 5, 6 та 7 хв з наступним промиванням дистильованою водою.

З метою визначення оптимального складу середовища при введенні в культуру *in vitro* досліджуваних культур до базового середовища MS додавали: 1) НОК 0,01 мг/л; 2) флороглюцинол 162 мг/л; 3) сік алое 10 мл/л; 4) фітагель 2,5 г/л. Як контроль використовували стандартне середовище Мурасіге–Скуга з умістом бензиламінопурину 0,5 мг/л. Окремо випробовували вплив складу середовищ SH [10] та NRM [11] на ініціювання асептичної культури. Мікропагони культивували протягом 16-годинного світлового дня з освітленням 2000–2500 лк за температурою 23–25 °С і вологості повітря 50–60%.

Ефективність стерилізаційних процедур експлантів залежно від середовища підраховували на 21 добу культивування, коли почались морфогенетичні процеси. Інфіковані експланти було відбраковано.

## Результати досліджень

Для обмеження бактеріальної та грибною мікрофлори в культурі тканин рослин є три основні підходи: запобігання інтродукції мікроорганізмів з початковим рослинним матеріалом, запобігання їхньої інтродукції з оточуючого середовища протягом субкультування та уникнення мікробної контамінації в культурі на стадіях розмноження й укорінення. Найефективнішим способом запобігання бактеріальній контамінації є елімінація бактерій з вихідних рослинних експлантів, що мають бути інтродуковані в культуру *in vitro*. Методи, що сприяють цьому, включають використання донорних експлантів з рослин, що утримуються в жорстких санітарних умовах, ефективну стерилізацію та мінімізацію розміру вихідних експлантів аж до апікальних меристем. Процедури стерилізації різноманітні і залежать від виду рослини, її віку, оточуючого середовища, в якому росла донорна рослина та частини рослини, взятої для стерилізації. Стандартні стерилізаційні процедури, що підходили б для всіх рослин, підібрати дуже складно. Тому дослідження націлені на стандартизацію способу стерилізації експлантів вишні 'Ксенія' та черешні 'Василиса прекрасна', для чого використовували два типи стерилізуючих розчинів, різні їхні концентрації та тривалість процедури стерилізації.

Для визначення оптимального режиму стерилізації та стерилізуючого препарату використовували 0,1% розчин хлориду ртуті та 3% розчин препарату «Лізоформін 3000» з експозицією стерилізації 5, 6 та 7 хвилин.

До складу останнього входить гліоксаль, глутаровий альдегід, дідецилдіметиламоній хлорид і різні допоміжні інгредієнти. Препарат має бактерицидну, віроцидну і фунгіцидну дію. Високий вихід життєздатних експлантів (70–90%) за використання 1–3% розчину Лізоформіну протягом 5–7 хв отримано для ряду рідкісних і зникаючих видів рослин під час стерилізації насіння, ізольованих зародків та сегментів бульб [4]. При стерилізації ним жимолості їстівної вихід стерильних експлантів склав від 90 до 100% [12]. Найбільший вихід стерильних експлантів як для сорту 'Ксенія', так і для сорту 'Василиса прекрасна' отримали при експозиції стерилізації 7 хв для обох стерилізуючих агентів (табл. 1). Але при використанні 0,1% розчину хлориду ртуті цей показник був вищий, ніж при стерилізації 3% розчином препарату «Лізоформін 3000» – 71 і 99%, відповідно, що перевищує показники, отримані в дослідженнях I. Mihaljević із співавторами [13] для цього стерилізуючого препарату при стерилізації експлантів вишні сорту 'Oblačinska'.

При зменшенні тривалості експозиції до 6 хв кількість отриманих стерильних експлантів суттєво знизилась у вишні і черешні, але була вищою при використанні препарату Лізоформін порівняно з хлоридом ртуті. Цей стерилізуючий агент при експозиції 6 і 7 хв був також ефективніший при отриманні асептичної культури з експлантів обох досліджуваних сортів у період активної вегетації (табл. 1) і сприяв їхній кращій приживлюваності на середовищі за рахунок менш токсичного впливу (рис. 1).

Таблиця 1

### Вплив періоду відбору та умов стерилізації на вихід стерильних експлантів

Варіант стерилізації	Вихід стерильних експлантів, % $x \pm S$			
	Сорт 'Ксенія'		Сорт 'Василиса прекрасна'	
	Період виходу зі спокою	Період активної вегетації	Період виходу зі спокою	Період активної вегетації
HgCl <sub>2</sub> – 5 хв	18 ± 1,44	10 ± 1,02	21 ± 1,18	0
HgCl <sub>2</sub> – 6 хв	29 ± 1,65	15 ± 1,25	33 ± 1,42	15 ± 1,29
HgCl <sub>2</sub> – 7 хв	71 ± 1,87	17 ± 1,33	99 ± 1,95	23 ± 1,40
Лізоформін 3000 – 5 хв	6 ± 0,95	0	0	0
Лізоформін 3000 – 6 хв	36 ± 1,69	31 ± 1,48	60 ± 1,79	18 ± 1,32
Лізоформін 3000 – 7 хв	52 ± 1,72	38 ± 1,70	83 ± 1,84	21 ± 1,56

Примітка.  $x$  – середнє значення,  $S$  – похибка вибіркової середньої.

За оцінювання впливу строків відбору матеріалу для введення на кількість і якість отриманих експлантів встановлено, що при відборі зразків у період спокою вихід стерильних експлантів був у середньому 33% в сорту 'Ксенія' та 47% в сорту 'Василиса пре-

красна' (табл. 1). При відборі в період активної вегетації цей показник знизився і становив 19% в сорту 'Ксенія' і 13% в сорту 'Василиса прекрасна'. Більший вихід стерильних експлантів при відборі зразків з материнських рослин у стані спокою забезпечу-



Рис. 1. Розвиток експлантів вишні сорту 'Ксенія'

ється в першу чергу ізоляцією відібраного матеріалу від зовнішніх факторів впливу.

Процес регенерації кісточкових культур з первинних експлантів часто супроводжується виділенням ними в живильне середовище продуктів окислення фенолів, які пригнічують регенераційні та ростові процеси. Щоб знизити окислювальну активність фенольних сполук часто використовують антиоксиданти. Для цього середовище MS було модифіковано додаванням соку алое, флороглюцинолу, а також замінено агар на фітагель (Phytigel™, Sigma). Фітагель, як і агар, – полісахаридний комплекс, але ізольований з бактерії *Pseudomonas elode*. Він містить глюкуронову кислоту, глюкозу, рамнозу і значну кількість калію, натрію, кальцію та магнію, формує

відносно прозорий гелі і не містить фенольних компонентів та інших органічних забруднювачів, які можуть бути в агарі [14].

Флороглюцин (1,3,5-тригідроксibenzen) є регулятором росту, що діє синергічно з ауксинами та цитокінінами. Дослідження дії в культурі рослинних клітин і тканин показало, що він посилював ріст і розвиток мікропагонів у деяких деревних порід, був ефективним при ініціюванні адвентивних коренів при укоріненні *in vitro* мікропагонів різних деревних видів, посилював виживання меристеми в умовах *in vitro*, сприяв розмноженню та елонгації мікропагонів [15].

Існують нечисленні дослідження медичного препарату екстракту алое, де його застосовують, як стимулятор росту кісточкових культур в технології *in vitro*. Завдяки його дії скорочується термін розмноження пагонів, підвищується коефіцієнт розмноження, а також підвищується ефективність виходу стандартних живців [16]. Є припущення, що даний препарат може мати терапевтичну дію при введенні експлантів у культуру *in vitro*.

Також випробовували середовище NRM [11], рекомендоване для введення і розмноження горіхоплідних культур, що містить у своєму складі комплекс Fe-EDDHA; MS – у якому ІМК замінили на НОК та середовище SH [10], часто вживане при культивуванні кісточкових культур (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив складу поживного середовища на ефективність введення в культуру *in vitro* експлантів вишні сорту 'Ксенія' та черешні сорту 'Василиса прекрасна'

Сорт	Ефективність введення експлантів у культуру <i>in vitro</i> , %						
	MS (контроль)	MS + НОК	MS + флороглюцинол	MS + сік алое	MS + фітагель	NRM	SH
'Ксенія'	30	26	26	42	21	30	21
'Василиса прекрасна'	25	22	51	23	18	24	20

Для ініціювання асептичної культури вишні сорту 'Ксенія' оптимальним виявилось середовище MS з додаванням соку алое, а для черешні сорту 'Василиса прекрасна' – середовище MS з флороглюцинолом, що дозволяло зняти явища поліконденсації фенолів та підвищити кількість і якість мікропагонів при мікроклонуванні.

### Висновки

На ефективність стерилізації та введення в культуру *in vitro* експлантів вишні 'Ксенія' і черешні 'Василиса прекрасна' впливали тривалість стерилізації, час відбору експлантів, фітосанітарний стан маточної рослини, склад поживного середовища. 0,1% розчин хлориду ртуті при експозиції 7 хв

найефективніший при отриманні асептичної культури з експлантів, вилучених з донорних рослин у стані спокою при пророщуванні бруньок в контрольованих умовах.

Використання препарату «Лізоформін 3000» у концентрації 3% впродовж 6–7 хв при стерилізації експлантів досліджуваних культур сприяло їхньому кращому введенню в культуру *in vitro*.

Оптимальним за складом поживним середовищем для культивування експлантів вишні 'Ксенія' було середовище з додаванням екстракту алое, а для черешні 'Василиса прекрасна' – MS + флороглюцинол.

Найвищу ефективність стерилізації (99% у сорту 'Василиса прекрасна' та 71% у сорту 'Ксенія') отримано за використання 0,1%

HgCl<sub>2</sub> в експозиції 7 хв. При використанні препарату «Лізоформін 3000» за такої ж експозиції стерилізації цей показник становив 83 та 52% відповідно до культури. Виходячи з цього можна рекомендувати використовувати препарат «Лізоформін 3000» у 3% концентрації з експозицією 7 хв для стерилізації кісточкових культур.

### Використана література

1. Муратова С. А. Особенности введения в культуру *in vitro* плодовых и ягодных растений. *Плодоводство*. 2005. Т. 17, Ч. 2. С. 182–183.
2. Высоцкий В. А. Биотехнологические приемы в современном садоводстве. *Садоводство и виноградарство*. 2006. № 2. С. 2–3.
3. Nacheva L. R., Ivanova V. S. Silver nitrate and chlorhexidine gluconate – effective surface sterilization agents in disinfection procedures at the initiation of woody shoot tip and embryo culture. *J. BioSci. Biotech.* 2017. Vol. 6, Iss. 3. P. 187–190.
4. Чаркова А. А. Редкие и исчезающие виды растений в культуре *in vitro*. *Ogarev online*. 2013. № 11. URL: [http://journal.mrsu.ru/arts/redkie\\_i\\_ischezayushhie\\_vidy\\_rastenij\\_v\\_kulture\\_in\\_vitro](http://journal.mrsu.ru/arts/redkie_i_ischezayushhie_vidy_rastenij_v_kulture_in_vitro)
5. Дудченко О. П. Регенерация в культуре изолированных мери систем сливы. *Биология культивируемых клеток и биотехнология 2*: тезисы докладов Междунар. науч. конф. (Новосибирск, 2–6 августа 1988 г.). Новосибирск, 1988. С. 358.
6. Олешко Е. В. Особенности клонального микроразмножения подвоев и сортов вишни: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.12 «Физиология растений» / Московская сельхоз. академия им. К. А. Тимирязева. Москва. 1985. С. 15.
7. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plantarum*. 1962. Vol. 15, Iss. 3. P. 473–497. doi: 10.1111/j.1399.3054.1962.tb08052.x
8. Кушнір Г. П., Сарнацька В. В. Мікроклональне розмноження рослин. Київ: Наук. думка, 2005. 271 с.
9. Высоцкий В. А. Клональное микроразмножение плодовых растений и декоративных кустарников. *Микроразмножение и оздоровление растений в промышленном плововодстве и цветоводстве*. Мичуринск, 1989. С. 3–8.
10. Schenk R. U., Hildebrandt A. C. Medium and techniques for induction and growth of monocotyledonous and dicotyledonous plant cell cultures. *Can. J. Bot.* 1972. Vol. 50, Iss. 1. P. 199–204. doi: 10.1139/b72.026
11. Nas M. N., Read P. E. Micropropagation of hybrid hazelnut: medium composition, physical state and iron source affect shoot morphogenesis, multiplication and explant vitality. *Acta Hort.* 2001. Vol. 556. P. 251–258. doi: 10.17660/ActaHortic.2001.556.36
12. Запольський Я. С., Медведєва Т. В., Натальчук Т. А., Бублик М. О. Використання препарату Лізоформін 3000 для отримання асептичної культури жимолості в умовах *in vitro*. *Вісник аграр. науки*. 2018. Вип. 9. С. 45–50. doi: 10.31073/agrovisnyk201809.07
13. Ines M., Dugalić K., Tomaš V. et al. *In vitro* sterilization procedures for micropropagation of 'Oblačinska' sour cherry. *J. Agric. Sci.* 2013. Vol. 58, Iss. 2. P. 117–126. doi: 10.2298/JAS1302117M
14. Buah J. N., Kawamitsu Y., Sato S., Murayama S. Effects of different types and concentrations of gelling agents on the physical properties of media and growth of banana (*Musa spp.*) *in vitro*. *Plant Prod. Sci.* 1999. Vol. 2, Iss. 2. P. 138–145. doi: 10.1626/pp.2.138
15. Londe L. C., Vendrame W. A., Oliveira A. B. et al. Phloroglucinol is Effective for *in vitro* Growth and Multiplication of *Musa accuminata* Cv. Grand Naine Shoots and Roots. *J. Adv. Biol. Biotechnol.* 2017. Vol. 13, Iss. 2. P. 1–8. doi: 10.9734/JABB/2017/33718
16. Патент России 2045891 МПК А01Н3/00. Питательная среда для микроклонального размножения косточковых культур / Фардзинова И. М. заяв. 1992 06 08, публ. 20.10.1995. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2045891>

### References

1. Muratova, S. A. (2005). Features of introduction of fruit and berry plants into *in vitro* culture. *Plodovodstvo* [Horticulture], 17(2), 182–183. [in Russian]
2. Vysotskiy, V. A. (2006). Biotechnological techniques in modern gardening. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* [Horticulture and Viticulture], 2, 2–3. [in Russian]
3. Nacheva, L. R., & Ivanova, V. S. (2017). Silver nitrate and chlorhexidine gluconate – effective surface sterilization agents in disinfection procedures at the initiation of woody shoot tip and embryo culture. *J. BioSci. Biotech.*, 6(3), 187–190.
4. Charkova, A. A. (2013). Rare and endangered species of plants *in vitro*. *Ogarev online* [Ogarev online], 11. Retrieved from [http://journal.mrsu.ru/arts/redkie\\_i\\_ischezayushhie\\_vidy\\_rastenij\\_v\\_kulture\\_in\\_vitro](http://journal.mrsu.ru/arts/redkie_i_ischezayushhie_vidy_rastenij_v_kulture_in_vitro)
5. Dudchenko, O. P. (1988). Regeneration in the culture of isolated plum meristem systems. In *Biologiya kul'tiviruemyykh kletok i biotekhnologiya 2: tezisyy dokladov Mezhdunar. nauch. konf.* [Biology of cultured cells and biotechnology 2: Abstracts of the Int. Sci. Conf.] (p. 358). 2–6 Aug., 1988, Novosibirsk, Russia. [in Russian]
6. Oleshko, E. V. (1985). *Osobennosti klonaln'nogo mikrorazmnozheniya podvoev i sortov vishni* [Features of clonal micropropagation of stocks and varieties of cherries] (Extended Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss.). Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia. [in Russian]
7. Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plantarum*, 15(3), 473–497. doi: 10.1111/j.1399.3054.1962.tb08052.x
8. Kushnir, H. P., & Sarnatska, V. V. (2005). *Mikroklonalne rozmnozhenia roslyn* [Microclonal reproduction of plants]. Kyiv: Naukova dumka. [in Ukrainian]
9. Vysotskiy, V. A. (1989). Clonal micropropagation of fruit plants and ornamental shrubs. In *Mikrorazmnozhenie i ozdorovlenie rasteniy v promyshlennom plodovodstve i tsvetovodstve* [Micropropagation and recovery of plants in industrial fruit growing and floriculture] (pp. 3–8). Michurinsk: N.p. [in Russian]
10. Schenk, R. U., & Hildebrandt, A. C. (1972). Medium and techniques for induction and growth of monocotyledonous and dicotyledonous plant cell cultures. *Can. J. Bot.*, 50(1), 199–204. doi: 10.1139/b72.026
11. Nas, M. N., & Read, P. E. (2001). Micropropagation of hybrid hazelnut: medium composition, physical state and iron source affect shoot morphogenesis, multiplication and explant vitality. *Acta Hort.*, 556, 251–258. doi: 10.17660/ActaHortic.2001.556.36
12. Zapolskiy, Ya. S., Medvedieva, T. V., Natalchuk, T. A., & Bublyk, M. O. (2018). Use of preparation Lizoformin 3000 for obtaining aseptic cultures of honeysuckle in conditions *in vitro*. *Visn. Agrar. Nauki* [Bulletin of Agricultural Science], 9, 45–50. doi: 10.31073/agrovisnyk201809.07
13. Ines, M., Dugalić, K., Tomaš, V., Viļjevac, M., Pranjić, A., Čmelik, Z., Puškar, B., & Jurković, Z. (2013). *In vitro* sterilization procedures for micropropagation of 'Oblačinska' sour cherry. *J. Agric. Sci.*, 58(2), 117–126. doi: 10.2298/JAS1302117M
14. Buah, J. N., Kawamitsu, Y., Sato, S., & Murayama, S. (1999). Effects of different types and concentrations of gelling agents on the physical properties of media and growth of (*Musa spp.*) *in vitro*. *Plant Prod. Sci.*, 2(2), 138–145. doi: 10.1626/pp.2.138
15. Londe, L. C., Vendrame, W. A., Oliveira, A. B., Sanaey, M., & Costa, A. M. (2017). Phloroglucinol is Effective for *in vitro* Growth and Multiplication of *Musa accuminata* Cv. Grand Naine Shoots and Roots. *J. Adv. Biol. Biotechnol.*, 13(2), 1–8. doi: 10.9734/JABB/2017/33718
16. Fardzinova, I. M. (1995). *Pitateľ'naya sreda dlya mikroklonaln'nogo razmnzheniya kostochkovykh kul'tur* [Nutrient medium for microclonal propagation of stone fruits]. Russian patent 2045891. Retrieved from <http://www.freepatent.ru/patents/2045891>

УДК 581.143.6:634.2

**Натальчук Т. А.<sup>1\*</sup>, Медведєва Т. В.<sup>1</sup>, Запольский Я. С.<sup>1</sup>, Барбан О. Б.<sup>2</sup>** Особенности введения в культуру *in vitro* вишни сорта 'Ксения' и черешни сорта 'Василиса прекрасна' // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 1. С. 97–102. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.16.1.2020.201353](https://doi.org/10.21498/2518_1017.16.1.2020.201353)

<sup>1</sup>Інститут садівництва НААН України, ул. Садова, 23, г. Київ, 03027, Україна, \*e mail: Tania87@meta.ua

<sup>2</sup>Український інститут експертизи сортів рослин, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Київ, 03041, Україна

**Цель.** Определить оптимальные сроки отбора эксплантов, подобрать стерилизующие агенты и режимы стерилизации, а также питательную среду для введения в культуру *in vitro* новых перспективных сортов вишни (*Prunus cerasus* L.) и черешни (*Prunus avium* L.). **Методы.** В процессе работы применена методика клонального микро размножения растений и статистические обработки экспериментальных данных. **Результаты.** Установлен оптимальный срок отбора эксплантов, продолжительность экспозиции при стерилизации, оптимальный состав питательной среды на первом этапе микроклонального размножения. Для определения оптимального режима стерилизации и стерилизующего препарата использовали 0,1% раствор хлорида ртути и 3% раствор препарата «Лизоформин 3000» с экспозицией стерилизации 5, 6 и 7 минут. Наибольший выход стерильных эксплантов как для вишни сорта 'Ксения', так и для черешни сорта 'Василиса прекрасна' получили при экспозиции стерилизации 7 мин для обоих стерилизующих агентов. Но при использовании 0,1% раствора хлорида ртути этот показатель был выше, чем при стерилизации 3% раствором препарата «Лизоформин 3000» – 71 и 99%, соответственно. **Выводы.** На эффективность стерилизации и введения в культуру *in vitro* эксплантов вишни 'Ксения' и черешни 'Василиса прекрасна' влияли продолжительность стерили-

зации, время отбора эксплантов, фитосанитарное состояние маточного растения, состав питательной среды. 0,1% раствор хлорида ртути при экспозиции 7 мин был наиболее эффективен при получении асептической культуры с эксплантов, изъятых из донорных растений в состоянии покоя при проращивании почек в контролируемых условиях. Использование препарата «Лизоформин 3000» в концентрации 3% в течение 6–7 мин при стерилизации эксплантов исследуемых культур способствовало их лучшей приживаемости на среде. Оптимальной по составу питательной средой для культивации эксплантов вишни 'Ксения' была среда с добавлением экстракта алоэ, а для черешни 'Василиса прекрасна' – MS + флороглюцинол. Самая высокая эффективность стерилизации (99% у сорта 'Василиса прекрасна' и 71% у сорта 'Ксения') получена при использовании 0,1% HgCl<sub>2</sub> в экспозиции 7 мин. При использовании препарата «Лизоформин 3000» при такой же экспозиции стерилизации этот показатель составлял 83 и 52% соответственно к культуре. Исходя из этого можно рекомендовать использовать препарат «Лизоформин 3000» в 3% концентрации с экспозицией 7 мин для стерилизации косточковых культур.

**Ключевые слова:** *Prunus avium* L.; *Prunus cerasus* L.; культура *in vitro*; отбор эксплантов; стерилизация; питательная среда; регуляторы роста.

UDC 581.143.6:634.2

**Natalchuk, T. A.<sup>1\*</sup>, Medvedieva, T. V.<sup>1</sup>, Zapolskyi, Ya. S.<sup>1</sup>, & Barban, O. B.<sup>2</sup>** (2020). Features of introduction of sour cherries variety 'Kseniia' and cherries variety 'Vasylysa prekrasna' into *in vitro* culture. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(1), 97–102. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.16.1.2020.201353](https://doi.org/10.21498/2518_1017.16.1.2020.201353)

<sup>1</sup>Institute of Horticulture, NAAS of Ukraine, 23 Sadova St., Kyiv, 03027, Ukraine, \*e mail: Tania87@meta.ua

<sup>2</sup>Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine

**Purpose.** Determine the optimal timing of explant selection, select sterilizing agents and sterilization regimens, as well as the nutrient medium for the introduction of new perspective varieties of sour cherries (*Prunus cerasus* L.) and cherries (*Prunus avium* L.) into *in vitro* culture. **Methods.** During the work the method of clonal micropropagation of plants and statistical processing of experimental data were applied. **Results.** The optimal term of explants selection, the duration of exposure during sterilization, the optimal composition of the nutrient medium at the first stage of microclonal reproduction were determined. A 0.1% solution of mercuric chloride and a 3% solution of "Lizoformin 3000" with exposure to sterilization of 5, 6 and 7 minutes were used to determine the optimal sterilization and sterilizing regimen. The highest yield of sterile explants for both 'Kseniia' sour cherries and 'Vasylysa prekrasna' cherries was obtained with a 7 min sterilization exposure for both sterilizing agents. When using a 0.1% solution of mercury chloride, this figure was higher than in the sterilization with 3% solution of the preparation "Lizoformin 3000" – 71 and 99%, respectively. **Conclusions.** The efficiency of sterilization and the introduction into *in vitro* culture of sour cherries 'Kseniia' and cherries 'Vasylysa prekrasna' explants were influ-

enced by the duration of sterilization, the time of selection of explants, the phytosanitary state of the mother plant, the composition of the nutrient medium. A 0.1% solution of mercuric chloride at 7 min exposure was the most effective in obtaining aseptic culture from explants removed from donor plants at rest when sprouting buds under controlled conditions. The use of the preparation "Lizoformin 3000" at a concentration of 3% for 6–7 min while sterilizing explants of the studied cultures contributes to their better survival in the environment. The optimal nutrient medium for the cultivation of sour cherry 'Kseniia' explants is the medium with the addition of aloe juice, and for cherries 'Vasylysa prekrasna' – MS + phloroglucinol. The highest sterilization efficiency (99% in 'Vasylysa prekrasna' and 71% in 'Kseniia') was obtained using 0.1% HgCl<sub>2</sub> in 7 min exposure. When using the preparation "Lizoformin 3000" with the same sterilization exposure, this indicator was 83 and 52%, respectively. Therefore, we can recommend the use of the preparation "Lizoformin 3000" at 3% concentration with an exposure of 7 min for sterilization of stone cultures.

**Keywords:** *Prunus avium* L.; *Prunus cerasus* L.; *in vitro* culture; selection of explants; sterilization; nutrient medium; growth regulators.

Надійшла / Received 20.12.2019

Погоджено до друку / Accepted 19.03.2020

# Expression of *gus* and *gfp* genes in amphidiploid spelt wheat (*Triticum spelta* L.) after *Agrobacterium* mediated transformation

A. V. Kyriienko<sup>1,2\*</sup>, M. V. Kuchuk<sup>1</sup>, N. L. Shcherbak<sup>1</sup>,  
M. F. Parii<sup>2,3</sup>, Yu. V. Symonenko<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, NAS of Ukraine, 148 Akademika Zabolotnoho St., Kyiv, 03143, Ukraine, \*e-mail: [anastasija.kirienko@gmail.com](mailto:anastasija.kirienko@gmail.com)

<sup>2</sup>Ukrainian Scientific Institute of Plant Breeding, 30 Vasylykivska St., Kyiv, 03143, Ukraine

<sup>3</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine

**Purpose.** To study the expression of *gus* and *gfp* genes in callus explants of amphidiploid spelt wheat (*Triticum spelta* L.) after *Agrobacterium* mediated genetic transformation. **Methods.** Winter spelt wheat of 'Europa' variety was chosen for transformation. Calli obtained from mature embryos were used as explants. Callus pre cultivation was carried out on MS nutrient medium (Murashige–Skoog) supplemented with 2 mg/L 2,4 D (2,4 Dichlorophenoxyacetic acid) and 10 mg/L silver nitrate. For genetic transformation, *Agrobacterium tumefaciens* Conn., strain GV3101 and a genetic construct with reporter genes beta glucuronidase (GUS) and green fluorescent protein (GFP) were used. Calli were transformed by inoculation with agrobacteria and vacuum infiltration. Then they were co cultured on MS medium with 2 mg/L 2,4 D and 10 mg/L AgNO<sub>3</sub>, but without antibiotics. The expression of the *gus* gene was checked by histochemical and the *gfp* gene by visual analysis (fluorescence of the GFP protein in UV light). *Gfp* and *gus* gene expression levels were evaluated using ImageJ software. The integration of the *gfp* and *gus* genes into the spelt genome was verified by PCR. **Results.** Genetic transformation of spelt callus explants by inoculation in a nutrient medium with agrobacteria and vacuum infiltration occurred at different frequencies. The level of expression of the *gus* gene during vacuum infiltration was  $4.66 \pm 0.74\%$ , with inoculation –  $4.00 \pm 0.91\%$ ; and the *gfp* gene with vacuum infiltration –  $3.66 \pm 0.74\%$ , with inoculation –  $4.66 \pm 1.39\%$ . The level of expression of the *gfp* gene was higher when using inoculation with agrobacteria, and the *gus* gene was higher during vacuum infiltration. Using PCR analysis, the integration of the *gfp* and *gus* genes into the callus of spelt genome was confirmed. The length of the PCR product with primers for the *gus* gene was 240 bp, and 717 bp for the *gfp* gene. **Conclusions.** The use of vacuum infiltration and inoculation methods for spelt genetic transformation gave different results. The frequency of genetic transformation ranged from 3.66 to 4.66%. *Agrobacterium* mediated genetic transformation of amphidiploid spelt wheat allows us to study the expression of *gus* and *gfp* reporter genes using callus explants derived from mature embryos.

**Keywords:** *Triticum spelta* L.; spelt; callusogenesis; *gus* gene; *gfp* gene; genetic transformation.

## Introduction

Various forms of amphidiploid wheat are used for creating their new varieties and lines with maximum manifestation of economically valuable traits. Such signs include the total mass of 1000 grains, the height of the plants, its lodging resistance, high protein content in a grain, resistance to diseases and pest damage, and so forth. Now in the world there is a depletion of the gene pool of amphidiploid wheat. It is associated with the use of many

genotypes resemble each other in the work. In addition, virtually every decade new strains of pathogens of plant infectious diseases appear and climatic conditions change.

Traditional breeding does not always have time to satisfy the needs of society, and sometimes it is simply impossible. Therefore, it is advisable to resort to other methods of obtaining new forms of amphidiploid wheat. Such new methods include the genetic transformation of plants, which can be either direct or indirect. Direct genetic transformation occurs during the biolistic transformation when plasmid DNA is delivered into plant explants by high velocity gold or tungsten particles [1]. Indirect transformation occurs with the participation of the corresponding strain of agrobacteria and is a fairly common method [2]. *Agrobacterium*-mediated transformation can occur by inoculating explants with agrobacteria in a liquid nutrient medium for a certain time, during which agrobacteria gradually penetrate explant tissues [2–4] or by vacuum

Anastasiia Kyriienko

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_8117\\_5288](https://orcid.org/0000_0002_8117_5288)

Nikolay Kuchuk

[https://orcid.org/0000\\_0001\\_7365\\_7474](https://orcid.org/0000_0001_7365_7474)

Natalia Shcherbak

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_2478\\_8408](https://orcid.org/0000_0002_2478_8408)

Myroslav Parii

[https://orcid.org/0000\\_0001\\_9877\\_2241](https://orcid.org/0000_0001_9877_2241)

Yuri Symonenko

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_5597\\_3315](https://orcid.org/0000_0002_5597_3315)



infiltration – when under special conditions pressure difference is created between the closed chamber and the environment, allowing agrobacteria to penetrate into tissues [5, 6].

An important step in the study is the selection of the working strain of *Agrobacterium tumefaciens* Conn. From literary sources it is known that for genetic transformation strains EHA105 [7], AGL-1 [2, 8–10], GV3101 [11], LBA4404 [2] and others are used. Usually, an overnight culture of agrobacteria grown in a liquid nutrient medium LB (Luria–Bertani) at a temperature of 28 °C is used [10, 12]. The explants for genetic transformation of amphidiploid wheat can be both mature [10, 13] and immature embryos [8, 14]. Before transformation, explants are recultivated on a nutrient medium MS with auxin. For soft wheat, 2,4-D is better suited at a concentration of 2–4 mg/L [2, 13, 15]. Usually, precultivation takes place in the darkness and can last several days [2, 16]. It depends on the characteristics of the selected wheat genotype and on the cultivation conditions (temperature, relative humidity, composition of the nutrient medium, etc.).

Genetic transformation of callus explants is usually carried out by immersing them in a suspension of the corresponding strain of agrobacteria in a liquid nutrient medium. For operation, the agrobacterial suspension should be of a certain concentration; its OD<sub>600</sub> depends on the selected working strain, the composition of the culture medium and can vary from 0.4 to 3 [2, 14, 17, 18].

During inoculation, agrobacteria together with explants are introduced into the liquid inoculation medium, whose composition can correspond to or close to the MS medium [18, 19] and contain growth regulators [17]. We know that in order to improve the positive chemotaxis of agrobacteria, phenolic compounds, in particular acetosyringone at a concentration of 200–400 mmol, can be added to their suspension [14, 20]. Inoculation can last from 15 minutes to several hours, depending on the type of explant. For freshly isolated immature embryos of amphidiploid wheat, it can last up to 3 hours at a temperature of 23–25 °C, but for recultivated immature embryos – up to 1 hour, and for embryogenic callus – up to several hours [2].

After inoculation in a nutrient medium with agrobacteria, plant explants are transferred to a medium without antibiotics and silver nitrate in darkness for several days for co-cultivation. Then they are washed from agrobacteria in an antibiotic solution, for example, cef-

triaxone or timentin [2, 16], and the washed callus explants are transferred to a nutrient medium containing a selective agent for regeneration. Most often, selective substances can be herbicides – phosphinotricin [2, 17] or glyphosate [21]. The choice of selective agent depends on the transferred resistance gene, which is integrated into the plant genome during transformation. Thus, phosphinotricin is used for *bar* gene (phosphinotricin N-acetyltransferase) [22], and glyphosate for *epsps* gene (5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase) [21]. For the selection of transformants, in addition to selective genes, reporter genes are also used, for example, the *gfp* gene. The product of its expression exhibits green fluorescence upon ultraviolet irradiation (UV) [23, 24]. Another marker reporter gene is the *gus* gene. The product of its expression during histochemical reaction of interaction with X-Gluc (5-bromo-4-chloro-1H-indol-3-yl β-D-glucopyranosiduronic acid) stains transformant tissues in blue color [4].

The pH of the inoculation medium, concentration of acetosyringone and temperature are important for further plant regeneration. It was shown that at pH 5.8 and 200 μm of acetosyringone in a medium at a temperature of 22 °C, the regeneration frequency of transformed wheat explants was about 10.5%, but at pH 5.0, 200 μm of acetosyringone and a temperature of 22 °C, the frequency reached 22.3%. At a concentration of 400 μm of acetosyringone, pH 5.0 and a temperature of 19 °C, the regeneration frequency increased to 30.3% [20].

Spelt (*T. spelta* L.) is a rare species of amphidiploid wheat. Unlike common wheat, there is no information about its genetic transformation in order to obtain new transgenic lines. The novelty of our work was the presentation of data on the genetic transformation of callus explants of spelt obtained from mature embryos.

*The purpose of the study* was to reveal the expression of *gus* and *gfp* genes in callus explants of spelt amphidiploid wheat (*T. spelta* L.) after *Agrobacterium*-mediated genetic transformation.

## Materials and methods

We used seeds of winter amphidiploid spelt wheat (*T. spelta*) of ‘Europa’ variety ( $2n = 42$ ), which was provided by Ukrainian Scientific Institute of Plant Breeding (VNIS). It was precisely this spelt genotype that was chosen for the genetic transformation, because variety ‘Europa’ best demonstrates itself in an *in vitro*

culture as previous studies have shown [25]. Mature embryos were used as explants for introduction into *in vitro* culture. Seeds were sterilized in 96% ethanol for 5 min, then in a 5% solution of sodium hypochlorite for 10 min and washed three times with sterile distilled water.

Callus induction was performed on standard MS medium [19] with a 3% maltose content (Duchefa Biochemie, Netherlands) supplemented with 2.5 mg/L 2,4-D (Duchefa Biochemie, Netherlands), 10 mg/L of silver nitrate and 300 mg/L of ceftriaxone (Arterium, Ukraine), which was added to the medium in such a concentration to prevent bacterial contamination. Explants were cultured in the darkness at a temperature of 24 °C for 14 days.

An overnight culture of *Agrobacterium tumefaciens* Conn., strain GV3101, was used for the genetic transformation of callus explants. Agrobacteria were grown in liquid nutrient medium LB [12] with the addition of antibiotics (50 mg/L rifampicin (“Borschagovsky CPP”, Ukraine), 100 mg/L kanamycin (“Arterium”, Ukraine) and 25 mg/L gentamicin (“Ar-

terium”, Ukraine) at a temperature of 28 °C. The final optical density of agrobacteria was brought to  $OD_{600} = 0.8$ .

For the genetic transformation of callus explants, the pSPN2401 genetic construct was used, which contained two reporter genes: the *gfp* gene isolated from *Aequorea victoria* Marbach & Shearer, under the control of the promoter of the *lhb* gene encoding chlorophyll *a-b* binding proteins (LHCB) isolated from thale cress [*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.], and the *gus* gene under the control of the promoter of the *rbc* gene encoding the small subunit of ribulose biphosphate carboxylase (Ru-BisCo), also isolated from *A. thaliana* (L.) Heynh. Both genes were controlled by the 35S cauliflower mosaic virus terminator (CaMV) along with a polyadenylation signal and a 3'-untranslated sequence. In addition, both transcriptional units contained a 5'-untranslated sequence  $\Omega$  (UTR) from the tobacco mosaic virus (TMV) (Fig. 1). The *gfp* gene encodes the green fluorescent protein (GFP), and the product of the *gus* gene activity is  $\beta$ -glucuronidase enzyme.



Fig. 1. Structural elements of the T DNA vector pSPN2401 for the genetic transformation of spelt callus explants

The genetic transformation of callus spelt explants was performed by inoculation with agrobacterium suspension and vacuum infiltration. The results for both types of transformation were compared among themselves. In the first case, a nutrient medium similar to callusogenesis was used for inoculation with the addition of 40 mg/L acetosyringone. Callus explants were cultured with agrobacterium suspension in the darkness at 24 °C for 2 hours. Co-cultivation was performed in MS nutrient medium for callusogenesis, but without antibiotics and silver nitrate, in the darkness for 3 days. Then calli were transferred to the medium with an antibiotic and cultured in the darkness for another 5 days.

In the case of vacuum infiltration, callus explants were introduced into a liquid nutrient medium with agrobacteria, similar in composition to the inoculation medium. To do this, we used a glass desiccator with polished edges (2 L volume) with a hose attached to a pump that pumped air out of it creating vacuum conditions. Inside the desiccator cups with a liquid nutrient medium with callus explants and agrobacterium suspension were placed.

The desiccator was tightly closed and air was pumped out of it. Infiltration was performed in two stages, each lasting 10 minutes at 0.6 atmospheres. The co-cultivation conditions were similar to precultivation.

To eliminate agrobacteria, callus explants were washed with a solution of antibiotic ceftriaxone at a concentration of 300 mg/L.

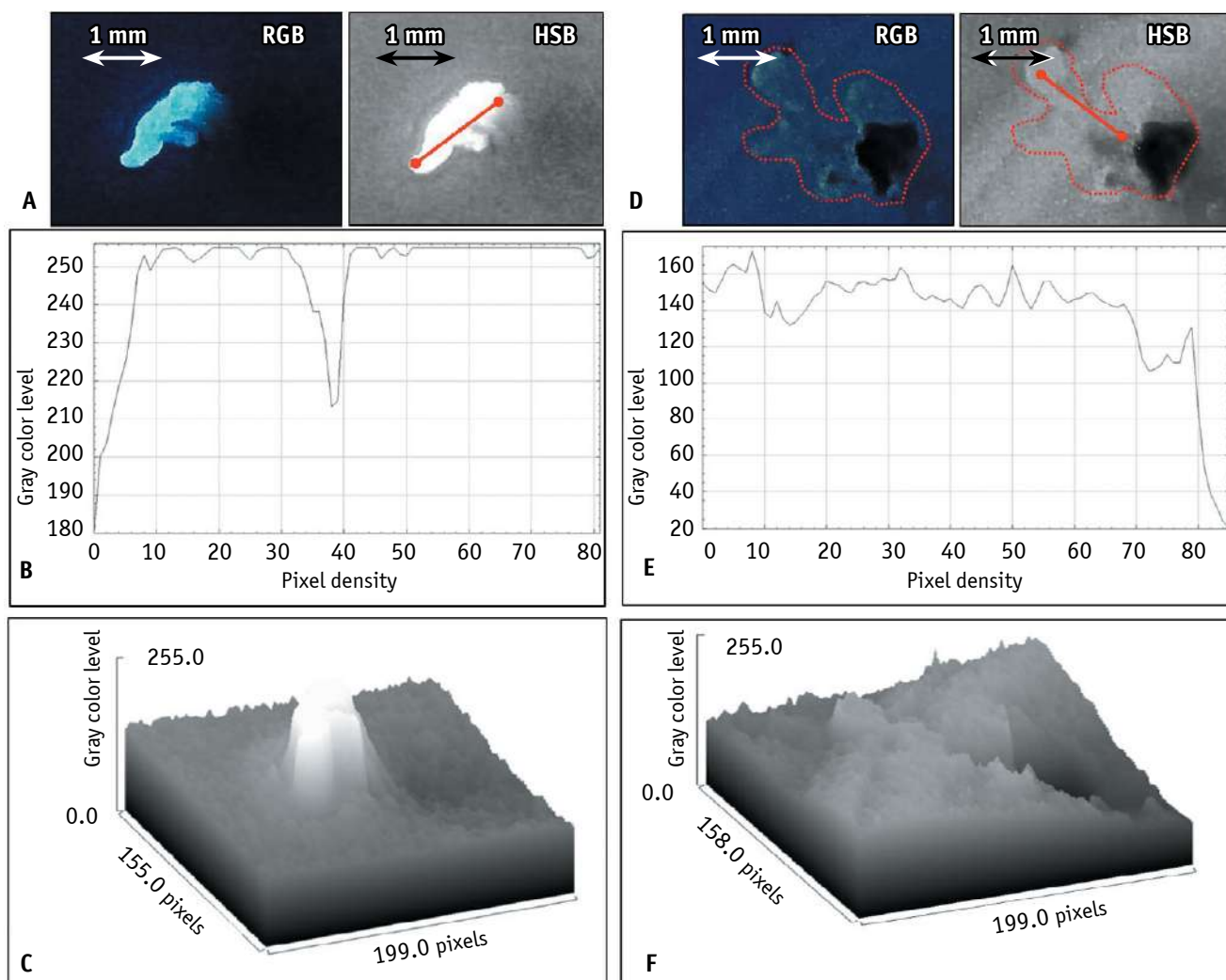
The frequency of genetic transformation of spelt callus explants was determined after 5 days. To identify *gfp* gene expression product, the transformed callus was irradiated with ultraviolet light and green calli, in which the expression of the *gfp* gene was observed, were counted. To analyze the level of *gus* gene expression in callus explants, a histochemical analysis of  $\beta$ -glucuronidase gene expression was performed according to the Jefferson method (1987) [26] in 100 mM phosphate buffer pH 7.0 containing 1 mM X-Gluc. On the 6th day after the transformation, callus fragments were incubated for 24 hours in a 1 mM X-Gluc solution at a temperature of 37 °C, followed by washing in a 70% ethanol solution also at 37 °C for up to 48 hours.

The expression level of *gus* and *gfp* genes was estimated. It manifested itself as a blue color or a bright green glow in ultraviolet light, respectively, using the ImajeJ program [27]. The transformed callus explants were photographed, the images were processed in the ImajeJ resource, as a result gene expression sites in the tissues obtained a gray color of various intensities. After measuring the gray color intensity, an appropriate graph was obtained. The level of gray color intensity corresponded to the level of *gus* and *gfp* genes expression. The higher the gray intensity was in the image, the higher the expression level of the *gus* and *gfp* genes was in the cells (Fig. 2).

30 days after the genetic transformation, the total plant DNA was isolated from the samples of transformed calli with expression

of the *gfp* and *gus* genes by the CTAB method (cetyltrimethylammonium bromide) [28]. The concentration of extracted DNA was determined by spectrophotometric method (mQ H<sub>2</sub>O was taken as a negative control). PCR reaction was performed with primers specific for the *gus* and *gfp* genes. So, for the *gus* gene, the following primer sequence was used: GUS-F – ATGGGTCAGTCCCTTATGTTA, GUS-R – ATAAAGACTTCGCGCTGAT; and for the *gfp* gene it was GFP-F GTGAGCAAGGGCGAGGA, GFP-R – TTACTIONTGTACAGCTCGTCCAT. Primer sequences were selected using the NCBI BLAST online resource (blast.ncbi.nlm.nih.gov).

PCR amplification products were separated on a 1% agarose gel. As a molecular length marker, 3 Kb DNA Ladder M25 (“Sib Enzyme”,



**Fig. 2. Assessment of *gfp* gene expression level in callus spelt explants with high (A–C) and low (D–F) expression levels (ImajeJ program):**

A) and D) – «RGB» and «HSB» image of callus explants, with high (A) and low (D) level of expression of the *gfp* gene (the red line indicates the area for measuring the intensity level, the red dotted line indicates callus for better orientation); B) and E) are the graphs of the level of gray color intensity corresponding to green glow at *gfp* gene expression; C) and F) – 3 D models of the ratio of various shades of gray color for callus with high and low level of expression, respectively

RF) was used. For PCR, a reaction mixture with a total volume of 20 ml was taken, which contained  $10^x$  PCR buffer (100 mM Tris-HCl, pH 8.8, 500 mM KCl, 1% Triton X-100); 1.5 mmol  $MgCl_2$  ("Thermo Fisher Scientific", USA); 0.2 mmol of each dNTP ("Thermo Fisher Scientific", USA); a pair of appropriate primers, each at a concentration of 12.59 pmol; Taq polymerase at a concentration of 1 U ("Sib Enzyme", RF). The concentration of plant DNA in the PCR mixture was 100 ng. Plasmid DNA was used as a positive control, and  $H_2O$  for a negative control.

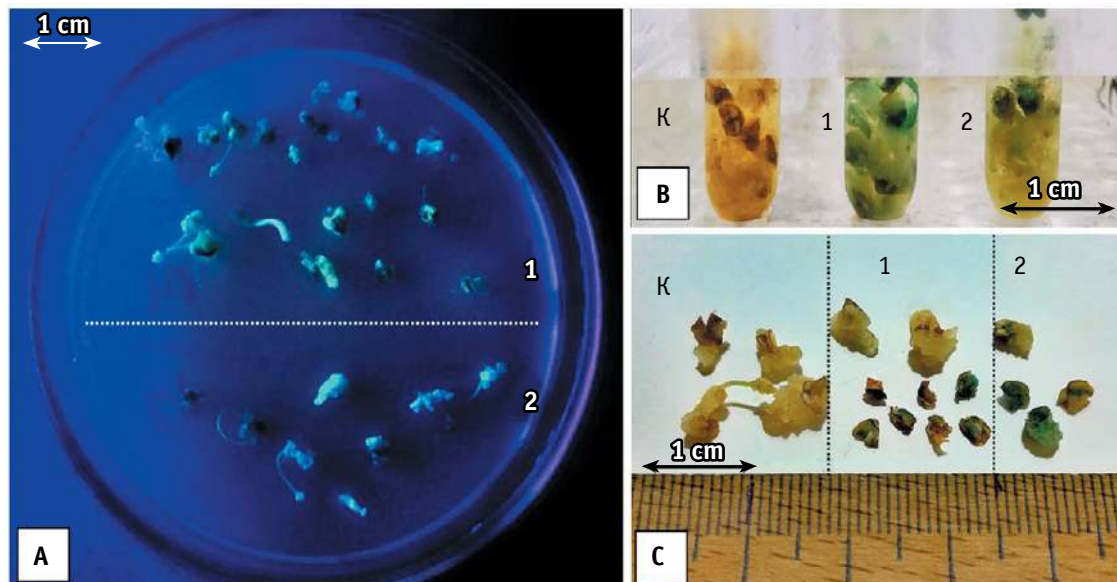
Since we worked with two reporter genes and according to two transformation techniques, 4 groups of experiments were identified – *gus*: infiltration, *gus*: inoculation, *gfp*: infiltration and *gfp*: inoculation. Each group

consisted of 5 replicates of 60 callus explants each. The total amount of explants in the group was 300 pieces.

The frequency of genetic transformation was determined by the formula, which was taken and adapted from Gouranga et al. [29]:  $(T/E) \times 100$ , where T is the number of calli where the product of the expression of corresponding genes was detected, E is the total number of callus explants used for genetic transformation.

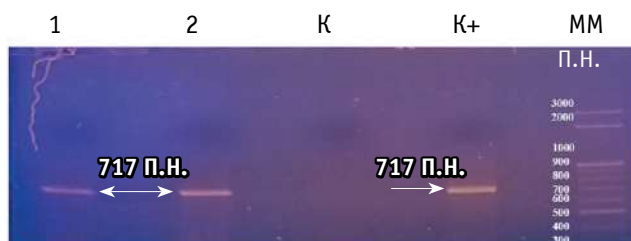
### Results and discussion

After the genetic transformation of spelt callus explants by inoculation with agrobacteria, after 8 days, the expression of the *gus* and *gfp* genes was observed, which can be both transient and stable. According to visual ob-



**Fig. 3. Detection of *gfp* and *gus* gene expression in spelt callus explants:**

A) *gfp* gene expression in 20 day spelt calli on the 6th day after genetic transformation (1 – inoculation with agrobacteria, 2 – vacuum infiltration); B) and C) *gus* gene expression in 20 day (B) and 30 day (C) calli on the 7th day after genetic transformation ("K" – negative control, untransformed calli, 1 – vacuum infiltration; 2 – inoculation with agrobacteria)



**Fig. 4. The electrophoregram of amplification products of total plant DNA of spelt transformants (*gfp* gene specific primers):**

- 1) DNA of transformant after inoculation with agrobacteria,
  - 2) DNA of transformant after vacuum infiltration,
- "K" – negative control ( $H_2O$ ), "K+" – positive control (genetic construct pSPN2401)

servations, the expression of the *gfp* gene in the cells of callus explants was detected on the fifth day after their transformation. Under ultraviolet light, the calli with observed gene expression glowed bright green color (Fig. 3A).

The luminescence could be either pointed, where expression was observed only in separate callus cells, or complete – the entire explants glowed. The frequency of genetic transformation for the *gfp* gene in the case of inoculation with agrobacteria was  $4.66 \pm 1.39\%$  (Table 1).

In the case of bombarding of immature embryos of 'AvocetYr10' soft wheat variety with gold particles containing a genetic construct

Frequency of genetic transformation of callus explants of wheat variety 'Europa'

Reporter gene / variant of genetic transformation	Repeat	Number of callus explants (pcs.)	Number of calli with reporter gene expression (pcs.)	Transformation frequency (%)	Average frequency of transformation (%), $X \pm S$
<i>gus</i> / infiltration	1	60	3	5.00	4.66 ± 0.74
	2	60	2	3.33	
	3	60	3	5.00	
	4	60	3	5.00	
	5	60	3	5.00	
<i>gus</i> / inoculations	1	60	2	3.33	4.00 ± 0.91
	2	60	3	5.00	
	3	60	3	5.00	
	4	60	2	3.33	
	5	60	2	3.33	
<i>gfp</i> / infiltration	1	60	2	3.33	3.66 ± 0.74
	2	60	2	3.33	
	3	60	3	5.00	
	4	60	2	3.33	
	5	60	2	3.33	
<i>gfp</i> / inoculations	1	60	2	3.33	4.66 ± 1.39
	2	60	3	5.00	
	3	60	4	6.66	
	4	60	2	3.33	
	5	60	3	5.00	

**Note.** X – average value, S – sampling mean error.

with the *gfp* reporter gene, Kronbak et al. [30] visually noted the transient expression of the *gfp* gene in soft wheat endosperm. For comparison, it is known that the frequency of stable genetic transformation using constructs containing selective genes for the selection of transgenic wheat lines on the corresponding selective media of 14-day embryogenic calli of amphidiploid spring wheat by inoculation with agrobacteria it was 1.2–3.9%, and sometimes it reached 5.9% [2]. As noted by Dale et al. [5], if vacuum infiltration is performed with 6 approaches with a total duration of 1 hour, the frequency of genetic transformation may be about 8%.

In our experiments during vacuum infiltration, the frequency of genetic transformation, based on the results on the *gfp* gene, was slightly lower than during inoculation, i.e. 3.66 ± 0.74%. At the same time, the fluorescence intensity of the GFP protein in callus explants was also less than in the previous variant. In particular, to assess the level of *gfp* gene expression after inoculation with agrobacteria, the level of gray color intensity was in the range of 210–255, and the value of 100–250 prevailed for vacuum infiltration. An example of assessing the level of *gfp* gene expression in callus explants of spelt with high and low expression levels is presented in Fig. 2.

Further PCR analysis with primers specific to the *gfp* gene was performed. It showed the integration of the *gfp* gene into the genome of

callus explants from mature spelt embryos both in the case of their genetic transformation by inoculation and vacuum infiltration (Fig. 4). According to the results of the analysis, a PCR product of about 717 bp was detected, which corresponded to the expected size of the *gfp* gene [23]

Thus, the expression of the *gus* gene in callus explants using inoculation with agrobacteria was 4.00 ± 0.91%. But in the case of vacuum infiltration, it was slightly higher – 4.66 ± 0.74% (Table 1). As noted by Dattgonde et al. [6], in the case of vacuum infiltration of mature embryos of common oat (*Avena sativa* L.), the *gus* gene genetic transformation frequency according to the results of histochemical analysis was 11–21%.

For comparison, it is known that genetic transformation by inoculation of immature embryos of amphidiploid wheat of the 'Bobwhite' variety with agrobacteria containing a genetic construct with the *gus* gene gives up to 76% of transient expression [18]. This occurs in the presence of acetosyringone at a concentration of 40 mg/L. If the transformation is performed without acetosyringone, the number of explants with *gus* gene expression will be at the level of 52% as Wu et al. [18] note.

The expression of the *gus* gene in callus explant tissues during histochemical analysis of β-glucuronidase expression was detected at different levels of intensity (after reaction with X-Gluc callus tissues obtained a blue color of different intensity) (Fig. 3B, 3C). It

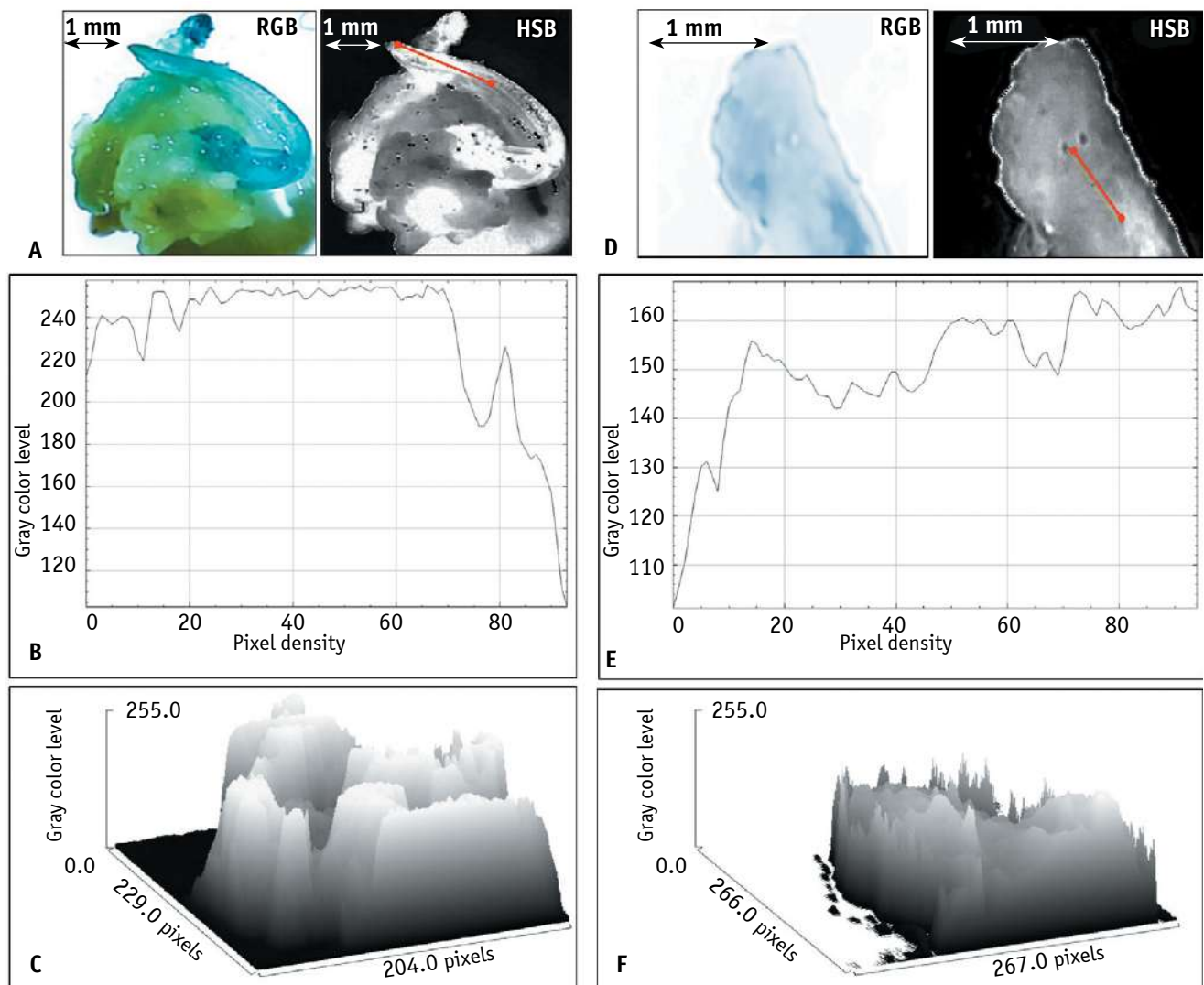
could cover either all callus cells, or could be observed only in separate cells. An example of estimating the level of *gus* gene expression in high- and low-expression spelt callus explants is presented in Figures 5.

The level of gray color intensity for the two variants of genetic transformation was slightly different. When using vacuum infiltration, the intensity was higher and varied in the range of 0–250 values (mainly staying in the range of 160–250). But during inoculation, the level of gray color intensity rarely exceeded the value of 160 and mostly kept within values from 130 to 160.

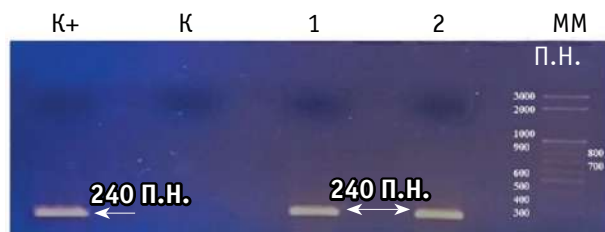
Further PCR analysis with primers specific to the *gus* gene was performed. It showed the integration of the *gus* gene into the genome of callus explants from mature spelt embryos

both in the case of their genetic transformation by inoculation and vacuum infiltration (Fig. 6). PCR analysis with primers specific to the *gus* gene revealed an amplicon of about 240 bp, which corresponds to the expected size of the *gus* gene and was also about 240 bp [31].

Thus, for the first time the expression of the *gus* and *gfp* genes in callus explants of spelt (*T. spelta* L.) after genetic transformation by vacuum infiltration and inoculation with agrobacteria is shown. The average frequency of genetic transformation using both techniques was slightly different. So, for the *gus* reporter gene, vacuum infiltration was more effective than inoculation (4.66% and 4.00%, respectively). And for the *gfp* gene, a higher frequency of genetic transformation



**Fig. 5. Assessment of the *gus* gene expression level in callus spelt explants with high (A–C) and low (D–F) expression levels (ImajeJ program):** A) and D) – «RGB» and «HSB» image of callus explants, with high (A) and low (D) level of the *gus* gene expression (the red line indicates the area for measuring the level of intensity); B) and E) – graphs of the intensity level of gray color, corresponding to the blue color in the *gus* gene expressing; C) and F) – 3 D models of the ratio of various shades of gray color for callus with a high and low level of expression, respectively



**Fig. 6. The electrophoregram of amplification products of total plant DNA of spelt transformants (*gus* gene specific primers): 1) DNA of transformant after inoculation with agrobacteria, 2) DNA of transformant after vacuum infiltration, "K" – negative control ( $H_2O$ ), "K+" – positive control (genetic construct pSPN2401)**

was during inoculation than vacuum infiltration (4.66% and 3.66%, respectively). In our experiments, the expression of the *gus* and *gfp* reporter genes could be both temporary (transient) and stable.

### Conclusions

The expression of the *gus* and *gfp* genes in callus explants of spelt (*T. spelta* L.) after genetic transformation by vacuum infiltration and inoculation with agrobacteria was shown for the first time. The use of vacuum infiltration and inoculation methods for the genetic transformation of spelt gave different results. In general, the frequency of genetic transformation of callus explants from mature embryos of 'Europa' variety spelt by the *gfp* gene in the case of inoculation was  $4.66 \pm 1.39\%$ . And for vacuum infiltration it was at the level of  $3.66 \pm 0.74\%$ . The frequency of genetic transformation of the *gus* gene during vacuum infiltration was about  $4.66 \pm 0.74\%$ , and by inoculation with agrobacteria –  $4.00 \pm 0.91\%$ . PCR analysis showed the presence of two reporter genes *gus* and *gfp* in the callus of spelt (the length of the PCR product with primers for the *gus* gene was 240 bp, and for the *gfp* gene – 717 bp). *Agrobacterium*-mediated genetic transformation of amphidiploid spelt wheat (*T. spelta* L.) allows studying the expression of the *gus* and *gfp* reporter genes using callus explants derived from mature embryos.

### Acknowledgments

The work was carried out within the framework of the fundamental departmental theme of the Department of Genetic Engineering, ICBGE NAS of Ukraine: III-8-17 "Studying the functioning of heterologous genes and their influence on the adaptive properties of plant systems under biotic and abiotic stresses" (state registration number 0117U002589, 2017–2021).

### References

- Hamada, H., Liu, Y., Nagira, Y., Miki, R., Taoka, N., & Imai, R. (2018). Biolistic delivery based transient CRISPR/Cas9 expression enables in planta genome editing in wheat. *Sci. Rep.*, 8, 14422. doi: 10.1038/s41598 018 32714 6
- Jones, H. D., Doherty, A., & Wu, H. (2005). Review of methodologies and a protocol for the *Agrobacterium* mediated transformation of wheat. *Plant Methods*, 1, 5. doi: 10.1186/1746 4811 1 5
- Wu, H., Doherty, A., & Jones, H. D. (2008). Efficient and rapid *Agrobacterium* mediated genetic transformation of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) using additional virulence genes. *Transgenic Res.*, 17(3), 425–436. doi: 10.1007/s11248 007 9116 9
- Hayta, S., Smedley, M. A., Demir, S. U., Blundell, R., Hinchliffe, A., Atkinson, N., & Harwood, W. A. (2019). An efficient and reproducible *Agrobacterium* mediated transformation method for hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Methods*, 26, 121. doi: 10.1186/s13007 019 0503 z
- Dale, P. J., Marks, M. S., Brown, M. M., Woolston, C. J., Gunn, H. V., Mullineaux, P. M., ... Flavella, R. B. (1989). Agroinfection of wheat: inoculation of *in vitro* grown seedlings and embryos. *Plant Sci.*, 63(2), 237–245. doi: 10.1016/0168 9452(89)90249 5
- Dattgondé, N., Tiwari, S., Sapre, S., & Gontia Mishra, I. (2019). Genetic transformation of oat mediated by *Agrobacterium* is enhanced with sonication and vacuum infiltration Iranian. *Iran J. Biotechnol.*, 17(1), e1563. doi: 10.21859/ijb.1563
- Kumar, R., Mamrutha, H. M., Kaur, A., Venkatesh, K., Sharma, D., & Singh, G. P. (2019). Optimization of *Agrobacterium* transformation in spring bread wheat using mature and immature embryos. *Mol. Biol. Rep.*, 46(2), 1845–1853. doi: 10.1007/s11033 019 04637 6
- Hensel, G., Marthe, C., & Kumlehn, J. (2017). *Agrobacterium* mediated transformation of wheat using immature embryos. *Methods Mol. Biol.*, 1679, 129–131. doi: 10.1007/978 1 4939 7337 8\_8
- He, Y., Jones, H. D., Chen, S., Chen, X. M., Wang, D. W., Li, K. X., Wang, D. S., & Xia, L. Q. (2010). *Agrobacterium* mediated transformation of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum* cv Stewart) with improved efficiency. *J. Exp. Bot.*, 61(6), 1567–1581. doi: 10.1093/jxb/erq035
- Medvecká, E., & Harwood, W. A. (2015). Wheat (*Triticum aestivum* L.) transformation using mature embryos. *Methods Mol. Biol.*, 1223, 199–209. doi: 10.1007/978 1 4939 1695 5\_16
- Tague, B. W., & Mantis, J. (2006). *In planta Agrobacterium* mediated transformation by vacuum infiltration. In J. Salinas, & J. J. Sanchez Serrano (Eds.), *Arabidopsis Protocols*. Vol. 123. *Methods in Molecular Biology* (pp. 215–223). (2<sup>nd</sup> Ed.). Totowa, New Jersey: Humana Press. doi: 10.1385/1 59745 003 0:215
- Luria, S. E., & Burrous, J. W. (1957). Hybridization between *Escherichia coli* and *Shigella*. *J. Bacteriol.*, 74(4), 461–476.
- Chauhan, H., & Khurama, P. (2017). Wheat genetic transformation using mature embryos as explants. *Methods Mol. Biol.*, 1679, 153–210. doi: 10.1007/978 1 4939 7337 8\_10
- Sparks, C. A., Doherty, A., & Jones, H. D. (2014). Genetic transformation of wheat via *Agrobacterium* mediated DNA delivery. *Methods Mol. Biol.*, 1099, 235–250. doi: 10.1007/978 1 62703 715 0\_19
- Dargahlou, S. A., Uliiaie, E. D., & Bandedhagh, A. (2017). Callus induction and plant regeneration from mature embryos of some Iranian wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *J. Bio. Env. Sci.*, 10(5), 275–283.
- Karami, O. (2008). Factors affecting *Agrobacterium* mediated transformation of plants. *Transgenic Plant J.*, 2(2), 127–137.
- Ishida, Y., Tsunashima, M., Hiei, Y., & Komari, T. (2015). Wheat (*Triticum aestivum* L.) transformation using immature embryos. *Methods Mol. Biol.*, 1223, 189–198. doi: 10.1007/978 1 4939 1695 5\_15

18. Wu, H., Sparks, C., Amoah, B., & Jones, H. D. (2003). Factors influencing successful *Agrobacterium* mediated genetic transformation of wheat. *Plant Cell Rep.*, 21(7), 659–668. doi: 10.1007/s00299 002 0564 7
19. Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Phys. Plant.*, 15(3), 473–497. doi: 10.1111/j.1399 3054.1962.tb08052.x
20. Manfroï, E., Yamazaki Lau, E., Grando, M. F., & Roesler, E. A. (2015). Acetosyringone, pH and temperature effects on transient genetic transformation of immature embryos of Brazilian wheat genotypes by *Agrobacterium tumefaciens*. *Genet. Mol. Biol.*, 38(4), 470–476. doi: 10.1590/S1415 475738420150026
21. Aramrak, A., Kidwell, K. K., Steber, C. M., & Burke, I. C. (2015). Molecular and phylogenetic characterization of the homoeologous EPSP Synthase genes of allohexaploid wheat, *Triticum aestivum* (L.). *BMC Genomics.*, 16, 844. doi: 10.1186/s12864 015 2084 1
22. Bliffeld, M., Mundy, J., Potrykus, I., & FuKtterer, J. (1999). Genetic engineering of wheat for increased resistance to powdery mildew disease. *Theor. Appl. Genet.*, 98, 1079–1086. doi: 10.1007/s001220051170
23. Ma, B., Mayfield, M. B., Gold, M. H. (2001). The Green fluorescent protein gene functions as a reporter of gene expression in *Phanerochaete chrysosporium*. *Appl. Env. Micro.*, 67(2), 948–955. doi: 10.1128/AEM.67.2.948 955.2001
24. Jordan, M. C. (2000). Green fluorescent protein as a visual marker for wheat transformation. *Plant Cell Rep.*, 19(11), 1069–1075. doi: 10.1007/s002990000246
25. Kyriienko, A. V., Parii, M. F., Kuchuk, M. V., Symonenko, Yu. V., & Shcherbak, N. L. (2019). Optimisation of callusogenesis induction conditions for *Triticum spelta* L. and *T. aestivum* L. *Plant Var. Stud. Prot.*, 15(3), 259–266. doi: 10.21498/2518 1017.15.3.2019.181084
26. Jefferson, R. (1987). Assaying chimeric genes in plants: the GUS gene fusion system. *Plant Mol. Biol. Rep.*, 5, 387–405. doi: 10.1007/bf02667740
27. Béziat, C., Kleine Vehn, J., & Feraru, E. (2017). Histochemical staining of  $\beta$  Glucuronidase and its spatial quantification. *Methods Mol. Biol.*, 1497, 73–80. doi: 10.1007/978 1 4939 6469 7\_8
28. Porebski, S., Bailey, L. G., & Baum, B. R. (1997). Modification of a CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components. *Plant Mol. Biol. Rep.*, 15(1), 8–15. doi: 10.1007/BF02772108
29. Gouranga, U., Moutushi, S., & Amitava, R. (2015). *In vitro* callus induction and plant regeneration of rice (*Oryza sativa* L.) var. 'Sita', 'Rupali' and 'Swarna Masuri'. *Asian J. Plant Sci. Res.*, 5(5), 24–27.
30. Kronbak, R., Ingvarsdén, R. C., Madsen, K. C., & Gregersen, L. P. (2014). A novel approach to the generation of seamless constructs for plant transformation. *Plant Methods.*, 10, 10. doi: 10.1186/1746 4811 10 10
31. De Riso, V., Raniello, R., Maumus, F. et al. (2009). Gene silencing in the marine diatom *Phaeodactylum tricoratum*. *Nucleic Acids Res.*, 37(14), e96. doi: 10.1093/nar/gkp448
32. *Transgenic Res.* 2008. Vol. 17, Iss. 3. P. 425–436. doi: 10.1007/s11248 007 9116 9
4. Hayta S., Smedley M. A., Demir S. U. et al. An efficient and reproducible *Agrobacterium* mediated transformation method for hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Methods.* 2019. Vol. 26. 121. doi: 10.1186/s13007 019 0503 z
5. Dale P. J., Marks M. S., Brown M. M. et al. Agroinfection of wheat: inoculation of *in vitro* grown seedlings and embryos. *Plant Sci.* 1989. Vol. 63, Iss. 2. P. 237–245. doi: 10.1016/0168 9452(89)90249 5
6. Dattgönde N., Tiwari S., Sapre S., Gontia Mishra I. Genetic transformation of oat mediated by *Agrobacterium* is enhanced with sonication and vacuum infiltration Iranian. *Iran J. Bio technol.* 2019. Vol. 17, Iss. 1. e1563. doi: 10.21859/ijb.1563
7. Kumar R., Mamrutha H. M., Kaur A. et al. Optimization of *Agrobacterium* transformation in spring bread wheat using mature and immature embryos. *Mol. Biol. Rep.* 2019. Vol. 46, Iss. 2. P. 1845–1853. doi: 10.1007/s11033 019 04637 6
8. Hensel G., Marthe C., Kumlehn J. *Agrobacterium* mediated transformation of wheat using immature embryos. *Methods Mol. Biol.* 2017. Vol. 1679. P. 129–131. doi: 10.1007/978 1 4939 7337 8\_8
9. He Y., Jones H. D., Chen S. et al. *Agrobacterium* mediated transformation of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum* cv Stewart) with improved efficiency. *J. Exp. Bot.* 2010. Vol. 61, Iss. 6. P. 1567–1581. doi: 10.1093/jxb/erq035
10. Medvecká E., Harwood W. A. Wheat (*Triticum aestivum* L.) transformation using mature embryos. *Methods Mol. Biol.* 2015. Vol. 1223. P. 199–209. doi: 10.1007/978 1 4939 1695 5\_16
11. Tague B. W., Mantis J. *In planta Agrobacterium* mediated transformation by vacuum infiltration. *Arabidopsis Protocols. Vol. 123. Methods in Molecular Biology.* Totowa, New Jersey : Humana Press, 2006. P. 215–223. doi: 10.1385/1 59745 003 0:215
12. Luria S. E., Burrous J. W. Hybridization between *Escherichia coli* and *Shigella*. *J. Bacteriol.* 1957. Vol. 74, Iss. 4. P. 461–476
13. Chauhan H., Khurama P. Wheat genetic transformation using mature embryos as explants. *Methods Mol. Biol.* 2017. Vol. 1679. P. 153–210. doi: 10.1007/978 1 4939 7337 8\_10
14. Sparks C. A., Doherty A., Jones H. D. Genetic transformation of wheat via *Agrobacterium* mediated DNA delivery. *Methods Mol. Biol.* 2014. Vol. 1099. P. 235–250. doi: 10.1007/978 1 62703 715 0\_19
15. Dargahlou S. A., Uliäie E. D., Bandehagh A. Callus induction and plant regeneration from mature embryos of some Iranian wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *J. Bio. Env. Sci.* 2017. Vol. 10, Iss. 5. P. 275–283.
16. Karami O. Factors affecting *Agrobacterium* mediated transformation of plants. *Transgenic Plant J.* 2008. Vol. 2, Iss. 2. P. 127–137.
17. Ishida Y., Tsunashima M., Hiei Y., Komari T. Wheat (*Triticum aestivum* L.) transformation using immature embryos. *Methods Mol. Biol.* 2015. Vol. 1223. P. 189–198. doi: 10.1007/978 1 4939 1695 5\_15
18. Wu H., Sparks C., Amoah B., Jones H. D. Factors influencing successful *Agrobacterium* mediated genetic transformation of wheat. *Plant Cell Rep.* 2003. Vol. 21, Iss. 7. P. 659–668. doi: 10.1007/s00299 002 0564 7
19. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Phys. Plant.* 1962. Vol. 15, Iss. 3. P. 473–497. doi: 10.1111/j.1399 3054.1962.tb08052.x
20. Manfroï E., Yamazaki Lau E., Grando M. F., Roesler E. A. Acetosyringone, pH and temperature effects on transient genetic transformation of immature embryos of Brazilian wheat genotypes by *Agrobacterium tumefaciens*. *Genet. Mol. Biol.* 2015. Vol. 38, Iss. 4. P. 470–476. doi: 10.1590/S1415 475738420150026
21. Aramrak A., Kidwell K. K., Steber C. M., Burke I. C. Molecular and phylogenetic characterization of the homoeologous EPSP Synthase genes of allohexaploid wheat, *Triticum aestivum* (L.). *BMC Genomics.* 2015. Vol. 16. 844. doi: 10.1186/s12864 015 2084 1

## Використана література

1. Hamada H., Liu Y., Nagira Y. et al. Biolistic delivery based transient CRISPR/Cas9 expression enables in planta genome editing in wheat. *Sci. Rep.* 2018. Vol. 8. 14422. doi: 10.1038/s41598 018 32714 6
2. Jones H. D., Doherty A., Wu H. Review of methodologies and a protocol for the *Agrobacterium* mediated transformation of wheat. *Plant Methods.* 2005. Vol. 1. 5. doi: 10.1186/1746 4811 1 5
3. Wu H., Doherty A., Jones H. D. Efficient and rapid *Agrobacterium* mediated genetic transformation of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) using additional virulence genes.



22. Bliffeld M., Mundy J., Potrykus I., Fuktterer J. Genetic engineering of wheat for increased resistance to powdery mildew disease. *Theor Appl. Genet.* 1999. Vol. 98. P. 1079–1086. doi: 10.1007/s001220051170
23. Ma B., Mayfield M. B., Gold M. H. The Green fluorescent protein gene functions as a reporter of gene expression in *Phanerochaete chrysosporium*. *Appl. Env. Micro.* 2001. Vol. 67, Iss. 2. P. 948–955. doi: 10.1128/AEM.67.2.948-955.2001
24. Jordan M. C. Green fluorescent protein as a visual marker for wheat transformation. *Plant Cell Rep.* 2000. Vol. 19, Iss. 11. P. 1069–1075. doi: 10.1007/s002990000246
25. Кирієнко А. В., Парій М. Ф., Кучук М. В., Симоненко Ю. В., Щербак Н. Л. Розроблення ефективної методики індукції калюсогенезу зі зрілих зародків *Triticum spelta* L. та *T. aestivum* L. *Plant Var. Stud. Prot.* 2019. Т. 15, № 3. С. 259–266. doi: 10.21498/2518-1017.15.3.2019.181084
26. Jefferson R. Assaying chimeric genes in plants: the GUS gene fusion system. *Plant Mol. Biol. Rep.* 1987. Vol. 5. P. 387–405. doi: 10.1007/bf02667740
27. Béziat C., Kleine Vehn J., Feraru E. Histochemical staining of  $\beta$  Glucuronidase and its spatial quantification. *Methods Mol. Biol.* 2017. Vol. 1497. P. 73–80. doi: 10.1007/978-1-4939-6469-7\_8
28. Porebski S., Bailey L. G., Baum B. R. Modification of a CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components. *Plant Mol. Biol. Rep.* 1997. Vol. 15, Iss. 1. P. 8–15. doi: 10.1007/BF02772108
29. Gouranga U., Moutushi S., Amitava R. *In vitro* callus induction and plant regeneration of rice (*Oryza sativa* L.) var. 'Sita', 'Rupali' and 'Swarna Masuri'. *Asian J. Plant Sci. Res.* 2015. Vol. 5, Iss. 5. P. 24–27
30. Kronbak R., Ingvarsdson R. C., Madsen K. C., Gregersen L. P. A novel approach to the generation of seamless constructs for plant transformation. *Plant Methods.* 2014. Vol. 10. doi: 10.1186/1746-4811-10-10
31. De Riso V., Raniello R., Maumus F. et al. Gene silencing in the marine diatom *Phaeodactylum tricornutum*. *Nucleic Acids Res.* 2009. Vol. 37, Iss. 14, e96. doi: 10.1093/nar/gkp448

УДК 602.7:57.085.2:633.111.5

**Кирієнко А. В.<sup>1,2\*</sup>, Кучук М. В.<sup>1</sup>, Щербак Н. Л.<sup>1</sup>, Парій М. Ф.<sup>2,3</sup>, Симоненко Ю. В.<sup>1,2</sup>** Експресія генів *gus* та *gfp* у амфідиплоїдній пшениці спельти (*Triticum spelta* L.) після *Agrobacterium* опосередкованої трансформації. *Plant Varieties Studying and Protection.* 2020. Т. 16, № 1. С. 103–113. <https://doi.org/10.21498/25181017.16.1.2020.201377>

<sup>1</sup>Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, вул. Академіка Заболотного, 148б, м. Київ, 03143, Україна, \*e mail: anastasija.kirienko@gmail.com

<sup>2</sup>Всеукраїнський науковий інститут селекції, вул. Васильківська, 30, м. Київ, 03022, Україна

<sup>3</sup>Національний університет біоресурсів та природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

**Мета.** Дослідити експресію генів *gus* та *gfp* в калюсних експлантах амфідиплоїдній пшениці спельти (*Triticum spelta* L.) після *Agrobacterium* опосередкованої генетичної трансформації. **Методи.** Для трансформації було обрано сорт пшениці спельти озимої 'Європа'. Як експланти використовували калюси, отримані зі зрілих зародків. Прекультивування калюсів здійснювали на живильному середовищі МС (Мурасіге–Скуга), доповненому 2 мг/л 2,4 Д (2,4 дихлорфеноксоцтова кислота) та 10 мг/л нітратом срібла. Для генетичної трансформації використовували *Agrobacterium tumefaciens* Сопп., штам GV3101, та генетичну конструкцію з репортерними генами *gus* (ген бета глюкуронідази ( $\beta$  glucuronidase)) та *gfp* (ген зеленого флюоресцентного білка (Green Fluorescent Protein, GFP)). Калюси трансформували шляхом інокуляції з агробактеріями та вакуумною інфільтрацією. Далі їх культивували на середовищі МС із 2 мг/л 2,4 Д та 10 мг/л AgNO<sub>3</sub>, але без антибіотиків. Експресію гена *gus* перевіряли за допомогою гістохімічного, а гена *gfp* – візуального аналізу (флуоресценція білка GFP в УФ світлі). Рівні експресії генів *gfp* та *gus* оцінювали за допомогою програмного забезпечення ІмажеJ. Інтеграцію генів *gfp* та *gus* в геном спельти перевіряли методом ПЛР.

**Результати.** Генетична трансформація калюсних експлантів спельти шляхом їхньої інокуляції в живильному середовищі з агробактеріями та вакуумною інфільтрацією відбувалась з різною частотою. Рівень експресії гена *gus* за вакуумної інфільтрації становив 4,66 ± 0,74%, за інокуляції – 4,00 ± 0,91%; а гена *gfp* за вакуумної інфільтрації – 3,66 ± 0,74%, за інокуляції – 4,66 ± 1,39%. Рівень експресії гена *gfp* був вищим у разі використання інокуляції з агробактеріями, а гена *gus* – при вакуумній інфільтрації. За допомогою ПЛР аналізу було підтверджено інтеграцію генів *gfp* та *gus* в геном калюсів спельти. Довжина ПЛР продукту із праймерами до гена *gus* становила 240 п. н., а до гена *gfp* – 717 п. н. **Висновки.** Використання методів вакуумної інфільтрації та інокуляції для генетичної трансформації спельти дали різні результати. Частота генетичної трансформації коливалась від 3,66 до 4,66%. *Agrobacterium* опосередкована генетична трансформація амфідиплоїдній пшениці спельти дозволяє дослідити експресію репортерних генів *gus* та *gfp* за використання калюсних експлантів, отриманих із зрілих зародків.

**Ключові слова:** *Triticum spelta* L.; спельта; калюсогенез; ген *gus*; ген *gfp*; генетична трансформація.

УДК 602.7:57.085.2:633.111.5

Кириенко А. В.<sup>1,2\*</sup>, Кучук М. В.<sup>1</sup>, Щербак Н. Л.<sup>1</sup>, Парий М. Ф.<sup>2,3</sup>, Симоненко Ю. В.<sup>1,2</sup> Экспрессия генов *gus* и *gfp* у амфидиплоидной пшеницы спельты (*Triticum spelta* L.) после *Agrobacterium* опосредованной трансформации // Plant Varieties Studying and Protection. 2020. Т. 16, № 1. С. 103–113. <https://doi.org/10.21498/25181017.16.1.2020.201377>

<sup>1</sup>Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины, ул. Академика Заболотного, 148б, г. Киев, 03143, Украина, \*e mail: anastasija.kirienko@gmail.com

<sup>2</sup>Всеукраинский научный институт селекции, ул. Васильковская, 30, г. Киев, 03022, Украина

<sup>3</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Украина, 03041, г. Киев, ул. Героев Оборона, 15

**Цель.** Исследовать экспрессию генов *gus* и *gfp* в каллюсных эксплантах амфидиплоидной пшеницы спельты (*Triticum spelta* L.) после *Agrobacterium* опосредованной генетической трансформации. **Методы.** Для трансформации был выбран сорт пшеницы спельты озимой 'Европа'. В качестве эксплантов использовали каллюсы, полученные из зрелых зародышей. Для прекультивации каллюсов использовали питательную среду МС (Мурасиге–Скуга), дополненную 2 мг/л 2,4 Д (2,4 дихлорфеноксисульфатная кислота) и 10 мг/л нитратом серебра. Для генетической трансформации использовали *Agrobacterium tumefaciens* Copt., штамм GV3101, и генетическую конструкцию, содержащую репортерные гены *gus* (ген бета-глюкуронидазы) и *gfp* (ген зеленого флуоресцентного белка GFP). Каллюсы трансформировали путем инокуляции с агробактериями и вакуумной инфильтрацией. Далее их культивировали на среде МС с 2 мг/л 2,4 Д и 10 мг/л AgNO<sub>3</sub>, но без антибиотиков. Экспрессию гена *gus* проверяли с помощью гистохимического анализа, а гена *gfp* – визуального (флуоресценция белка GFP в UV свете). Уровни экспрессии генов *gfp* и *gus* оценивали с помощью программного обеспечения ImageJ. Интеграцию генов *gfp* и *gus* в геном спельты проверяли методом ПЦР. **Результаты.** Генетическая транс-

формация каллюсных эксплантов спельты путем их инокуляции в питательной среде с агробактериями и вакуумной инфильтрацией происходила с разной частотой. Уровень экспрессии гена *gus* при вакуумной инфильтрации составил 4,66 ± 0,74%, а при инокуляции – 4,00 ± 0,91%, а гена *gfp* при вакуумной инфильтрации – 3,66 ± 0,74%, а при инокуляции – 4,66 ± 1,39%. Уровень экспрессии гена *gfp* был выше в случае использования инокуляции с агробактериями, а гена *gus* – при вакуумной инфильтрации. При помощи ПЦР анализа была подтверждена интеграция генов *gfp* и *gus* в геном каллюсов спельты. Длина ПЦР продукта с праймерами к гену *gus* составила 240 п. н., а для гена *gfp* – 717 п. н. **Выводы.** Использование методов вакуумной инфильтрации и инокуляции для генетической трансформации спельты дали разные результаты. Частота генетической трансформации колебалась от 3,66 до 4,66%. *Agrobacterium* опосредованная генетическая трансформация амфидиплоидной пшеницы спельты позволяет исследовать экспрессию репортерных генов *gus* и *gfp* при использовании каллюсных эксплантов, полученных из зрелых зародышей.

**Ключевые слова:** *Triticum spelta* L.; спельта; каллюсогенез; ген *gus*; ген *gfp*; генетическая трансформация.

Надійшла / Received 14.02.2020  
Погоджено до друку / Accepted 22.03.2020

## К 90 летию со дня рождения А. А. Созинова

Алексей Алексеевич Созинов советский и украинский растениевод, генетик и селекционер сельскохозяйственных растений, д-р с.-х. наук, профессор, академик НАН Украины и НААН Украины.

А. А. Созинов родился 26 апреля 1930 года в селе Ержово Рыбницкого района Молдавской ССР. После окончания учебы в 1954 году на агрономическом факультете Одесского сельскохозяйственного института году поступил в аспирантуру Всесоюзного селекционно-генетического института (Одесса). Здесь началась его научная, а впоследствии активная и плодотворная организационная деятельность.

После аспирантуры Алексей Алексеевич в течение года работал научным сотрудником отдела селекции пшеницы. В 1959 году в Одесском сельскохозяйственном институте им была успешно защищена кандидатская диссертация «Пивоваренный ячмень на юге Украины». С 1961 года А. А. Созинов становится заведующим лабораторией качества зерна Всесоюзного селекционно-генетического института, которую возглавляет в течение 10 лет, с 1966 года одновременно, заместитель директора института по научной работе.

По инициативе А. А. Созинова в институте были предприняты действенные шаги по переориентированию научных программ с лысенковского направления на рельсы классической генетики. Уже в первые 5 лет были основаны новые, признанные в мире научные школы: изучения генетики типа и скорости развития пшениц (А. Ф. Стельмах и др.), молекулярной генетики с/х растений – структура генома (Ю. М. Сиволап и др.), культуры *in vitro* клеток и тканей селектурируемых в институте растений – биотехнология (С. Ф. Лукьянюк и др.), генетики биохимических признаков зерновых культур (А. А. Созинов, Ф. А. Попереля, А. И. Рыбалка).

Уже будучи директором института, в 1970 году А. А. Созинов защищает в Харьковском НИИ растениеводства, селекции и генетики докторскую диссертацию «Качество зерна пшеницы Юга Украины и пути его улучшения» по специальности – растениеводство.

С 1971 года под руководством А. А. Созинова институт выступает координатором

всех селекционно-генетических учреждений отделения растениеводства и селекции ВАСХНИЛ по комплексной программе теоретических основ селекции, а после подписания договора правительствами стран СЭВ о научном сотрудничестве по изучению теоретических основ селекции зерновых колосовых культур, куратором данного направления.

В это время докторские диссертации успешно защитили Ю. К. Кобелев, С. Ф. Лыфенко, А. Ф. Стельмах, Г. К. Дремлюк, Н. М. Терещенко, В. Д. Наволоцкий, В. В. Бурлов, А. А. Линчевский, В. И. Сичкар, а через несколько лет – А. А. Белоусов, Н. А. Киндрук и В. К. Симоненко.

Когорту бывших аксакалов-академиков (Ф. Г. Кириченко, Д. А. Долгушин, П. Ф. Гаркавий, А. С. Мусийко) пополняют из числа сотрудников института новые академики А. А. Созинов, Л. К. Сечняк, С. Ф. Лыфенко, А. Ф. Стельмах, Ю. М. Сиволап, А. А. Линчевский, Н. А. Литвиненко, члены-корреспонденты В. М. Соколов, А. П. Левицкий, а в последние годы – С. В. Чеботар, В. И. Файт, А. И. Рыбалка.

Основные вехи деятельности А. А. Созинова после отъезда из Одессы в 1978 году: первый вице-президент ВАСХНИЛ (1978–1982, Москва) и заведующий лабораторией биохимической генетики Института общей генетики АН СССР (1978–1981); директор Института общей генетики АН СССР (1981–1987); председатель Президиума Южного отделения ВАСХНИЛ и заместитель председателя Госагропрома УССР (1987–1990, Киев); основатель и первый президент УААН (ныне НААН Украины, 1990–1996); член Президиума НАН Украины (с 1987, в последние годы – советник Президиума НАН Украины); основатель и заведующий кафедрой агроэкологии и биотехнологии Национального аграрного университета (с 1994, ныне НУБиП); заведующий лабораторией Института точной биологии и генетической инженерии (с 2002, ныне ГУ «Институт пищевой биотехнологии и геномики НАН»).

Ушел из жизни А. А. Созинов 4 августа 2018 года в Киеве.

*А. Ф. Стельмах, В. И. Файт*



