

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ № 4 (33) '2016

СОРТОВИВЧЕННЯ

ТА ОХОРОНА ПРАВ НА СОРТИ РОСЛИН

Журнал — фаховий

Наказ МОН України № 515 від 16 травня 2016 р.
(сільськогосподарські та біологічні науки)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

С. І. Мельник (шеф-редактор)
В. В. Моргун (головний редактор)
М. М. Гаврилюк (заступник головного редактора)
В. М. Соколов (заступник головного редактора)
Г. М. Каражбей (відповідальний секретар)
Б. Барнабас (Угорщина)
Г. Бентівенга (Італія)
А. О. Белоусов
Я. Бріндза (Словацька Республіка)
Н. Е. Волкова
З. Гаїле (Латвійська Республіка)
С. І. Гриб (Республіка Білорусь)
О. П. Даскалюк (Республіка Молдова)
Б. В. Дзюбецький
Ж. Дешпегель (Французька Республіка)
О. В. Дубровна
Н. В. Заїменко
Ж. Ерве (Французька Республіка)
О. О. Іващенко
В. Ф. Камінський
В. В. Кириченко
М. О. Кіндрок
В. Л. Курило
В. А. Кунах
І. Лазаров (Республіка Болгарія)
М. А. Литвиненко
А. А. Лінчевський
В. О. Лях
В. Меженський
Є. Міладінович (Республіка Сербія)
О. І. Моргунов (Туреччина)
П. Пирван (Республіка Молдова)
В. Ф. Петриченко
О. І. Присяжнюк
В. М. Попов
О. І. Рибалка
О. І. Рудник-Іващенко
В. І. Січкач
Б. В. Сорочинський
О. М. Смоляр
О. С. Стасик
А. Ф. Стельмах
Л. В. Хотильова (Республіка Білорусь)
С. В. Чеботар
В. В. Швартау



УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ЕКСПЕРТИЗИ СОРТІВ РОСЛИН

СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНИЙ
ІНСТИТУТ – НАЦІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР
НАСІННЄЗНАВСТВА
ТА СОРТОВИВЧЕННЯ НААН

ІНСТИТУТ ФІЗІОЛОГІЇ РОСЛИН
І ГЕНЕТИКИ НАН УКРАЇНИ

Журнал виходить чотири рази на рік
Заснований у 2005 р.

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ 21882–11782ПР
від 23.02.2016 р.

За достовірність викладених
у публікаціях фактів відповідають
автори

Рекомендовано до друку
Вченою радою Українського інституту
експертизи сортів рослин
(Протокол № 7 від 16.11.2016)

Адреса редакційної колегії:

Український інститут
експертизи сортів рослин
вул. Генерала Родимцева, 15
м. Київ-41, Україна, 03041

<http://journal.sops.gov.ua/>
e-mail: journal@sops.gov.ua
тел.: +38 044 258-34-56,
факс: +38 044 257-99-63

Науковий редактор Смоляр О. М.
Літературний редактор Козловська М. С.
Технічний редактор Половинчук О. Ю.
Комп'ютерна верстка Бойко А. І.

Підписано до друку 26.12.2016
Формат 60x84 1/8. Папір офсетний.
Ум.-др. арк.
Тираж 250 прим. Зам. 500/2016

Друкарня
ФОП Корзун Д. Ю.
вул. 600-річчя,
м. Вінниця, Україна, 21027
Тел.: (0432) 603-000.
e-mail: 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, 2016

© Селекційно-генетичний інститут –
Національний центр насіннєзнавства
та сортівивчення, 2016

© Інститут фізіології рослин і генетики
НАН України, 2016

Journal – specialized publications

Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine
No. 515 as of May 16, 2016
(agricultural and biological sciences)

EDITORIAL BOARD

S. Melnyk (Editor-in-Chief)
V. Morgun (Head editor)
M. Gavrylyuk (Deputy leading editor)
V. Sokolov (Deputy leading editor)
H. Karazhbei (Executive Secretary)
B. Barnabas (Hungary)
G. Bentivenga (Italy)
A. Bielousov
J. Brindza (Slovak Republic)
N. Volkova
Z. Gaile (Republic of Latvia)
S. Grib (Republic of Belarus)
O. Dascaluiuk (Republic of Moldova)
B. Dziubetskyi
J. Despeghel (Republic of France)
O. Dubrovna
N. Zaimenko
J. Herve (Republic of France)
O. Ivashchenko
V. Kaminskyi
V. Kyrychenko
M. Kindruk
V. Kurylo
V. Kunakh
I. Lazarov (Republic of Bulgaria)
M. Lytvynenko
A. Linchevskyi
V. Lyakh
V. Mezhenksyj
E. Miladinovich (Republic of Serbia)
A. Morgunov (Turkey)
P. Pirvan (Republic of Moldova)
V. Petrychenko
O. Prysiazhniuk
V. Popov
O. Rybalka
O. Rudnyk-Ivashchenko
V. Sichkar
B. Sorochnyskiy
O. Smoliar
O. Stasyk
A. Stelmakh
L. Khotyleva (Republic of Belarus)
S. Chebotar
V. Schwartau



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. 7 November 16, 2016)

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

<http://journal.sops.gov.ua/>
e-mail: journal@sops.gov.ua
tel.: +38 044 258-34-56,
fax: +38 044 257-99-63

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Science editor | O. M. Smoliar |
| Literary editor | M. S. Kozlovska |
| Technical editor | O. Yu. Polovynchuk |
| Computer-aided makeup | A. I. Boyko |

Signed to print 26.12.2016
Format 60x84 1/8. Offset Paper.
Conventional printed sheet.
250 numbers of copies. Order 500/2016

Printing office
Individual entrepreneur Korzun D. Yu.
600-richchia st.
Vinnytsia, 21027 Ukraine
tel.: +38 (0432) 603-000.
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>

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

Languages of publication:
Ukrainian, English, Russian

© Ukrainian Institute for Plant Variety
Examination, formatting, makeup, 2016

© Plant Breeding & Genetics Institute –
National Center of Seeds and Cultivar
Investigation, 2016

© Institute of Plant Physiology and
Genetics, National Academy of Sciences
of Ukraine, 2016

ЗМІСТ

СОРТОВИВЧЕННЯ ТА СОРТОЗНАВСТВО

С. В. Васьківська, В. І. Чижанькова
Колекція чайно-гібридних троянд у Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України

5

СЕЛЕКЦІЯ ТА НАСІННИЦТВО

В. М. Кір'ян, М. В. Кір'ян, Р. С. Вискуб
Генетичні ресурси як вихідний матеріал для створення нових сортів пшениці м'якої озимої

10

Я. Д. Фучило, О. О. Афонін, М. В. Сбитна
Селекційні основи виведення нових сортів родини Вербові (*Salicaceae* Mirb.) для створення енергетичних плантацій

18

ГЕНЕТИКА

Ю. О. Гончаров, Т. М. Сатарова, Б. В. Дзюбецький, В. Ю. Черчель
Алельний стан ключових генів каротиногенезу за ДНК-маркерами у лінії кукурудзи та їхніх гібридів

26

Н. Е. Волкова
Банки ДНК рослин для збереження генетичних ресурсів (огляд)

33

РОСЛИННИЦТВО

О. А. Демидов, В. М. Гудзенко, С. П. Васильківський
Вплив метеорологічних умов вегетаційного періоду на врожайність ячменю озимого в Лісостепу України

39

К. М. Олійник, Г. В. Давидюк, Л. Ю. Блажевич, Л. В. Худолій
Вплив елементів технології вирощування на врожайність та якість зерна пшениці озимої

45

О. І. Присяжнюк, Л. В. Король
Оцінка сортів гороху на основі кореляції кількісних ознак та індексів

51

БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОБЕЗПЕКА

Ж. В. Вдовиченко, В. Г. Спиридонов, С. В. Хомутовська, М. Ф. Парій
Метод визначення сортової чистоти (типовості), гібридності, стерильності партій насіння на основі встановлення кількісного співвідношення алелів ДНК-маркерів

56

Л. М. Присяжнюк, Ю. В. Шитікова, О. О. Волчков
Розробка мультиплексної системи ПЛР для ідентифікації цукрових буряків, толерантних до дії гліфосату

63

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

О. І. Рудник-Івашченко, Л. М. Михальська, В. В. Швартау
Особливості накопичення неорганічних елементів у насінні лікарських рослин – гірчиці білої (*Sinapis alba* L.) та чорної (*Brassica nigra* L.)

71

CONTENTS

VARIETY STUDYING AND VARIETY SCIENCE

S. V. Vaskivska, V. I. Chyzhankova
Collection of hybrid tea roses at M. M. Hryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine

5

BREEDING AND SEED PRODUCTION

V. M. Kirian, M. V. Kirian, R. S. Vyskub
Genetic resources as initial material for developing new soft winter wheat varieties

10

Ya. D. Fuchylo, A. A. Afonin, M. V. Sbytna,
Selection bases of developing new varieties of willow family (*Salicaceae* Mirb.) to create energy plantations

18

GENETICS

Yu. O. Goncharov, T. M. Satarova, B. V. Dzubetsky, V. Yu. Cherchel
Allelic status of key genes of carotenogenesis on DNA-markers in maize lines and their hybrids

26

N. E. Volkova
Plant DNA banks for genetic resources conservation (review)

33

PLANT PRODUCTION

O. A. Demydov, V. M. Hudzenko, S. P. Vasytkivskyi
Impact of weather conditions during the growing season on winter barley yield in the Forest-Steppe zone of Ukraine

39

K. M. Oliinyk, G. V. Davydiuk, L. Yu. Blazhevych, L. V. Khudoliy
Impact of cultivation technologies elements on winter wheat grain productivity and quality

45

O. I. Prysiazhniuk, L. V. Korol
Evaluation of pea varieties based on correlation of quantitative traits and indices

51

BIOTECHNOLOGY AND BIOSAFETY

Zh. V. Vdovychenko, V. H. Spirydonov, S. V. Khomutovska, M. F. Parii
Method for determination of varietal purity (typicality), hybridity, sterility of seed lots based on the establishment of the quantitative ratio of alleles of DNA markers

56

L. M. Prysiazhniuk, Yu. V. Shytikova, O. O. Volchkov
Development of multiplex PCR system for identification of glyphosate-tolerant sugar beet

63

PLANT OF PHYSIOLOGY

O. I. Rudnyk-Ivashchenko, L. M. Mykhalska, V. V. Schwartau
Features of accumulation of inorganic elements in seeds of white mustard (*Sinapis alba* L.) and black mustard (*Brassica nigra* L.)

71

Л. В. Чеботарьова

Сортові особливості активності лектинів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) на ранніх етапах онтогенезу **76**

L. V. Chebotariova

Varietal features of lectin activity of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) at the early stages of ontogenesis

РИНОК СОРТІВ

О. А. Демидов, С. О. Хоменко, І. В. Федоренко, М. В. Федоренко, Р. М. Близнюк

Нові сорти пшениці ярої 'Панянка' та 'Діана'

82 New spring wheat varieties 'Panianka' and 'Diana'

VARIETY MARKET

O. A. Demydov, S. O. Khomenko, I. V. Fedorenko, M. V. Fedorenko, R. M. Blyzniuk

ІСТОРІЯ НАУКИ

О. С. Дем'янюк, Л. А. Глущенко

Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень (присвячено 100-річчю заснування Дослідної станції лікарських рослин) **87**

O. S. Demianiuk, L. A. Glushchenko

Medicinal plants: traditions and study prospects (devoted to the 100th anniversary of establishing the Experimental Station of Medicinal Plants)

В. М. Самородов, О. М. Байрак, Н. В. Чувікіна, Д. Б. Рахметов, С. В. Клименко, Л. І. Буюн, Ю. В. Буйдін

Академік М. М. Гришко – видатний український вчений-сортознавець **94**

V. M. Samorodov, O. M. Bairak, N. V. Chuvikina, D. B. Rakhmetov, S. V. Klymenko, L. I. Buiun, Yu. V. Buidin

Academician M. M. Hryshko – the prominent sort expert in Ukraine

HISTORY OF SCIENCE

СОРТОВИВЧЕННЯ ТА СОРТОЗНАВСТВО

УДК 582.711.712:[581.522.4+581.95]:[58:069.029](477-25)

[http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88551](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88551)

Колекція чайно-гібридних троянд у Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України

С. В. Васьківська¹, В. І. Чижанькова²

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

² Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України, вул. Тімірязєвська, 1, м. Київ, Україна, 01014,
e-mail: clair_de_lune@rambler.ru

Мета. Проаналізувати колекцію чайно-гібридних троянд за країнами походження, забарвленням квіток, роками створення. На основі оцінки декоративних властивостей та господарсько-цінних ознак сучасних сортів виділити найкращі для озеленення. **Методи.** Польові, порівняльний аналіз, узагальнення. **Результати.** Проаналізовано колекційний фонд троянд Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка (м. Київ). Внаслідок проведеного скринінгу колекції виявлено 141 сорт чайно-гібридних троянд. Здійснено аналіз колекції чайно-гібридних троянд за країнами походження, забарвленням квіток, роками створення. Складено опис сучасних (створених після 2000 року) сортів і виконано оцінку рівня їх декоративності, господарсько-цінних ознак. **Висновки.** Аналіз колекції чайно-гібридних сортів свідчить, що переважна її частина – сорти з квітками червоного та рожевого кольорів, створені в 1961–2000 рр. у країнах Західної Європи. Згідно з результатами оцінки сучасних сортів за декоративними властивостями та господарсько-цінними ознаками 10 чайно-гібридних сортів рекомендовано для використання в ландшафтному будівництві: 'Akvarel Rose Park', 'Alain Souchon', 'Aphrodite', 'Chippendale', 'Edith Piaf', 'Laetitia Casta', 'Line Renaud', 'My Girl', 'Pullman Orient Express', 'Terracotta'.

Ключові слова: сорти, рівень декоративності, господарсько-цінні ознаки.

Вступ

У ботанічних садах створюють величезні колекції рослин, які є джерелами для теоретичних обґрунтувань та практичних рекомендацій в галузі інтродукції, акліматизації, збереження генофонду рідкісних рослин, генетики та селекції. Теорія інтродукції розвивалась насамперед у напрямі оптимізації й розширення методів добору інтродуцентів [1].

Колекцію троянд Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України (НБС) почали створювати в 50-х роках ХХ ст. Основою її стали саджанці троянд, які були придбані в Німеччині в 1946 р. [2, 3]. У подальшому колекцію поповнювали з ботанічних садів і дендропарків, головним чином Нікітського ботанічного

саду (Ялта), Головного ботанічного саду Російської академії наук (Москва), Латвійського ботанічного саду (Саласпілс), Ботанічного саду Академії наук Польщі (Варшава), дендропарку «Софіївка» (Умань). Багато нових сортів надходило із садових центрів та від аматорів. Всього було випробувано близько 3 тис. сортів, значна частина яких виявилася з низьким рівнем декоративності або непластичною до умов вирощування Києва. Колекція троянд НБС нараховує 470 сортів 16 садових груп, серед яких чайно-гібридні троянди вирізняються поодинокими великими квітками вишуканої форми різноманітного забарвлення.

Мета досліджень – проаналізувати колекцію чайно-гібридних троянд за країнами походження, забарвленням квіток, роками створення. На основі оцінки декоративних властивостей та господарсько-цінних ознак сучасних сортів виділити найкращі для озеленення.

Svitlana Vaskivska

<https://orcid.org/0000-0002-9890-9938>

Valentyna Chyzhankova

<https://orcid.org/0000-0002-3372-9784>

Матеріали та методика досліджень

Досліджували колекцію чайно-гібридних троянд Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України. Оцінку колекції троянд проводили за методиками, які розробили В. М. Білов [4], П. М. Лапін, С. В. Сиднева [5]. Опис сортів складено за схемою каталогу *Modern Roses 12* [6] (назва сорту, автор, рік створення, особливості куща, квіток). Згідно з оцінкою сучасних чайно-гібридних сортів визначено можливість їх використання в садово-парковому будівництві.

Результати досліджень

Внаслідок скринінгу колекції НБС встановлено, що чайно-гібридні троянди є найчисленнішою групою (141 сорт) (табл. 1), її частка перевищує 30% загальної кількості сортів колекції НБС.

Таблиця 1
Розподіл сортів колекції троянд НБС за садовими групами (2016 р.)

| Садова група | Кількість сортів | % |
|----------------------|------------------|------|
| Чайно-гібридні | 141 | 30,4 |
| Флорибунда | 63 | 13,0 |
| Шраби | 53 | 11,3 |
| Гібриди шипшин | 47 | 10,0 |
| Виткі великоквіткові | 43 | 9,2 |
| Ґрунтопокривні | 28 | 6,0 |
| Англійські | 27 | 5,7 |
| Канадські | 14 | 3,0 |
| Мініатюрні | 10 | 2,1 |
| Старовинні | 10 | 2,1 |
| Грандіфлора | 8 | 1,7 |
| Рамблери | 8 | 1,7 |
| Ремонтантні | 7 | 1,5 |
| Мускусні | 5 | 1,0 |
| Дрифт | 4 | 0,9 |
| Ефіроолійні | 2 | 0,4 |

Однією з обов'язкових умов сортооцінювання є групування сортів за різними показниками [1]. За проведеною оцінкою встановлено, що більша частина колекції троянд НБС – сорти іноземного походження, великою є частка сортів, які походять з країн Західної Європи (62%) (табл. 2).

Серед численних сортових ознак декоративних рослин забарвлення квітки посідає особливе місце. Сорти чайно-гібридних троянд колекції НБС мають різноманітне забарвлення. Найчисленнішими є сорти, рослини яких мають квітки червоного та рожевого кольорів (табл. 3). Таке саме забарвлення переважає у природних видів. Сорти з квітками помаранчевих, бузкових, теракотових кольорів створено відносно недавно, дикорослі види такого забарвлення не мають.

Таблиця 2
Розподіл сортів колекції чайно-гібридних троянд НБС за країнами походження (2016 р.)

| Країна походження | Кількість сортів | % |
|---------------------------------|------------------|------|
| Франція | 54 | 38,3 |
| Німеччина | 40 | 28,4 |
| США | 21 | 14,9 |
| Україна | 7 | 5,0 |
| Ірландія | 4 | 2,9 |
| Нідерланди | 3 | 2,1 |
| Англія | 2 | 1,4 |
| Бельгія | 3 | 2,1 |
| Нова Зеландія | 3 | 2,1 |
| Росія | 1 | 0,7 |
| Казахстан | 1 | 0,7 |
| Південно-Африканська республіка | 1 | 0,7 |
| Данія | 1 | 0,7 |
| Разом | 141 | 100 |

Таблиця 3
Розподіл сортів колекції чайно-гібридних троянд НБС за забарвленням квіток (2016 р.)

| Забарвлення квіток | Кількість сортів | % |
|--------------------|------------------|------|
| Червоні | 42 | 29,8 |
| Рожеві | 39 | 27,7 |
| Жовті | 17 | 12,1 |
| Помаранчеві | 15 | 10,6 |
| Двоколірні | 13 | 9,2 |
| Білі | 9 | 6,4 |
| Бузкові | 4 | 2,8 |
| Теракотові | 2 | 1,4 |

Розподіл сортів чайно-гібридних троянд за роками створення наведено в таблиці 4.

Таблиця 4
Розподіл сортів колекції троянд НБС за роками створення

| Роки виведення сорту | Кількість сортів | % |
|----------------------|------------------|------|
| 1901–1920 | 1 | 0,7 |
| 1921–1940 | 2 | 1,4 |
| 1941–1960 | 21 | 14,9 |
| 1961–1980 | 65 | 46,1 |
| 1981–2000 | 39 | 28,4 |
| після 2000 | 13 | 8,5 |

Особливу увагу приділяли вивченню сортів, створених після 2000 р., опис яких наведено нижче.

'*Akvarel Rose Park*' (Рубцова, Чижанькова, 2013) – кущ заввишки до 1,2 м, квітки рожевого кольору, великі за розміром (9–10 см), повні (54 пелюстки) (рис. 1).

'*Alain Souchon*' (J. Mochotte, 2000) – кущ заввишки до 1,2 м, квітки червоного кольору, великі за розміром (11 см), повні (75–90 пелюсток), ароматні, форма квітки в стилі «романтика» (рис. 2).



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8



Рис. 9



Рис. 10



Рис. 11



Рис. 12

'*Aphrodite*' (Tantau, 2006) – кущ до 0,8 м, квітки світло-рожевого забарвлення, великі за розміром (10–12 см), повні (40–45 пелюсток), форма квітки в стилі «романтика» (рис. 3).

'*Chippendale*' (Tantau, 2005) – кущ до 0,8 м, квітки помаранчево-рожевого забарвлення, великі за розміром (10–12 см), повні (90 пелюсток), форма квітки в стилі «романтика» (рис. 4).

'*Edith Piaf*' (Meilland, 2000) – кущ до 0,9 м, квітки темно-червоного забарвлення, великі

за розміром (10–11 см), повні (50–65 пелюсток), ароматні (рис. 5).

'*Julio Iglesias*' (Meilland, 2004) – кущ до 0,8 м, квітки кремового забарвлення з червоними смугами, середні за розміром (8 см), повні (70–75 пелюсток), ароматні (рис. 6).

'*Laetitia Casta*' (Meilland, 2009) – кущ до 1,2 м, квітки кремового забарвлення з рожевими зовнішніми пелюстками, великі за розміром (10 см), повні (30 пелюсток), ароматні (рис. 7).

'Line Renaud' (Meilland, 2005) – кущ 0,9–1,2 м, квітки рожевого забарвлення, великі за розміром (9–10 см), повні (35 пелюсток), ароматні, в невеликих суцвіттях (рис. 8).

'My Girl' (Tantau, 2008) – кущ 0,8–1,2 м, квітки білого кольору з жовтим центром, середні за розміром (8–9 см), повні (80 пелюсток), форма квітки в стилі «романтика». Квітки у суцвіттях. Характеризується високим балом стійкості до хвороб (рис. 9).

'Pullman Orient Express' (Twomey & Lim, 2001) – кущ 1,2 м, квітки жовтого кольору з рожевими краями пелюсток, великі за роз-

міром (10 см), повні (45 пелюсток). Характеризується високим балом стійкості до хвороб (рис. 10).

'Red Intuition' (Delbard, 2004) – кущ 0,9 м, квітки червоного кольору зі світлими смугами, повні (31–39 пелюсток), великі за розміром (9 см) (рис. 11).

'Terracotta' (N. Simpson, 2001) – кущ 1,2 м, квітки брунатного забарвлення, великі за розміром (9 см), повні (45 пелюсток) (рис. 12).

Результати оцінки рівня декоративності та господарсько-цінних ознак сучасних сортів чайно-гібридних троянд наведено в таблиці 5.

Таблиця 5

Оцінка декоративності та господарсько-цінних ознак сучасних сортів чайно-гібридних троянд (2011–2015 рр.)

| Сорт | Оцінка декоративності та господарсько-цінних ознак, бали | | | | | | | | | Сумарна кількість балів |
|--------------------------|--|---------------|--------------|------------|--|-----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|
| | забарвлення квіток та його стійкість | розмір квітки | форма квітки | махровість | стійкість квітки до несприятливих умов | кущ (габітус, листки) | оригінальність сорту | рясність цвітіння | загальний стан рослин | |
| 'Акварель Rose Park' | 20 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 25 | 4 | 99 |
| 'Alain Souchon' | 20 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 25 | 5 | 100 |
| 'Aphrodite' | 20 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 25 | 5 | 100 |
| 'Chippendale' | 20 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 25 | 5 | 100 |
| 'Edith Piaf' | 20 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 25 | 5 | 100 |
| 'Julio Iglesias' | 20 | 5 | 10 | 5 | 6 | 6 | 10 | 20 | 3 | 85 |
| 'Laetitia Casta' | 20 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 25 | 5 | 100 |
| 'Line Renaud' | 20 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 25 | 5 | 100 |
| 'My Girl' | 20 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 25 | 5 | 100 |
| 'Pullman Orient Express' | 20 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 25 | 5 | 100 |
| 'Red Intuition' | 20 | 5 | 10 | 5 | 10 | 8 | 10 | 20 | 3 | 91 |
| 'Terracotta' | 20 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 25 | 5 | 100 |

Підсумкова оцінка господарсько-цінних ознак та рівня декоративності становила від 85 до 100 балів.

За результатами оцінки, 10 з 12 сучасних сортів чайно-гібридних троянд ('Акварель Rose Park', 'Alain Souchon', 'Aphrodite', 'Chippendale', 'Edith Piaf', 'Laetitia Casta', 'Line Renaud', 'My Girl', 'Pullman Orient Express', 'Terracotta') рекомендовано для впровадження в ландшафтне будівництво Правобережного Лісостепу.

Висновки

У Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка зібрано колекцію чайно-гібридних троянд, яка нараховує 141 сорт, що становить 30,4% загальної кількості сортів колекції НБС. За результатами скринінгу ця колекція розподілена за країнами походження, роками створення, забарвленням квіток. Аналіз одержаних результатів свідчить, що більша частина колекції чайно-гібридних

троянд – це сорти з квітками червоного та рожевого кольорів, створені в 1961–2000 рр. у Західній Європі. В результаті оцінки рівня декоративності та господарсько-цінних ознак нових (створених після 2000 р.) сортів рекомендовано 10 чайно-гібридних сортів для впровадження в зелене будівництво: 'Акварель Rose Park', 'Alain Souchon', 'Aphrodite', 'Chippendale', 'Edith Piaf', 'Laetitia Casta', 'Line Renaud', 'My Girl', 'Pullman Orient Express', 'Terracotta'. Складено їх детальний опис, необхідний для добору сортів під час створення ландшафтних композицій.

Використана література

1. Камелин Р. В. Биологическое разнообразие и интродукция растений / Р. В. Камелин // Растительные ресурсы. – 1998. – Т. 33, Вып. 3. – С. 1–10.
2. Рубцова О. Л. Рід *Rosa L.* в Україні: генофонд, історія, напрямки досліджень, досягнення та перспективи / О. Л. Рубцова. – К. : Фенікс, 2009. – 343 с.
3. Рубцова О. Л. Підсумки інтродукції та селекції троянд у Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України

- ни / О. Л. Рубцова, В. І. Чижанькова // Інтродукція рослин. – 2016. – № 2. – С. 12–17.
4. Былов В. Н. Основы сортоизучения декоративных растений / В. Н. Былов // Бюллетень ГБС. – 1971. – Вып. 31. – С. 69–71.
 5. Лапин П. И. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений / П. И. Лапин, С. В. Сиднева // Опыт интродукции древесных растений. – М. : Изд-во Гл. бот. сада АН СССР, 1973. – С. 7–67.
 6. Modern Roses 12: The Comprehensive List of Roses in Cultivation or of Historical or Botanical Importance / M. A. Young, Ph. Schorr (eds). – Shreveport, LA : American Rose Society, 2007. – 576 p.
- References**
1. Kamelin, R. V. (1998). Biodiversity and plant introduction. *Rastitel'nye resursy* [Plant resources], 33(3), 1–10. [in Russian]
 2. Rubtsova, O. L. (2009). *Rid Rosa L. v Ukraini: henofond, istoriia, napriamy doslidzhen, dosiahnennia ta perspektyvy* [Genus Rosa L. in Ukraine: gene pool, history, research trends, achievements and prospects]. Kyiv: Feniks. [in Ukrainian]
 3. Rubtsova, O. L., & Chizhankova, V. I. (2016). Results of introduction and breeding of roses in M. M. Hryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine. *Introduktsiya roslin* [Plant Introduction], 2, 12–17.
 4. Bylov, V. N. (1971). Basics of ornamental plant varieties studyng. *Byulleten Glavnogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the Main Botanical Garden], 31, 69–71. [in Russian]
 5. Lapin, P. I., & Sidneva, S. V. (1973). Estimation of perspective-ness of arboreal plants introduction based on data of visual observations. In *Opyt introduktsii drevesnykh rasteniy* [Experience of arboreal plants introduction] (pp. 7–67). Moscow: Izdatelstvo Glavnogo botanicheskogo sada AN SSSR. [in Russian]
 6. Young, M. A., & Schorr, Ph. (Eds.). (2007). *Modern Roses 12: The Comprehensive List of Roses in Cultivation or of Historical or Botanical Importance*. Shreveport, LA: American Rose Society.

УДК 582.711.712:[581.522.4+581.95]:[58:069.029](477-25)

Васьковская С. В.¹, Чижанькова В. И.² Коллекция чайно-гибридных роз в Национальном ботаническом саду имени Н. Н. Гришко НАН Украины // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 5–9. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88551](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88551)

¹Український інститут експертизи сортів рослин, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Київ, 03041, Україна

²Национальный ботанический сад имени Н. Н. Гришко НАН Украины, ул. Тимирязевская, 1, г. Киев, Украина, 01014, e-mail: clair_de_lune@rambler.ru

Цель. Проанализировать коллекцию чайно-гибридных роз по странам происхождения, окраске цветков, годам создания. На основании оценки декоративных свойств и хозяйственно-ценных признаков современных сортов выделить лучшие для озеленения. **Методы.** Полевые, сравнительный анализ, обобщение. **Результаты.** Проанализирован коллекционный фонд роз Национального ботанического сада имени Н. Н. Гришко (г. Киев). В результате проведенного скрининга коллекции выявлен 141 сорт чайно-гибридных роз. Осуществлен анализ коллекции чайно-гибридных роз по странам происхождения, окраске цветков, годам создания. Составлено описание современных (созданных после 2000 года) сортов и выполнена

оценка уровня их декоративности, хозяйственно-ценных признаков. **Выводы.** Анализ коллекции чайно-гибридных сортов показал, что большая ее часть – сорта с цветками красной и розовой окраски, выведенные в 1961–2000 гг. в странах Западной Европы. В соответствии с результатами оценки современных сортов по декоративным свойствам и хозяйственно-ценным признакам 10 чайно-гибридных сортов рекомендованы для использования в ландшафтном строительстве: 'Akvarel Rose Park', 'Alain Souchon', 'Aphrodite', 'Chippendale', 'Edith Piaf', 'Laetitia Casta', 'Line Renaud', 'My Girl', 'Pullman Orient Express', 'Terracotta'.

Ключевые слова: сорта, уровень декоративности, хозяйственно-ценные признаки.

UDC 582.711.712:[581.522.4+581.95]:[58:069.029](477-25)

Vaskivska, S. V.¹, & Chyzhankova, V. I.² (2016). Collection of hybrid tea roses at M. M. Hryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine. *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslin* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 5–9. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88551](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88551)

¹Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva Str., Kyiv, 03041, Ukraine

²M. M. Hryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine, 1 Timiriazivska Str., Kyiv, 01014, Ukraine, e-mail: clair_de_lune@rambler.ru

Purpose. To analyze the collection of hybrid tea roses for the countries of origin, flower color, years of breeding. To select best modern cultivars for use in landscaping basing on evaluation of ornamental properties and economic characters. **Methods.** Field study, comparative analysis, generalization. **Results.** The collection of roses at M. M. Hryshko National Botanical Garden (the city of Kyiv) has been analyzed. After screening the collection, 141 hybrid tea rose varieties have been revealed. The collection of hybrid tea roses varieties has been analyzed for the countries of origin, flower color, years of breeding. Modern varieties (bred after 2000) has been described and their decorative value,

economic characters has been estimated. **Conclusion.** The analysis of the collection of hybrid tea roses showed that most of them are varieties with red and pink flowers bred in 1961–2000 in countries of Western Europe. Evaluation of modern varieties for ornamental properties and economic characters allowed the authors to recommend 10 hybrid tea varieties for use in landscaping, namely: 'Akvarel Rose Park', 'Alain Souchon', 'Aphrodite', 'Chippendale', 'Edith Piaf', 'Laetitia Casta', 'Line Renaud', 'My Girl', 'Pullman Orient Express', 'Terracotta'.

Keywords: varieties, decorative value, economic characters. Надійшла 26.07.2016

Генетичні ресурси як вихідний матеріал для створення нових сортів пшениці м'якої озимої

В. М. Кір'ян*, М. В. Кір'ян, Р. С. Вискуб

Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН, вул. Академіка
Вавилова, 15, с. Устимівка, Глобинський р-н, Полтавська обл., 39074, Україна, *e-mail: uds@kremen.ukrtel.net

Мета. Оцінити колекцію генетичних ресурсів рослин пшениці м'якої озимої (нові колекційні надходження) Устимівської дослідної станції рослинництва та виділити вихідний матеріал для селекції адаптивних, продуктивних та якісних її сортів. **Методи.** Польовий, лабораторний. **Результати.** Наведено результати вивчення понад 1000 зразків генофонду пшениці м'якої озимої з 25 країн в Устимівській дослідній станції рослинництва Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН протягом 2001–2005 рр. за комплексом господарсько-цінних ознак. Виділено понад 400 нових джерел з високими адаптивними властивостями, які поєднують в собі ознаки високої продуктивності з високою якістю зерна, скоростиглістю, стійкістю до біотичних і абіотичних чинників (наведено оцінку зразків за 16 цінними ознаками). Виділений матеріал походить з різних агрокліматичних зон, у т. ч. із зон нестійкого землеробства. **Висновки.** Рекомендовані джерела селекційно-цінних ознак дадуть змогу збагатити високоякісний сортимент пшениці й значно прискорити селекційний процес під час створення нових сортів пшениці м'якої озимої.

Ключові слова: продуктивність, скоростиглість, стійкість до хвороб, зимостійкість, якість продукції, джерела господарсько-цінних ознак.

Вступ

Пшениця є основною хлібною культурою в багатьох країнах світу. Ареал її вирощування є досить широким – від північних полярних районів до Африки та Південної Америки [1]. Пшениця постачає понад 20% усієї кількості харчових калорій для населення земного шару, тому сучасний сорт має відрізнятися високою й стабільною продуктивністю, комплексною стійкістю до несприятливих чинників зовнішнього середовища, захворювань та високою якістю продукції. На цей час у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, зареєстровано 320 сортів, серед них 255 (80%) – українського походження [2]. Проте процес створення універсальних сортів для всіх зон, екологічних ніш і виробничих умов поступово ускладнюється. Нетипові кліматичні умо-

ви останніх років, що обмежують нормальний розвиток рослин, не дають можливості отримувати стабільні очікувані врожаї. Яскравим підтвердженням таких кліматичних змін є глобальне потепління, яке призводить до функціональних порушень в онтогенезі рослин, цим самим істотно впливаючи на їхню продуктивність. Це зумовлює внесення відповідних змін у селекційний процес під час створення сортів. Вирішальним чинником у досягненні поставленого завдання є значне різноманіття вихідного матеріалу, на якому ґрунтується селекція.

Мета досліджень – оцінка колекції генетичних ресурсів рослин пшениці м'якої озимої та виділення нових джерел господарсько-цінних ознак для створення нових сортів пшениці.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили протягом 2001–2005 рр. згідно з науково-технічною програмою «Генетичні ресурси рослин» в умовах Південного Лісостепу України (с. Устимівка, Глобинський р-н, Полтавська обл.). Матеріалом для вивчення була понад 1000 зразків пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.)

Viktor Kirian

<http://orcid.org/0000-0001-8730-8507>

Mykhailo Kirian

<http://orcid.org/0000-0003-3253-4691>

Roman Vyskub

<http://orcid.org/0000-0001-7679-2188>

різного еколого-географічного походження з колекцій Устимівської дослідної станції рослинництва, Національного центру генетичних ресурсів рослин України.

Зразки висівали в оптимальні для цієї зони строки по чорному пару на ділянках 2 м² у триразовій повторності по 400 схожих зерен на 1 м². Стандартами були сорти 'Тіра', 'Ніконія', 'Донецька 48', 'Білоцерківська напівкарликова'. Як еталони використовували сорти 'Українка одеська', 'Альбатрос одеський' (еталони пластичності та високої врожайності), 'Донская полукарликовая' (еталон скоростиглості та крупнозерності), 'Альбидум 114', 'Миронівська 808', 'Безостая 1' (еталони морозостійкості).

Фенологічні спостереження, оцінку стійкості культури до хвороб та несприятливих чинників навколишнього середовища, аналіз структури продуктивності чинників проводили відповідно до методичних вказівок з вивчення колекції пшениці [3, 4] з урахуванням градацій Широкого уніфікованого класифікатора РЕВ роду *Triticum* L. [5]. Навесні візуально здійснювали оцінку стану зовнішнього вигляду зразків пшениці м'якої озимої за 9-бальною шкалою, де балу «1» відповідав дуже поганий стан (збереглося після перезимівлі менше 21% рослин), балу «9» – відмінний стан (збереглося понад 90% рослин). Біохімічні аналізи зерна виконували в лабораторії якості зерна Полтавської державної аграрної академії під керівництвом Г. П. Жемели згідно з прийнятими методиками [6, 7].

Результати досліджень

Більшість селекційних програм сьогодні спрямовані на створення сортів з високим генетичним потенціалом продуктивності та одночасним посиленням ознак, які зумовлюють високу екологічну пластичність.

Зимостійкість

Зимостійкість – одна з найважливіших біологічних властивостей пшениці м'якої озимої, прояв якої, на превеликий жаль, не завжди є стабільним за роками. Тому успішне розв'язання проблеми збереження пшениці під час перезимівлі пов'язане з пошуком нових джерел стійкості до комплексу чинників перезимівлі, що дало б змогу стабільно проявити цю ознаку в різних умовах середовища. За п'ять років лише умови вегетаційного періоду 2002/03 року дали можливість з об'єктивною достовірністю оцінити колекцію м'якої пшениці та виділити джерела зимостійкості. Внаслідок екстремальних несприятливих умов перезимівлі показник оцінки збереження зразків у по-

льових умовах варіював від 1 до 73,6%. Зокрема, в 13% зразків рівень збереження рослин становив від 30 до 70%, у 27% – від 10 до 30%, у решти зразків (60%) – від 1 до 10%. Виробничі посіви пшениці м'якої озимої взимку майже повністю загинули, а ті, що залишилися, були дуже зріджені.

Доцільно зазначити, що сорти-еталони – 'Українка одеська', 'Альбатрос одеський', 'Донская полукарликовая' (III–IV група морозостійкості), збереглися недостатньо (рівень збереження живих рослин варіював у межах 2,3–10%). Такий еталонний сорт вітчизняної селекції, як 'Миронівська 808' (II група морозостійкості), визнаний донором високоефективних генів зимостійкості, в цих умовах забезпечив лише 28,4% збереження живих рослин на ділянці. Заслужують на увагу як джерела зимостійкості сорти, в яких перезимувало 28,4–34,2% рослин: 'Боровинка 1', 'Дар Луганщини', 'Веселка', 'Українська 5' (Україна), 'Лютесценс 2177', 'Казанская 7', 'Донской маяк', 'Зерноградка 9' (Росія), Крацями в умовах зазначеного року були 'Луганчанка' (49,9%), 'Дон 93' (42,5%) та сорт 'Альбидум 114' (I група морозостійкості) – світовий еталон морозостійкості (73,6%).

До групи зразків з рівнем зимостійкості 20–27% (перевищує середній показник) віднесено такі сорти та лінії: 'Дніпровська 127', 'Дріада 1', 'Донецька 6', 'Лінія 2295А/02', 'Харус', 'Еритроспермум 73', 'Київська 9', 'Лінія 3035А/02', 'Левада', 'Гібрид 1516/4' (Україна), 'Немчиновская 86', 'Зерноградка 11', 'Еритроспермум 2311', 'Альбидум 1680' (Росія), 'Буджак' (Молдова), 'Hankkijas ilves' (Фінляндія), 'N95L168' (США). З 10 зразків малопоширених видів пшениці, амідиплоїдів та диких родичів пшениці збереглися лише два – *Aegilops cylindrica* Host (UA0400002) з Харківської обл. (перезимувало 42% рослин) і амідиплоїд *Aegilotriticum* × *cyllindroaestivum* (UA0500028) з Вірменії (перезимувало 18% рослин).

Тривалість вегетаційного періоду

Веgetаційний період є важливою біологічною властивістю рослин, який визначається як генетичними особливостями, так і особливостями зовнішнього середовища. З ним пов'язано багато властивостей, що зумовлюють уникнення впливу посухи, пошкодження комахами, а також якість зерна. Зазначено вплив температури та опадів на тривалість вегетаційного періоду.

Сходи–колосіння. У пшениці цей період є найважливішим. У цей час відбувається інтенсивний ріст і розвиток рослин, пшениця

формує стебло й колос, а тому потребує багато поживних речовин і вологи, посилюється потреба в інтенсивності світла та підвищеній температурі повітря. Як відомо, тривалість періоду сходи–колосіння значною мірою залежить від сортових властивостей зразка. Особливо цінними для селекції на скоростиглість є сорти з коротким періодом сходи–колосіння. За 5 років цей період у скоростиглого еталонного сорту ‘Донская полукарликовая’ становив 219–231 добу. За період 2001–2005 рр. серед зразків пшениці м’якої озимої коротким міжфазним періодом сходи–колосіння вирізнялись такі сорти та лінії: ‘RVS384-96’, ‘RVS423-96’, ‘RVS425-96’, ‘RVS453-96’, ‘RVS457-96’, ‘Авангард 1’, ‘Степовичка’, ‘Лютесценс 15193’, ‘Сирена одеська’, ‘Доля’, ‘Застава одеська’, ‘Знахідка одеська’ (Україна), ‘Prostor’ (Молдова), ‘Nevesinjka’ (Сербія), ‘KM75.4552’, ‘15.99’, ‘LS316’, ‘9852-1’, ‘9868-1’, ‘Yunak’ (Болгарія), ‘F6038W12.1’ (Румунія), ‘Русса’, ‘Станичная’, ‘Престиж’, ‘Ейка’, ‘Кристал’ (Росія), ‘-0T-0YC-0YC-4YC-0YC’ (IU026504) (Туреччина), ‘Suben’ (Сирія), ‘ZH8972’, ‘Tai Mee 5025’, ‘Yu Mai 30’, ‘Ji Mai 36’, ‘Xiao Yan107’, ‘Bei Jing 411’ (Китай), ‘KS93U156’, ‘Jagger’, ‘KS93U161’, ‘KS93U60’, ‘KS93U63’, ‘SWM6599’, ‘TX94V5920’, ‘XWN84305’ (США), ‘OR961474’, ‘RAN/NE701136...’ (IU026428), ‘SMSW90M128’, ‘WWE870098’ (Мексика). Наведені зразки колосилися на 1–6 діб раніше порівняно зі стандартом або разом з ним.

Колосіння–дозрівання. За роки досліджень найкоротший період колосіння–дозрівання (32–39 діб) зафіксовано у зразків: ‘Богиня’, ‘Венера’, ‘Веселка’, ‘Дальницька’, ‘Донецька 48’, ‘Елегія’, ‘Копилівчанка’, ‘Луганчанка’, ‘Лузанівка одеська’, ‘Лютесценс 26749’, ‘Мирич’, ‘Ода’, ‘Перлина Лісостепу’, ‘Подольчанка’, ‘Селянка’, ‘Снігурка’, ‘Харківська 106’, ‘Херсонська 97’, ‘Херсонська безоста’, ‘Чураївна’ (Україна), ‘Бельчанка 5’ (Молдова), ‘Expres’ (Румунія), ‘MV Magvas’, ‘MV Magma’, ‘MV 25’ (Угорщина), ‘Katia 1’ (Болгарія), ‘Brea’, ‘Bersi’ (Чехія), ‘Alka’, ‘Malvina’ (Словаччина), ‘Turda 95’, ‘Turda 18.94’, ‘Zentos’, ‘Bussard’, ‘Bold’, ‘Lars’ (Німеччина), ‘Pantheon’, ‘PR4259-1’, ‘Qualital’, ‘Surf’ (Франція), ‘Рання 85’, ‘Омская 5’, ‘Половчанка’, ‘Донской сюрприз’, ‘Зерноградка 10’, ‘Таня’ (Росія), ‘Фрунзенская 60’, ‘Зернокормовая 50’ (Казахстан), ‘KS97P0630-4-5-4-5’, ‘SD89205’, ‘TX96V2112’, ‘OR3970817’, ‘OR3970820’, ‘KS90175-1-2’ (США), ‘S96-4’, ‘S96-5’, ‘S86-375’ (Канада), ‘PYN/BAU SWM15182...’ (IU026460), ‘SMSW90M128’ (IU025445), ‘TX71A1039.V1*3/AMI...’ (Мексика).

Сходи–дозрівання. За п’ятирічний проміжок часу тривалість періоду від сходів до стиглості у скоростиглого еталона ‘Донская полукарликовая’ коливався в межах 262–279 діб. Разом із еталоном та раніше за нього на 1–3 доби достигли зразки: ‘Херсонська 97’, ‘Херсонська безоста’, ‘Ніконія’, ‘RVS425-96’, ‘Кірія’, ‘Дріада 1’, ‘Ліона’, ‘Одеська 117’ (Україна), ‘63U1.01’ (Румунія), ‘Sarka’ (Чехія), ‘Solara’ (Словаччина), ‘GK Okhalon’, ‘GK Malmos’ (Угорщина), ‘Katia 1’, ‘TK12.89.2’ (Болгарія), ‘Югтина’, ‘Ейка’, ‘Станичная’, ‘Ермак’, ‘Росинка тарасовская’, ‘Донской сюрприз’, ‘Зерноградка 10’ (Росія), ‘Фрунзенская 60’ (Казахстан), ‘EW87060-’ (UA0102696), ‘CIT925029’ (Туреччина), ‘TAST/SPRW//ZARICWN840048’ (IU026419) (Сирія), ‘Bijing 411’, ‘Ji Mai 136’, ‘Yu Mai 30’, ‘Tai Mee 5025’, ‘ZH 8972’, ‘Xiao Yan 107’ (Китай), ‘KS97P0630-4-5-4-5’, ‘SD89205’, ‘KS90175-1-2’, ‘KS93U63’, ‘KS93U60’, ‘KS93U139’, ‘KS93U62’ (США), ‘RAN/NE701136/...’ (IU026428), ‘SMSW90M128’ (IU025445), ‘Vorona’, ‘SWM6599’, ‘OK81306-5WM-...’ (IU026584) (Мексика).

Селекційно-цінними є ранньостиглі сорти та лінії пшениці м’якої озимої, що мають підвищену врожайність. Протягом вегетаційного періоду 2004/05 р. серед зразків пшениці зі скороченим вегетаційним періодом (270–273 доби) підвищену врожайність (750–940 г/м²) формували такі сорти й лінії: ‘Безмежна’, ‘Снігурка’, ‘Херсонська безоста’, ‘Рішельєвська’, ‘Зірниця’, ‘Гордість’, ‘Землячка одеська’, ‘Астет’, ‘Венера’, ‘Смуглянка’, ‘Береславка 3’, ‘Зразкова’, ‘Еритроспермум 26221’, ‘Азов’, ‘Лютесценс 9594’, ‘Хуртовина’ (Україна), ‘MV 29-98’, ‘MV Palotas’ (Угорщина), ‘Евгора 90’, ‘Pobeda’ (Сербія), ‘Вита’, ‘Старшина’, ‘Палпич’, ‘Зерноградка 11’ (Росія).

Висота рослин та стійкість до вилягання

Як свідчить досвід світової селекції, короткостеблові сорти пшениці м’якої озимої забезпечують високу стійкість до вилягання і для формування врожаю зерна найбільший ефект дає використання підвищених доз добрив.

Висота рослин. За роки вивчення вдалося виділити сортимент короткостеблових зразків пшениці м’якої озимої (56–82 см): ‘Астет’, ‘Багряна’, ‘Безмежна’, ‘Вдала’, ‘Веснянка’, ‘Гордість’, ‘Дніпровська 227’, ‘Довіра’, ‘Дончанка 10’, ‘Еритроспермум 26221’, ‘Естет’, ‘Запорука’, ‘Землячка одеська’, ‘Зірниця’, ‘Зміна’, ‘Зразкова’, ‘Колумбія’, ‘Лан-25’, ‘Ласуня’, ‘Миронівська ранньостигла’, ‘Пивна’, ‘Попелюшка’, ‘Шестопалівка’, ‘Смуглянка’, ‘Спалах’, ‘Супутниця’, ‘Тіра’, ‘Фаворитка’ (Ук-

раїна), 'Kobiera' (Польща), 'Бельчанка 5', 'Prostor' (Молдова), '69U1.2', 'F6038W12.1' (Румунія), 'GK Forras', 'GK Garboloy', 'MV Tamara', 'GK Tender', 'GK Malmos', 'MV29-98', 'MV Palotas', 'MV Mambo' (Угорщина), 'Bersi' (Чехія), 'KM75.4552', 'Zornitcha' (Болгарія), 'Prima' (Сербія), 'Oratorio', 'Acier', 'Surf', 'Delfi', 'First', 'Defense', 'Tilburi', 'Bourgogne', 'Scipion', 'Qualital', 'Ysatis', 'Voyage' (Франція), 'Югтина', 'Скиф'янка', 'Дока', 'Краснодарская 99', 'Палпич', 'Старшина', 'Таня', 'Фишт', 'Крошка' (Росія), 'Tai Mee 5025', 'Yu Mai 30', 'Ji Mai 136', 'ZH 8972' (Китай), 'OR3970842', 'OR3970889', 'MAC Vicar', 'KW941673-5005' (США), 'CMSW91M00414S', 'CMBW90M294-1M-010Y-010M-...' (IU028113), 'Vorona/Kauz' (IU020535), 'SWM 5566', 'SMSW90M128' (Мексика).

Вилягання зернових культур. У виробничій практиці вилягання є серйозною перешкодою для підвищення врожайності, знижує якість зерна, ускладнює або зовсім виключає застосування механізованого збирання. Тому боротьба з виляганням є дуже важливим завданням. За п'ятирічний період більшість зразків пшениці м'якої озимої характеризувалися високою стійкістю до вилягання (бал стійкості 8–9). Часткове або сильне вилягання (бал 3–5), зазвичай, спостерігалось у таких високорослих сортів старої селекції, як 'Альбидум 114', 'Миронівська 808', 'Одеська 3', 'Лісостепка 75', 'ВП499', 'Степова', 'Еритроспермум 917'. Серед сучасного селекційного матеріалу низький та середній бал стійкості (бал 3–5) у різні роки демонстрували такі зразки: 'Українська 4', 'Українська 5', 'Харківська 105', 'Одеська 117', 'Авангард 1' (Україна), 'Изворап' (Молдова), 'Воронежская 85', 'Волжская качественная', 'Воронежская 95' (Росія), 'Dagdas 94', 'Kirgiz 95', 'CIT922142', 'Bolal 2973' (Туреччина), 'Suzen' (Ємен), 'KS89WGRC03', 'KS89WGRC04', 'KS89WGRC06', 'KS93U156', 'KS93U194', 'KS93U59', 'KS93U60', 'KS93U61', 'KS93U63', 'SD89205', 'TX93V4315', 'TX95V5928' (США), 'RAN/NE701136//CI1344SWM16327' (IU026428), 'Unknown-030WM-...' (IU026476) (Мексика).

Стійкість до хвороб

Стійкість рослин до захворювань є однією з актуальних проблем в селекції пшениці. Наукою й практикою давно доведено, що найефективнішим заходом боротьби з хворобами рослин є введення у виробництво стійких сортів. Як свідчать результати вивчення, зразки пшениці м'якої озимої щорічно тією чи іншою мірою пошкоджувалися основними в нашій зоні грибними захворюваннями – борошнистою россою та бурою іржею. Серед великого

різноманіття сортолінійного матеріалу вдалося виділити зразки, стійкі до цих захворювань. Не уражувалися зовсім або незначною мірою уражувалися (бал стійкості 8–9) одночасно обома хворобами такі зразки: 'Смуглянка', 'Херсонська 97', 'Крижинка', 'Миронівська 65', 'Еритроспермум 26221', 'Миронівська 35', 'Миронівська 67', 'Ода', 'Херсонська 99', 'Експромт', 'ТК 121 Лінія 2', 'Перлина Лісостепу', 'Носівчанка 2', 'Одеська 132', 'Золотоколоса', 'Фаворитка', 'Венера', 'Зимоярка', 'Колумбія', 'Естет', 'Зірниця' (Україна), 'Колумна' (Молдова), 'Aglia', 'IT308.14-28-2', '15.99', 'Bononiya' (Болгарія), 'Campion' (Румунія), 'Brea', 'Sarka', 'Vlasta', 'Rheia' (Чехія), 'Alka', 'Solara' (Словаччина), 'Prima' (Сербія), 'Transilvania', '508U3.2' (Румунія), 'GK Forras', 'GK Tender', 'MV Magdalena', 'MV Martina', 'MV Palma', 'MV Tamara', 'GK Kalasz', 'MV Optima', 'MV Vilma' (Угорщина), 'Acier', 'Pantheon', 'Tilburi', 'Voyage', 'Defense', 'PR4259-1', 'Jovin', 'Renan', 'Qualital', 'Rubens' (Франція), 'Малахит', 'Зерноградка 10', 'Краснодарская 99', 'Донской сюрприз', 'Вита', 'Фишт' (Росія), 'Kartuli 21' (Грузія), 'Xiao Yan 107' (Китай), '480-1-H2', 'KS93U139', 'KS93U156', 'KS93U161', 'KS93U194', 'KS93U53', 'KS93U59', 'KS93U60', 'KS93U61', 'KS93U62', 'KS93U63', 'OR3970803', 'OK81306', 'OR3970804', 'OR3970805', 'OR3970837', 'OR3970838', 'OR3970871', 'OR961469', 'OR961474', 'OR961479', 'TXGH12588.105', 'U1264-3-1-1' (США), 'SMSW90M128', 'CMSW91M00182S', 'Baltazar-010WM-0FRA' (UA0107843), 'Igor-010WM-0FRA' (UA0106241), 'CMBW90M294-1M-010Y-...' (IU019545), 'ID377'/S-1004' (UA0107844), 'F133/3/VPM/MOS 83.11.4.8/' (IU039150), 'SPN/MADSEN/[WA7163]...' (IU039153) (Мексика).

Елементи продуктивності та врожайність

Урожайність є однією з найважливіших характеристик, які визначають господарську цінність сорту. Відомо, що величина врожаю зерна пшениці – це інтегральний показник продуктивності рослин, який прямо залежить від кількісного вираження кожного структурного елемента та умов зовнішнього середовища. До елементів продуктивності відносять довжину колоса, показник продуктивного кущіння, масу 1000 зерен, озерненість колоса, продуктивність колоса, продуктивність рослини.

Довжина колоса. За п'ятирічний період (2001–2005 рр.) серед вивченого матеріалу мали довгий колос (9,3–12 см) такі зразки пшениці м'якої озимої: 'RVS425-96', 'Київська 7', 'Харус', 'Венера', 'Лютесценс 26749'

(Україна), 'SV1020-88', 'Turda 18.94' (Румунія), 'Nevesinjka', 'Prima' (Сербія), 'Brea' (Чехія), 'Zentos' (Німеччина), 'Лад', 'Дея' (Росія), 'CIT935039' (Туреччина), 'S86-375' (Канада), 'SMUT1590-165', 'AMI'/ROA', 'OR3970812', 'OR3970837', 'OR3970838', 'OR3970839', 'OR3970797', 'OR3970802' (США), 'CMSW91M00289S' (Мексика), 'LIA95.5145'. Довжина колосу у стандартів протягом цих років коливалася від 7,8 до 9,8 см.

Продуктивне кушіння. Залежно від сортових особливостей та погодних умов наведені нижче зразки пшениці м'якої озимої вирізнялися підвищеним продуктивним кушінням (5,0–9,1): 'Дніпровська 227', 'Ніконія', 'Чураївна', 'Віра', 'Донецька 48', 'Лузанівка одеська', 'Лада одеська', 'Доля', 'RVS453-96', 'RVS393-96', 'Харківська 99', 'Тіра', 'Селянка', 'Довіра', 'Зміна', 'Еритроспермум 1554.90', 'Рута 2', 'Лан-25', 'Затока', 'Манжелія', 'Донецька 6', 'Легідна', 'Ліона', 'Луганчанка', 'Еритроспермум 1828.87', 'Зразкова', 'Подольська', 'Фаворитка' (Україна), 'Бадулінка' (Білорусь), 'Извораш' (Молдова), 'Sadovo 552', 'Lada 195' (Болгарія), 'Воєта', '63U1.01' (Румунія), 'MV Magvas', 'MV Madrigal', 'MV Irma' (Угорщина), 'SV5152-88' (Румунія), 'H 87CFH10-1675' (Франція), 'Bold' (Німеччина), 'Воронежская 95', 'Скифянка', 'Победа 50', 'Омская 4', 'Старшина', 'Донской маяк', 'Зерноградка 10' (Росія), 'EW87060-', 'CIT90057', 'Bolal 2973' (Туреччина), 'Suben' (Сирія), 'Xiao Yan 107' (Китай), 'S96-5' (Канада), 'KS93U156', 'KS89WGRC03', 'KS89WGRC06', 'KS93U63', 'KS93U139', 'KS93U161', 'KS93U194', 'KS93U59', 'KS93U61', 'N95L160', 'OR3970803', 'OR3970804', 'OR3970805', 'OR3970843', 'OR3970849', 'OR961479', 'Rawhide', 'SD89205', 'TX93V4315', 'KS93U62', 'TX94V5920', 'TX95V4923', 'TX95V5314', 'TX95V5928', 'TX96V2847', 'U1264-3-1-1' (США), 'SWM15174-9WM...' (IU019886) 'Estanzuela federal', 'Vorona/Bauswm15267-...' (IU026475), 'Sultan 95', 'SWM 5566', 'Vorona/Bauswm15267-...' (IU026474), 'SN64//SKE/2*ANE/3/SX' (IU026425) (Мексика).

Маса 1000 зерен. Велика маса 1000 зерен є важливим показником продуктивності, а також ознакою, що непрямо характеризує підвищену посухостійкість та жаростійкість. Високою крупнозернистістю (маса 1000 зерен була на рівні 44–55 г) характеризувалися сорти та лінії пшениці м'якої озимої: 'RVS384-96', 'RVS423-96', 'RVS425-96', 'Авангард 1', 'Альтера', 'Богдана', 'Веселка', 'Віра', 'Глібовчанка', 'Диканька', 'Дніпровська 127', 'Дніпровська 756', 'Донецька 48',

'Елегія', 'Еритроспермум 26221', 'Журавка', 'Крижинка', 'Лютесценс 606', 'Миронівська 65', 'Миронівська ранньостигла', 'Носівчанка 2', 'Ода', 'Одеська 267', 'Одеська 333', 'Октава', 'Перлина Лісостепу', 'Перлина одеська', 'Подольська', 'Рута 2', 'Смуглянка', 'Українська 5', 'Фаворитка', 'Харківська 105', 'Хлібодарка 2', 'Ясочка' (Україна), 'Колумна', 'Prostor', 'Извораш' (Молдова), 'Ariesan', 'Rapid', 'Transilvania', 'Dropia', 'Destin' (Румунія), 'MV Tamara', 'MV Martina', 'MV Mambo', 'Таборза', 'MV 29-98' (Угорщина), 'Preloma', '15.99', '854.87.1.13', 'LS607.4728', 'TIX53/89-2', 'KK8514.1', 'TK12.89.2', '9868-1' (Болгарія), 'Pobeda', 'Lera' (Сербія), 'Bold' (Німеччина), 'Вока' (Чехія), 'Ейка', 'Кристалл', 'Дон 93', 'Дон 95', 'Донской маяк', 'Донской сюрприз', 'Ермак', 'Зарница', 'Росинка тараховская', 'Станичная' (Росія), 'Фрунзенская 60' (Казахстан), 'Bryo 17', 'CIT925121', 'Pehlivan' (Туреччина), 'Ji Mai 136', 'Bei Jing 411' (Китай), 'KS92PO263.137', 'TX96V2847', 'AMI/ROA', 'OR3970914', 'OR961479', 'WWN860129' (США), 'Vorona' (Мексика).

Озерненість колоса у більшості зразків пшениці м'якої озимої була високою та вище середньої. Найвищу озерненість серед стандартів і еталонів мав сорт 'Альбатрос одеський' (залежно від року – 34–44 зернини). Найкращу озерненість колоса (50–72) мали такі зразки: 'Венера', 'Лютесценс 26749', 'Лузанівка одеська', 'Застава одеська', 'Пошана', 'Естет', 'Василина', 'Пивна', 'Вдала', 'Довіра' (Україна), 'Turda 95', 'Cadet', 'Lovrin 41' (Румунія), 'Martonvasar 25', 'GK Garaboly', 'MV 10.94', 'MV Optima', 'MV Emma' (Угорщина), 'Sadovska Belija', 'Aglia', '9852-1' (Болгарія), 'Bourgogne', 'Defense', 'Oratorio', 'Jovin', 'Briscard' (Франція), 'Alka' (Словацьчина), 'Vlasta' (Чехія), 'EW87060-', 'CIT932322' (Туреччина), 'OR3970797', 'OR3970842', 'OR3970809' (США), 'CMSW91M00289S', 'Piorio.4', 'SWM17421' (Мексика).

Маса зерна з колоса. Найвищу продуктивність колоса (2,0–3,1 г) мали такі сорти та лінії пшениці м'якої озимої: 'Венера', 'Застава одеська', 'Естет', 'Пивна', 'Харус', 'Елегія', 'Дальницька', 'Носівчанка 2', 'Писанка', 'Лютесценс 24656' (Україна), 'Prostor' (Молдова), 'GK Garaboly', 'MV10.94', 'MV Tamara', 'MV Martina' (Угорщина), 'Nevesinjka' (Сербія), 'T308.14-28-2', 'KK8514.1', '9733-1' (Болгарія), 'Кристал', 'Дельта', 'Вита', 'Купава' (Росія), 'CMSW91M00289S' (Мексика). Серед стандартів за роками найкращу продуктивність колоса мав сорт 'Українка одеська' (1,4–1,8 г).

Маса зерна з рослини. Під час досліджень найкращими за показником продуктивності

рослини (7,8–10,1 г) були зразки: ‘Венера’, ‘Пивна’, ‘Харус’, ‘Елегія’, ‘Писанка’, ‘Вдала’, ‘Довіра’, ‘Харківська 105’, ‘Українська 4’, ‘Панна’, ‘Досвід’, ‘Миколаївська безоста’ (Україна), ‘Turda 95’ (Румунія), ‘Aglika’, ‘9733-1’ (Болгарія), ‘MV10.94’, ‘MV Optima’ (Угорщина), ‘Rubens’ (Франція), ‘Вита’ (Росія), ‘3930255’ (США), ‘CMSW91M00289S’, ‘SWM16497’, ‘SWM15174’ (Мексика). Величина продуктивності рослини у еталонів ‘Донская полукарликовая’, ‘Українка одеська’, ‘Альбатрос одеський’ коливалася за роками у межах 3,3–6,5 г, 4,2–4,9 та 3,6–5,1 г відповідно.

Урожай зерна з одиниці площі. Врожай зерна пшениці залежить від багатьох чинників, які відносять насамперед до навколишніх умов.

За п’ять років, крім вегетаційного періоду 2002/03 р., більшість колекційних зразків формували середню та високу зернову продуктивність. Серед високоврожайних зразків (700–1200 г/м²) кращими виявилися: ‘Азов’, ‘Асоль’, ‘Багіра’, ‘Балківська’, ‘Безмежна’, ‘Березань’, ‘Богдана’, ‘Вдала’, ‘Венера’, ‘Глібовчанка’, ‘Дальницька’, ‘Дніпровська 277’, ‘Добірна’, ‘Довіра’, ‘Доля’, ‘Донецька 48’, ‘Дончанка 10’, ‘Експромт’, ‘Еритроспермум 26221’, ‘Застава одеська’, ‘Затока’, ‘Землячка одеська’, ‘Зимоярка’, ‘Злагода’, ‘Зміна’, ‘Золотоколоса’, ‘Зразкова’, ‘Інесса’, ‘Київська 10’, ‘Кнопа’, ‘Колумбія’, ‘Косовиця’, ‘Крижинка’, ‘Либідь’, ‘Лузанівка одеська’, ‘Миколаївська безоста’, ‘Одеська 333’, ‘Октава’, ‘Пивна’, ‘Планета’, ‘Повага’, ‘Подольська’, ‘Прима одеська’, ‘Рута 2’, ‘Селянка’, ‘Смуглянка’, ‘Снігурка’, ‘Спалах’, ‘Степовичка’, ‘Сфера’, ‘Трипільська’, ‘Херсонська безоста’ (Україна), ‘Бельчанка 7’ (Молдова), ‘MV Vilma’, ‘MV Optima’, ‘MV Martina’, ‘GK Malmos’, ‘GK Garboloy’, ‘MV Madrigal’, ‘MV Palma’, ‘MV 29-98’, ‘Mambo’ (Угорщина), ‘Cadet’, ‘Воєна’, ‘Сампсон’, ‘Transilvania’, ‘69U1.2’, ‘Rapid’ (Румунія), ‘Vlasta’ (Чехія), ‘Prima’ (Сербія), ‘854.87.1.13’, ‘9733-1’, ‘9889-1’, ‘9852-1’, ‘Aglika’, ‘Bononiya’, ‘Zastava’ (Болгарія), ‘Bold’, ‘Lars’, ‘Nord 3373’ (Німеччина), ‘Cartago’, ‘PR 4259-1’ (Франція), ‘Побода 50’, ‘Лад’, ‘Кристалл’, ‘Батько’, ‘Северодонская 12’, ‘Вита’, ‘Дельта’, ‘Зарниця’, ‘Краснодарская 99’, ‘Дон 93’, ‘Фишт’ (Росія), ‘Kartuli 21’ (Грузія), ‘СІТ 925169’, ‘СІТ 90057’, ‘СІТ 925121’ (Туреччина), ‘Xiao Yan 107’ (Китай), ‘OR3970914’, ‘KW942570-5002’, ‘TX96V2112’, ‘KS93U139’, ‘KS93U161’, ‘KS93U156’, ‘KS92P059E’, ‘TX96V2427’, ‘Oasis’, ‘OR3970803’, ‘N95L159’, ‘N95L160’, ‘OR961469’, ‘OR961474’, ‘9116763-1’ (США), ‘PYN’/‘BAUSWM15182-

61WM-...’ (U026462), ‘Vorona/Bauswm15267-...’ (U026474) (Мексика).

Вміст білка в зерні

Із літературних джерел відомо, що існує негативна кореляція між показниками урожайності та вмістом білка в зерні пшениці м’якої озимої [8–10], проте вдалося виділити високоврожайні зразки, вміст білка в зерні яких перевищує 14%, а також з високим вмістом клейковини (29,7–36,0%): ‘Зірниця’, ‘Світанок 1’, ‘Спалах’, ‘Супутниця’ (Україна), ‘MV Palotas’ (Угорщина), ‘Евгора 90’ (Сербія), ‘Вита’, ‘Донская полукарликовая’ (Росія). Також виділено зразки пшениці м’якої озимої, вміст білка в зерні яких становив 13,0% і більше: ‘Альбатрос одеський’, ‘Боровинка 1’, ‘Губернаторка’, ‘Колумбія’, ‘Ласуня’, ‘Національна’, ‘Ніжна’, ‘Переяславка’, ‘Титан’, ‘Українська 4’ (Україна), ‘9889-1’ (Болгарія), ‘Воронежская 85’, ‘Зерноградка 11’, ‘Ростовчанка 3’ (Росія), ‘SD89205’ (США).

Висновки

Внаслідок п’ятирічного вивчення (2001–2005 рр.) понад 1000 зразків генофонду пшениці м’якої озимої з 25 країн вдалося виділити понад 400 сортів та ліній з високим і стабільним проявом деяких цінних ознак та їх поєднань, таких як зимостійкість, скоростиглість, стійкість до хвороб, продуктивність, якість зерна. Залучення в селекцію таких зразків дасть змогу значно збагатити сортимент пшениці.

Використана література

1. Пшеница мира / В. Ф. Дорофеев, М. М. Якубцинер, М. И. Руденко [и др.]; под ред. Д. Д. Брежнева; сост. В. Ф. Дорофеев. – Л.: Колос, 1976. – 487 с.
2. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2016 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.vet.gov.ua/sites/default/files/Reestr_04.01.16.pdf
3. Изучение коллекции пшеницы: метод. указания / сост.: О. Д. Градчаннинова, А. А. Филатенко, М. И. Руденко; под ред. В. Ф. Дорофеева. – Л.: ВИР, 1985. – 28 с.
4. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: метод. указания / А. Ф. Мережко, Р. А. Удачин, В. Е. Зуев [и др.]; под ред. А. Ф. Мережко – СПб.: ВИР, 1999. – 84 с.
5. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. / сост. А. А. Филатенко, И. П. Шитова; под ред. В. А. Корнейчук. – Л.: ВИР, 1989. – 44 с.
6. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош [и др.]; под ред. А. И. Ермакова. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – Л.: Агропромиздат, 1987. – С. 234–237.
7. Справочник по качеству зерна / Г. П. Жемела, Л. П. Кучумова, З. Ф. Аниканова [и др.]; под ред. Г. П. Жемелы. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – К.: Урожай, 1988. – 216 с.
8. Бебякин В. М. Теоретические предпосылки и методические подходы к селекции пшеницы на качество урожая / В. М. Бебякин // Сельскохозяйственная биология. – 1985. – № 2. – С. 14–20.
9. Лучной В. В. Селекційна цінність сучасного генофонду озимої м’якої пшениці як вихідного матеріалу в селекції на якість

- зерна в умовах північно-східного Лісостепу України : дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.05 «Селекція і насінництво» / Лучной Вадим Віталійович ; Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УАН. – Х., 2004. – 216 с.
- Використання світового генофонду озимої м'якої пшениці в селекції на якість зерна / І. А. Панченко, В. В. Лучной, О. Ю. Леонов // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2005. – № 1. – С. 21–22.
- ### References
- Dorofeev, V. F., Yakubtsiner, M. M., Rudenko, M. I., Migushova, E. F., Udachin, R. A., Merezko, A. F., ... Shitova, I. P. (1976). *Pshenitsy mira* [World wheat]. Brezhnev D. D. (Ed.). Leningrad: Kolos. [in Russian]
 - Derzhavnyi reestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini u 2016 rotsi* [State register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2016]. Retrieved from http://www.vet.gov.ua/sites/default/files/Reestr_04.01.16.pdf [in Ukrainian]
 - Gradchaninova, O. D., Filatenko, A. A., & Rudenko, M. I. (1985). *Izuchenie kolleksii pshenitsy* [Study of the wheat collection]. V. F. Dorofeev (Ed.). Leningrad: VIR. [in Russian]
 - Merezko, A. F., Udachin, R. A., Zuev, V. E., Filatenko, A. A., Serbin, A. A., Lyapunova, O. A., ... Potokina, S. A. (1999). *Popolnenie, sokhranenie v zhyvom vide i izuchenie mirovoy kolleksii pshenitsy, egilopsa i tritikale* [Development, preservation in live condition and studying the world collection, of wheat goat grass and triticale]. A. F. Merezko (Ed.). St. Petersburg: VIR. [in Russian]
 - Filatenko, A. A., & Shitova, I. P. (1989). *Shirokiy unifikirovanny klassifikator SEV roda Triticum L.* [CMEA wide-range unified classifier of the genus *Triticum L.*]. V. A. Korneychuk (Ed.). Leningrad: VIR. [in Russian]
 - Ermakov, A. I., Arasimovich, V. V., Yarosh, N. P., Peruanskiy, Yu. V., Lukovnikova, G. A., & Ikonnikova, M. I. (1987). *Metody biokhicheskogo issledovaniya rasteniy* [Methods of biochemical study of plants]. A. I. Ermakov (Ed.). Leningrad: Agropromizdat. [in Russian]
 - Zhemela, G. P., Kuchumova, L. P., Anikanova, Z. F., Musatova, A. G., Berkutova, N. S., Sklyar, N. M., ... Lazer, P. N. (1988). *Spravochnik po kachestvu zerna* [Grain Quality Guide]. G. P. Zhemela (Ed.). Kiev: Urozhay [in Ukrainian]
 - Bebyakin, V. M. (1985). Theoretical prerequisites and methodical approaches to wheat breeding for yield quality. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2, 14–20. [in Russian]
 - Luchnoi, V. V. (2004). *Selektsiina tsinnist suchasnoho henofondu ozymoi miakoi pshenitsi yak vykhidnoho materialu v selektsii na yakist zerna v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy* [The selection value of a modern gene pool of soft winter wheat as initial material in breeding for grain quality in the conditions of the Northeast Forest-Steppe zone of Ukraine] (Cand. Agric. Sci. Diss.). Plant Production Institute nd. a. V. Ya. Yuryev of UAAS, Kharkiv, Ukraine. [in Ukrainian]
 - Panchenko, I. A., Luchnoi, V. V., & Leonov, O. Yu. (2005). The use of a world gene pool of soft winter wheat in breeding for grain quality. *Visn. Poltav. derz. agrar. akad.* [News of Poltava State Agrarian Academy], 1, 21–22. [in Ukrainian]

УДК 633.12:631.527(477.53)

Кирьян В. М.*, Кирьян М. В., Выскуб Р. С. Генетические ресурсы как исходный материал для создания новых сортов пшеницы озимой мягкой // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 10–17. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88570](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88570)

*Устимовская опытная станция растениеводства Института растениеводства имени В. Я. Юрьева НААН, ул. Академика Вавилова, 15, с. Устимовка, Глобинский р-н, Полтавская обл., Украина, 39074, *e-mail: uds@kremen.ukrtel.net*

Цель. Оценить коллекцию генетических ресурсов растений пшеницы мягкой озимой (новые коллекционные поступления) Устимовской опытной станции растениеводства и выделить исходный материал для селекции адаптивных, продуктивных и качественных сортов пшеницы мягкой озимой. **Методы.** Полевой, лабораторный. **Результаты.** Приведены результаты изучения свыше 1000 образцов генофонда пшеницы мягкой озимой из 25 стран Устимовской опытной станции растениеводства Института растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН на протяжении 2001–2005 гг. по комплексу хозяйственно-ценных признаков. Выделено более 400 новых источников с высокими адаптивными свойствами, которые сочетают в себе

признаки высокой продуктивности с высоким качеством зерна, скороспелостью, устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам (приведена оценка образцов за 16 ценными признаками). Выделенный материал происходит из различных агроклиматических зон, в т. ч. из зон неустойчивого земледелия. **Выводы.** Рекомендуются источники селекционно-ценных признаков позволят обогатить высококачественный сортимент пшеницы и значительно ускорить селекционный процесс при создании новых сортов пшеницы озимой мягкой.

Ключевые слова: продуктивность, скороспелость, устойчивость к болезням, зимостойкость, качество продукции, источники хозяйственно-ценных признаков.

UDC 633.12:631.527(477.53)

Kirian, V. M.*, Kirian, M. V., & Vyskub, R. S. (2016). Genetic resources as initial material for developing new soft winter wheat varieties. *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslin* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 10–17. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88570](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88570)

*Ustymivka Experimental Station for Plant Production of the Plant Production Institute nd. a. V. Ya. Yuriev, NAAS of Ukraine, 15 Akademika Vavilova Str., v. Ustymivka, Hlobyno district, Poltava region, 39074, Ukraine, *e-mail: uds@kremen.ukrtel.net*

Purpose. To estimate genetic resources collection of soft winter wheat plants (new collection accessions) of Ustymivka Experimental Station for Plant Production and select initial material for breeding of adaptive, productive and qualitative soft winter wheat varieties. **Methods.** Field experiment, laboratory testing. **Results.** The authors presented results of study of over 1000 samples of gene pool

of soft winter wheat from 25 countries during 2001–2005 in Ustymivka Experimental Station for Plant Production of Plant Production Institute nd. a. V. Ya. Yuriev, NAAS of Ukraine for a complex of economic traits. More than 400 new sources with high adaptive properties were selected that combine traits of high productivity and high quality of grain, early ripening, resistance to biotic and abiotic fac-

tors (the assessment of samples for 16 valuable traits is given). The selected material comes from various agro-climatic zones, including zones of unsustainable agriculture. **Conclusions.** Recommended sources of traits that have breeding value will allow to enrich high-quality assortment

of wheat and considerably accelerate breeding process during development of new soft winter wheat varieties.

Keywords: *productivity, early ripening, diseases resistance, winter hardiness, product quality, sources of economic characters.*
Надійшла 1.08.2016

Селекційні основи виведення нових сортів родини Вербові (*Salicaceae* Mirb.) для створення енергетичних плантацій

Я. Д. Фучило¹, О. О. Афонін², М. В. Сбитна³

¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна, e-mail: fuchylo_yar@ukr.net

²Брянський державний університет імені академіка І. Г. Петровського, вул. Бежицька, 14, м. Брянськ, 241036, Російська Федерація, e-mail: afonin.salix@gmail.com

³Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція», вул. Лісодослідна, 12, м. Боярка, Київська обл., 08150, Україна, e-mail: boyarka_nauka@ukr.net

Мета. Розробити алгоритм створення нових високопродуктивних сортів-клонів представників родини *Salicaceae* з поліпшеними господарсько-цінними ознаками для їх використання під час створення енергетичних плантацій. **Методи.** Польовий, лабораторний, аналітичний, селекційний. **Результати.** Схема організації селекційного процесу з представниками родини Вербові включала такі етапи: I етап – створення первинних родин (F_0); II етап – створення вторинних родин, або відгалужень; III етап – міжродинний (індивідуально-родинний) добір; IV етап – родинно-груповий добір; V етап – клоновий добір (добір рамет). **Висновки.** Селекційний процес із застосуванням комплексу прогресивних методів добору (індивідуального, родинного, групового і клонового) дає можливість отримувати модельні популяції з високою частотою цінних алелів і генотипів та високим рівнем генетичного різноманіття. За рахунок негативного багатоступінчастого індивідуального внутрішньородинного й міжродинного добору відбувається очищення штучних популяцій від небажаних форм без істотного зниження рівня генетичного різноманіття.

Ключові слова: селекційний процес, рід *Salix* L., рід *Populus* L. сортовиведення, алгоритм добору перспективних форм.

Вступ

В Україні обсяги використання нетрадиційних відновлюваних видів енергії, які включають і енергію з біомаси, становлять всього 0,5% кількості споживаних паливно-енергетичних ресурсів [3], хоч сприятливі кліматичні та ґрунтові умови дають змогу отримувати значні обсяги енергетичної біомаси, зокрема на спеціальних енергетичних плантаціях деревних рослин.

Для створення енергетичних плантацій використовують швидкорослі листяні деревні види з високою порослевою здатністю. Найперспективнішими для цього є представники родини Вербові – верби (*Salix* L.) [1, 4–6, 11] і тополі (*Populus* L.) [2, 7, 8, 12]. Це дводомні листопадні деревні рослини, які широко використовують у лісовому господарстві, особливо для захисту ґрунтів від ерозії, в озелененні міст і промислових територій. Більшість з них добре розмножуються вегетатив-

ним шляхом, що сприяє відносно легкому створенню їхніх насаджень і отриманню ряду поколінь на одній площі, завдяки періодичному зрізанню надземної маси рослин. У зв'язку із зазначеними особливостями та швидким ростом верби й тополі здавна є об'єктом селекційних досліджень [5, 7, 9, 12], але широке їх використання протягом останніх десятиріч для створення енергетичних плантацій зумовлює необхідність проведення спеціальних досліджень для виведення форм, які здатні продукувати велику кількість деревної маси за дуже короткий період її заготівлі (1–5 років). Важливе значення має також добір певних форм для різних ґрунтово-кліматичних умов і на різних категоріях земель. Це зумовлює необхідність вирощування видів родів *Populus* і *Salix* на селекційно-сортівній основі [5, 7, 10].

Як відомо, метою селекційного процесу є створення сорту. Сортами верб і тополь є клони, здатні зберігати свої господарсько-цінні ознаки під час розмноження живцями, щепленням або шляхом мікроклонування. Стабільність нового сорту перевіряється за допомогою клонового добору в 2–3-х поколіннях [5, 7, 12]. Отримана система клонів, що потенційно схрещуються, є генетичним банком, який зберігається в живому вигляді

Yaroslav Fuchylo

<http://orcid.org/0000-0002-2669-5176>

Aleksey Afonin

<http://orcid.org/0000-0002-9392-2527>

Marharyta Sbytina

<http://orcid.org/0000-0002-9622-7909>

у складі колекційних, захисних, рекреаційних насаджень, маточних і виробничих плантацій [2, 4, 9, 10].

Мета досліджень – розробити алгоритм створення нових високопродуктивних сортів-клонів представників родини Salicaceae з поліпшеними господарсько-цінними ознаками з метою використання їх для створення енергетичних плантацій.

Матеріали та методика досліджень

Матеріалом досліджень були літературні джерела [2, 5, 7–12] та результати багаторічних досліджень, проведених на Поліссі та в Лісостепу України [4, 6], а також на території Брянського лісового масиву (Росія) [1], щодо особливостей селекційного процесу. Об'єктами досліджень були рослини з родів Верба (зокрема верба прутувидна *Salix viminalis*, в. тритичинкова *S. triandra*, в. шерстистопагінець *S. dasyclados*, в. гостролиста *S. acutifolia*) та Тополя (види й гібриди із секцій чорних *Aigeiros* Duby і бальзамічних *Takamahaka* Shpach.). Методика досліджень передбачала аналіз матеріалів, що стосуються добору первинного селекційного матеріалу, організації селекційного процесу, випробування та добору перспективних сортів представників родини Вербові [1, 5, 7, 12]. Були використані польові, лабораторні, аналітичні та селекційні методи досліджень.

Результати досліджень

Селекцію вербових традиційно проводять на продуктивність деревної маси, її якісні характеристики, стійкість до несприятливих чинників середовища, хвороб і шкідників [1, 2, 6, 12].

Організуючи селекційний процес у представників родини Вербові, необхідно враховувати такі особливості цих рослин: дводомність, що автоматично робить їх облігатно ксеногамними (перехреснозапильними); ймовірними наслідками ксеногамії є високий рівень гетерозиготності й небезпека інбредної депресії під час гомозиготизації; раннє плодоношення (цвітіння настає у 2–5-річному віці); можливість віддаленої (міжвидової, міжсекційної, міжпідродової) гібридизації з отриманням гібридів, здатних до насінневого розмноження; можливість клонування шляхом живцювання, щеплення чи мікроклонування.

Н. В. Старова [5] описує дві основні схеми організації селекційного процесу в тополь. У процесі клонової селекції здійснюють добір плюсових особин у природі, їх вегетативно розмножують, створюють селекційні

культури і проводять клоновий добір. За другою схемою початкові особини використовують для гібридизації. Ці схеми рекомендують і для селекції верб.

Створення поліклональних насаджень різного призначення, особливо енергетичних, потребує отримання цілої лінії взаємодоповнюючих клонів з високими господарсько-цінними показниками [1, 10]. З урахуванням змін клімату, а також еволюції шкідників і збудників хвороб, необхідно прагнути до створення нових клонів.

Початковим матеріалом у селекції Вербових є все генетичне різноманіття дикорослих і культивованих рослин, зокрема:

1. Природні популяції аборигенних видів (особини з типовими видовими ознаками; особини з окремими винятковими ознаками – плакучі, вузьколисті, яскраво забарвлені; особини, що значно відрізняються від типових представників виду за сукупністю ознак, у т. ч. і ймовірні міжвидові гібриди.

2. Культивовані клони (культівари), які вирощують на цей час, а також ті, що вилучені з виробництва, але мають генетичну й селекційну цінність за окремими параметрами. Включають клони аборигенних видів, індукованих видів та культівари гібридного походження.

Гібридизація, як спосіб отримання принципово нового початкового матеріалу, посідає одне з основних місць у селекції верб і тополь [1, 4, 5, 7, 11]. Як відомо, гібриди мають деякі господарсько-цінні ознаки, зокрема високу продуктивність, проте часто конкурентоспроможність їх є низькою [1]. Крім того, низький рівень генетичної різноманітності серед культивованих гібридних форм і високий відсоток безпліддя не завжди дають змогу використовувати їх як матеріал для подальшої селекції (виняток становлять деякі складні фертильні гібриди, здатні схрещуватися між собою і з чистими видами). Найчастіше у селекції Вербових на високу продуктивність, генетичну різноманітність і стійкість насаджень перевагу має генетичний матеріал, отриманий з природних насаджень [1].

Необхідно розрізнити первинний і вторинний початковий матеріал: первинний – це матеріал, практично не зачеплений селекційним процесом; вторинний – той, що пройшов через кілька етапів селекції [5, 7]. Основою первинного і вторинного матеріалу є генети й рамети. Перші з них – це сіянці, вирощені з насіння, зібраного в природі та колекційних насадженнях.

Сукупність сіянців, вирощених з насіння однієї материнської особини, утворює пер-

винну родину. Відмінності між одновіковими особинами однієї родини, які вирощені в однакових умовах, зумовлені, насамперед, генетичними чинниками. При цьому вони можуть істотно відрізнятися як за розмірами, так і за морфологічними ознаками.

Таким чином, родина має власний генофонд, тобто високу генетичну різноманітність. Водночас, члени родини характеризуються високими коефіцієнтами спорідненості $K_{сп}$ (середньою ймовірністю виявлення однакових генів (алелів), супергенів, хромосом (гаплотипів) у двох довільно взятих особин). Якщо донор пилку – одна чоловіча особина, то два довільно взяті члени сім'ї є сибсами: $K_{сп} = 0,5$. Проте, донори пилку, якщо насіння зібране в природі, генетично відрізняються один від одного і від материнської особи, тому $K_{сп} < 0,5$. У разі інбредного розмноження родини «в собі» кожна жіноча особина може стати родоначальницею родини другого порядку – відгалуження (і далі – відгалужень другого і вищих порядків). Відгалуження родин – це вже вторинний матеріал; у кожному відгалуженні $K_{сп}$ є вищим, ніж у первинній родині. Сукупність усіх первинних і вторинних родин одного виду утворює штучну популяцію, в якій рівень різноманітності перебуває під контролем селекціонера.

Рамети – це саджанці, вирощені з укоріненних живців, узятих з однієї особи. Сукупність рамет, отриманих від однієї особи, утворює первинний клон – множину генетично однорідних особин (див. рисунок). За повторного живцювання створюється вторинний матеріал – клони другого, третього й вищих порядків, генетично ідентичні стосовно один одного і первинного клону (за відсутності соматичних мутацій). Однак, використання рамет як вихідного матеріалу є недоцільним, оскільки відмінності (або схожість) між саджанцями, вирощеними з живців, узятих від різних особин, можуть бути зумовлені парагенетичними чинниками. У цьому випадку для відсіву тривалих модифікацій буде потрібно 2–3 покоління клонового добору. Водночас, живці, отримані від виняткових особин (плакучих, вузьколистих, яскраво забарвлених), можуть бути використані як родоначальники декоративних клонів [1, 2, 4].

До початкового матеріалу ставлять дві основні вимоги: високі господарсько-цінні показники материнських особин (наприклад, висока продуктивність) і різноманітність. Різноманітність визначається його видовою і внутрішньовидовою різноманітністю, а також різноманітністю гібридів.



Рис. Первинний клон верби тритичинкової (*Salix triandra* L.) (квартал 123 Боярського лісництва Боярської лісової дослідної станції)

Видове різноманіття визначається кількістю видів, рекомендованих для культивування; внутрішньовидове – морфологічними відмінностями материнських особин зі схожих і різних місцезростань; різноманітність гібридів – збиранням насіння в змішаних насадженнях у різних місцезростаннях і в різний час, що забезпечує різноманітність донорів пилку.

Основним об'єктом добору у селекції верб і тополь є родина, другорядними – окремі особи і клони, тому переважними методами добору є індивідуальний внутрішньородинний, індивідуально-родинний, індивідуальний внутрішньоклоновий та індивідуально-клоновий.

Для отримання колекцій клонів і їх розмноження необхідні спеціальні лісові розсадники, що включають традиційні відділи: посівне відділення, шкільне відділення для вирощування саджанців насінневого і живцевого походження, селекційний розсадник, маточна плантація для отримання насіння й живців [1, 5, 7]. Однак, стосовно верб і тополь структура розсадника може бути змінена з урахуванням специфіки цих рослин. Наприклад, якщо пророщувати насіння на фільтрувальному папері в чашках Петрі або в контрольованих

ґрунтових умовах і вирощувати сіянці першого року в контейнерах, то відпадає необхідність у спеціальному посівному відділенні, а безперервне оцінювання й добір сіянців на всіх стадіях онтогенезу та етапах існування штучних популяцій автоматично перетворюють будь-яке насадження на селекційне.

Схема організації селекційного процесу з представниками родини Вербові включає такі етапи.

I етап. Створення первинних родин (F_0). У первинних родинях проводять багатоступінчастий (постадійний) індивідуальний добір, який починається з вибору маточно-насіньових особин у природі або колекціях. При цьому вибирають добре розвинені рослини без явних пошкоджень або типові для конкретного місцезростання (позитивний добір), чи, навпаки, – з винятковими ознаками. Другу стадію добору здійснюють за насінням – відбраковують невиповнене і виродливе (негативний добір). Якщо насіння, зібране з однієї рослини, візуально можна підрозділити на 2–3 розмірні фракції, то добір проводять у кожній з фракцій і кожену фракцію висівають окремо. В процесі проростання насіння відбувається природна загибель частини рослин. Проростки пікірують у контейнери, при цьому здійснюють позитивний добір найрозвиненіших сіянців.

Восени відбраковують слабкі, виродливі й пошкоджені сіянці (негативний добір). Водночас, сіянці з винятковими ознаками зберігають для подальшого вивчення. Взимку відбувається природна загибель частини сіянців.

На другому році життя (навесні або в першій половині літа) сіянці висаджують у відкритий ґрунт, де допустиме спільне висаджування кількох родин одного виду за умови чіткого їх відмежування одна від одної. При цьому доцільно відбраковувати сіянці, в яких верхівка пагона відмирає більше ніж на третину висоти. У відкритому ґрунті відбувається природна загибель частини сіянців. На початку, всередині та наприкінці літа проводять комплексну оцінку, при цьому сіянці, що помітно відстають у рості, відбраковують.

Для остаточного формування сімей необхідне пересаджування сіянців на постійне місце. Чагарникові верби пересаджують у віці три роки (після двох років вирощування у відкритому ґрунті), а деревоподібні верби й тополі – у віці два роки.

Після досягнення генеративної зрілості проводять негативний добір у родинях. Підставою для остаточного відбраковування, незалежно від напрямку селекції, є чітко вира-

жена схильність до утворення розеток, схильність пагонів до вилягання та їхня невіривняність за висотою, помітна пошкоджуваність грибковими захворюваннями або підозра на ураженість вірусами. Водночас, не потрібно поспішати з відбраковуванням особин, ослаблених листогризучими шкідниками.

Насамперед відбраковують слабкі чоловічі особини. Виняткові жіночі особини маркують і залишають для подальших досліджень.

Після відбраковування на ділянці залишається лише одна родина одного виду з найменшими втратами у процесі багатоступінчастого добору. Решту родин або знищують або архівують шляхом живцювання. Вкорінені живці висаджують на ділянках, віддалених від основного розсадника. Як відомо, для запобігання перезапиленню між родинами перехреснозапильних рослин рекомендується просторова ізоляція на один або кілька кілометрів. Проте, стосовно представників родини Вербові ця вимога практично не може бути реалізована внаслідок повсюдного поширення дикорослих верб і тополь. Тому, вибираючи нові ділянки, потрібно враховувати захищеність їх деревами й чагарниками, хоч повний захист від перезапилення може гарантувати лише примусове запилення в межах родини з використанням ізоляторів.

II етап. Створення вторинних родин, або відгалужень. Після досягнення генеративної зрілості із залишених жіночих особин збирають насіння, яке використовують для створення родин другого порядку (відгалужень первинних родин). У відгалуженнях підвищується вірогідність гомозиготності – об'єднання однакових алелів (варіантів генів, супергенів, гаплотипів) і, як наслідок, – вищеплення рецесивних ознак (за повного домінування) або посилення напівдомінантних ознак (за неповного домінування). При цьому можливе вищеплення гомозигот з бажаними або небажаними ознаками, що робить можливим як позитивний, так і негативний добір.

Добір у відгалуженнях здійснюють так само, як і в первинній родині. Порівняльний аналіз розвитку сіянців у первинній родині і в родинях другого порядку дає змогу виявити закономірності успадкування окремих ознак і комплексів ознак: пряме успадкування (для домінантних моногенних ознак) і складне успадкування (для напівдомінантних, рецесивних і полігенних ознак). Крім того, оцінюють первинну родину за потомством (виключається материнський ефект, можливий в родинях першого порядку).

На I і II етапах рівень генетичної різноманітності в родині знижується за рахунок ба-

гатоступінчастого штучного й природного добору. При цьому, завдяки інбридингу та усуненню дії стабілізуючого добору, можна виявити форми й біотиби, яких немає в природі. За рахунок багатоступінчастого добору в двох поколіннях відбувається очищення родини від небажаного генетичного матеріалу, проте виняткові материнські особини, що не мають цінних ознак, зберігають і використовують для подальшого вивчення мінливості. Таким чином, добір на продуктивність поєднується з добром на різноманітність.

III етап. Міжродинний (індивідуально-родинний) добір. Сукупність родин одного виду утворює модельну популяцію з високим рівнем генетичного розмаїття. Структуру генофонду модельної популяції контролює селекціонер. Роздільне вирощування родин (відповідно до принципу диспергованих насаджень) підвищує надійність збереження початкового матеріалу й знижує ймовірність ураження генотипів різними патогенами. Під час вирощування різних родин в однорідних едафофітоценотичних умовах їх можна порівнювати й використовувати модифікований метод «педігрі», оснований на доборі кращих родин з оцінкою їхнього потомства.

Таким чином, індивідуально-родинний добір дає змогу оцінити й відбракувати не окремі особини, а цілі родини, у відгалуженнях яких значна частка рослин має небажані ознаки. Відбракування родини за початковими особинами (F_0) означає її повне знищення, якщо за потомством, то це не виключає збереження окремих початкових особин з господарсько-цінними ознаками. Ці особини можуть бути використані як родоначальники виробничих клонів, необхідно лише ретельно маркувати такі особини з тим, щоб не допустити їх використання як маточно-насіневих. Виявлені особини з винятковими ознаками також залишаються для подальшого вивчення.

За позитивного індивідуально-родинного добору виникає проблема контролю. Якщо у розпорядженні селекціонера є стандартний районований сорт (клон), то збережені родини повинні мати не гірші за нього показники.

Якщо такого сорту немає, неминучим буде введення плаваючого, чи умовного, контролю, для чого можуть бути використані кращі наявні родини або ідеальні сорти (віртуальні моделі, розроблені за літературними даними).

Родини, що успішно пройшли перевірку за потомством, можуть бути використані для отримання живців і клонування. У цьому разі маточно-насіневу плантацію пере-

водять у категорію маточно-живцевої, але кращі сіянці (або їхні рамети) потрібно використовувати і як матеріал для подальшого родинно-групового добору.

Проте описана схема використання плаваючого контролю є малоприматною в селекції на різноманітність і стійкість; крім того, реальні родини, через постійне розщеплення у разі насінневого розмноження, є далекими від віртуального ідеалу. Акцент на негативний добір дає змогу усунути цю суперечність: кращі родини виділяють внаслідок відбракування гірших.

Розглянуті етапи оснований на аналітичних методах селекції. Подальші етапи – це об'єднання родин, біотипів, клонів у реальні штучні клонально-амфіміктичні популяції.

IV етап. Родинно-груповий добір. За результатами індивідуально-родинного добору кращі сіянці (або їхні рамети) з родин, що успішно пройшли перевірку за потомством, об'єднуються у групи – маточно-насіневі колекції, кожна з яких культивується на власній просторово ізольованій ділянці. У таких синтезованих насадженнях рівень генетичної різноманітності є вищим, порівняно з однородинними колекціями, а частка небажаних генів – меншою, ніж у природних насадженнях.

Можливі два крайні варіанти формування гетерогенних маточно-насіневих колекцій. У першому випадку в групу об'єднують особини, фенотипово схожі за селектованими ознаками, але походять з різних родин. Це типовий родинно-груповий добір, спрямований на запобігання інбредній депресії та одночасне збереження комплексу селектованих ознак. У другому випадку в групу об'єднують кращі особини з різних родин з різними ознаками (наприклад, з різними ритмами розвитку пагонів, з різним габітусом тощо). У селекції верб і тополь другий варіант є перспективнішим, оскільки дає змогу не тільки зберегти досягнутий рівень різноманітності, а й відкриває можливості для отримання нових комплексів ознак. Насадження такого типу – це ретельно відселектований і в той же час генетично різноманітний вторинний матеріал для подальшої селекції.

V етап. Клоновий добір (добір рамет). Це завершальний етап добору, який має дві мети: відсів модифікацій і виявлення соматичних мутацій. Водночас, клоновий добір тісно пов'язаний з попередніми випробуваннями сорту, насамперед на стійкість у різних умовах, тому рамети одного клону мають бути розділені на групи, кожену з яких протягом трьох поколінь вирощують у пев-

них едафо-фітоценотичних умовах. При цьому, в одному місцезростанні (в одному селекційному розсаднику) висаджують клоносуміш з комплементарних клонів.

Підготовка маточно-живцевих особин до клонування включає стандартні процедури: садіння «на пень» і коротке обрізування річних пагонів протягом 1–2 років для отримання пруту. Для збереження здатності сіянців до насінневого розмноження можна рекомендувати обрізання в куці лише частини пагонів.

Для отримання кожного клону використовують живці, нарізані з однорічних (зимових) пагонів однієї маточно-живцевої особини. Живці укорінюють навесні у відкритому ґрунті або в контейнерах. Після повного укорінення (на початку липня) живці висаджують у шкільку живцевих саджанців (за контейнерного вирощування – їх вилучають з контейнерів).

Наступного року відібрані саджанці висаджують у селекційні розсадники, які, за низького відсотка відбраковування (менше ніж 25%), у подальшому можуть бути перетворені на селекційні розсадники. Селекційні розсадники для клонового добору можна одночасно використовувати і як захисні (протиерозійні, водозахисні) насадження, і як енергетичні плантації, а також для архівації клонів.

Під час створення первинних клонів для отримання живців використовують пагони кращих сіянців F_0 , F_1 і наступних поколінь (не обов'язково з кращих родин), тобто проводять позитивний добір. На подальших етапах відбувається негативний добір: частина саджанців гине або відбраковується з різних причин. Для створення клонів другого і третього порядку проводять і позитивний добір: для клонування відбирають кращі саджанці, а для живцювання – кращі пагони (позитивний соматичний добір).

За традиційних конкурсних випробувань з кількох представлених клонів зберігається той, який систематично демонструє найвищі результати, решту клонів відбраковують. Такий підхід призводить до різкого зниження рівня генетичної різноманітності цього виду, тому в селекції на різноманітність необхідно залишати не один найкращий клон, а кілька клонів з різною генетичною основою, які показують високі результати в клоносуміші.

Випробування на стійкість і високу продуктивність поєднується з випробуваннями на відмінність і стабільність: у кожного клону має бути комплекс генетично обумовлених ознак, який дає можливість відрізнити його від інших подібних клонів. Такими ознаками

можуть бути: ритм розвитку пагонів, морфологічні особливості листя (в т. ч. прилистків), забарвлення однорічних пагонів тощо.

Таким чином, селекція Вербових – це тривалий і трудомісткий процес. Отримані родини й клони, що потенційно схрещуються, слід вважати цінним відселектованим матеріалом, генетичним банком, який потрібно зберігати у живому вигляді. Цей матеріал знову може бути використаний для отримання нових родин і клонів.

Усі перераховані методи, типи, форми, стадії та етапи добору мають бути пов'язані шляхом повторюваного добору, за якого в кожному поколінні з кращих особин (зокрема перевірених за потомством) добирають матеріал для клонування й попереднього сортовипробування. Паралельно в кожній родині продовжується і насінневе відновлення, зокрема робота зі створення колекції родин з використанням генетичного потенціалу організмів, що зростають в інших едафо-фітоценотичних умовах, а також генетичного потенціалу інтродуцентів і гібридів.

Насінневе і вегетативне розмноження верб і тополь, а також багаторазове пересаджування молодих рослин дає можливість створювати модельні дисперговані клонально-амфіміктичні популяції з високою частотою цінних алелів і генотипів з високим рівнем генетичної різноманітності. До складу таких популяцій входять родини вищих порядків і клони на всіх етапах клонового добору та експлуатації клоносумішей.

Висновки

Автохтонні популяції верб і тополь мають високий генетичний потенціал і можуть бути використані як початковий матеріал для селекції за широким спектром напрямів. Поліпшений селекційний матеріал є основою для створення стійких високопродуктивних насаджень. Екологічна пластичність верб і тополь дає змогу створювати багатоцільові насадження, в тому числі енергетичні плантації в найрізноманітніших ґрунтових умовах.

Селекційний процес із застосуванням комплексу прогресивних методів добору (індивідуального, родинного, групового і клонового) сприяє отриманню модельних популяцій з високою частотою цінних алелів і генотипів з високим рівнем генетичного різноманіття. За рахунок негативного багатуступінчастого індивідуального внутрішньородинного й міжродинного добору відбувається очищення штучних популяцій від небажаних генів без істотного зменшення рівня генетичного різноманіття.

Використана література

1. Афонин А. А. Методологические принципы создания устойчивых высокопродуктивных насаждений ив (на примере автохтонных видов Брянского лесного массива) / А. А. Афонин. – Брянск : РИО Брянского гос. ун-та, 2005. – 146 с.
2. Барна М. М. Репродуктивна біологія видів і гібридів родини Вербових (*Salicaceae* Mirb.) : автореф. дис. ... доктора біол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаніка» / Барна Микола Миколайович ; Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України. – К., 2002. – 40 с.
3. Гелетуша Г. Г. Энергетический потенциал биомассы в Украине / Г. Г. Гелетуша, З. А. Марценюк // Промышленная теплотехника. – 1998. – Т. 20, № 4. – С. 52–55.
4. Гібридизація та селекція верб як перспективний напрям отримання високопродуктивних клонів / О. М. Горелов, Я. Д. Фучило, Ю. М. Кругляк [та ін.] // Лісівництво і агролісомеліорація : зб. наук. пр. – Х. : УкрНДІЛГА, 2014. – Вип. 125. – С. 108–114.
5. Старова Н. В. Селекция ивовых / Н. В. Старова. – М. : Лесная промышленность, 1980. – 206 с.
6. Фучило Я. Д. Вербі України (біологія, екологія, використання) / Я. Д. Фучило, М. В. Сбитна. – К. : Логос, 2009. – 200 с.
7. Царев А. П. Селекция и репродукция лесных древесных пород / А. П. Царев, С. П. Погиба, В. В. Тренин. – М. : Логос, 2003. – 503 с.
8. El Bassam N. Handbook of Bioenergy Crops: A Complete Reference to Species, Development and Applications / N. El Bassam. – London; Washington, DC : Earthscan, 2010. – 544 p.
9. Chmelar J. Die Weiden Europas / J. Chmelar, W. Meusel. – Wittenberg-Lutherstadt : Ziemsen, 1976. – 143 s.
10. McCracken A. R. Interaction of willow (*Salix*) clones growing in mixtures / A. R. McCracken, W. M. Dawson // Tests of Agrochemicals and Cultivars. – 1998. – No. 14. – P. 54–55.
11. Willow Varietal Identification Guide / B. Caslin, J. Finnan, A. McCracken (eds) / Crops Research Centre, Carlow & Agri-Food Bioscience Institute. – Carlow, Ireland : Teagasc, 2012. – 64 p.
12. Wright J. W. Introduction to Forest Genetics / J. W. Wright. – New York, USA : Academic Press, 1976. – 463 pp.

References

1. Afonin, A. A. (2005). *Metodologicheskie printsipy sozdaniya ustoychivyykh vysokoproduktivnykh nasazhdeniy iv (na primere*

УДК 630* 238:662.63

Фучило Я. Д.¹, Афонин А. А.², Сбитная М. В.³ Селекционные основы выведения новых сортов семейства Ивовые (*Salicaceae* Mirb.) для создания энергетических плантаций // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 18–25. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88607](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88607)

¹Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03141, Украина, e-mail: fuchylo_yar@ukr.net

²Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского, ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, 241036, Российская Федерация, e-mail: afonin.salix@gmail.com

³Обособленное подразделение Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Боярская лесная опытная станция», ул. Лесоопытная, 12, г. Боярка, Киевская обл., 08150, Украина, e-mail: boyarka_nauka@ukr.net

Цель. Разработать алгоритм создания новых высокопродуктивных сортов-клонов представителей семейства *Salicaceae* с улучшенными хозяйственно-ценными признаками для их использования при создании энергетических плантаций. **Методы.** Полевой, лабораторный, аналитический, селекционный. **Результаты.** Схема организации селекционного процесса с представителями семейства Ивовые включала следующие этапы: I этап – создание первичных семей (F_0); II этап – создание вторичных семей, или ответвлений; III этап – межсеме́йный (индивидуально-семе́йный) отбор; IV этап – семе́йно-групповой отбор; V этап – клоновый отбор (отбор рамет). **Выводы.** Селекционный процесс

avtokhtonnykh vidov Bryanskogo lesnogo massiva) [Methodological principles of creation of the steady highly productive plantations of willows (a study of autochthonic species of the Bryansk forest area)]. Bryansk: RIO Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta. [in Russian]

2. Barna, M. M. (2002). *Reproduktyvna biolohiia vydiv i hibrydiv rodyny Verbovykh (Salicaceae Mirb.)* [Reproductive biology of species and hybrids of the family *Salicaceae* Mirb.] (Extended Abstract of Dr. Biol. Sci. Diss.). M. H. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
3. Heletukha, H. H., & Martsenyuk, Z. A. (1998). *Energeticheskiy potentsial biomassy v Ukraine* [Energy potential of biomass in Ukraine]. *Promyshlennaya teplotekhnika* [Industrial Heat Engineering], 20(4), 52–55. [in Russian]
4. Gorelov, A. M., Fuchylo, Ya. D., Krugliak, Yu. M., Viriova, V. M., & Gorelov, A. A. (2014). *Hibrydyzatsiya ta selektsiya verb yak perspektyvnyi napriam otrymannia vysokoproduktyvnykh kloniv* [Willows hybridization and breeding as a promising trend of highly productive clones obtaining]. *Lisivnytstvo i agrolisomelioryatsiya* [Forestry & Forest Melioration], 125, 108–114. [in Ukrainian]
5. Starova, N. V. (1980). *Selektsiya ivovykh* [Breeding of *Salicaceae*]. Moscow: Lesnaya promyshlennost. [in Russian]
6. Fuchylo, Ya. D., & Sbytna, M. V. (2009). *Verby Ukrainy (biolohiia, ekolohiia, vykorystannia)* [Willows of Ukraine (biology, ecology, use)]. Kyiv: Lohos. [in Ukrainian]
7. Tsarev, A. P., Pogiba, S. P., & Trenin, V. V. (2003). *Selektsiya i reproduktsiya lesnykh drevestnykh porod* [Breeding and reproduction of forest timber species]. Moscow: Logos. [in Russian]
8. El Bassam, N. (2012). *Handbook of Bioenergy Crops: A Complete Reference to Species, Development and Applications*. London/Washington, DC: Earthscan.
9. Chmelar, J., & Meusel, W. (1976). *Die Weiden Europas*. Wittenberg-Lutherstadt: Ziemsen.
10. McCracken, A. R., & Dawson, W. M. (1998). Interaction of willow (*Salix*) clones growing in mixtures. *Tests of Agrochemicals and Cultivars*, 19, 54–55.
11. Caslin, B., Finnan, J., & McCracken, A. (Eds.). (2012). *Willow Varietal Identification Guide*. Carlow, Ireland : Teagasc.
12. Wright, J. W. (1976). *Introduction to Forest Genetics*. New York, USA: Academic Press.

с применением комплекса прогрессивных методов отбора (индивидуального, семейного, группового и клонового) позволяет получать модельные популяции с высокой частотой ценных аллелей и генотипов и высоким уровнем генетического многообразия. За счет негативного многоступенчатого индивидуального внутри-семе́йного и межсеме́йного отбора происходит очистка искусственных популяций от нежелательных форм без существенного снижения уровня генетического многообразия.

Ключевые слова: селекционный процесс, род *Salix* L., род *Populus* L., сортовыведение, алгоритм отбора перспективных форм.

UDC 630* 238:662.63

Fuchylo, Ya. D.¹, Afonin, A. A.², & Sbytna, M. V.³ Selection bases of developing new varieties of willow family (Salicaceae Mirb.) to create energy plantations. *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslin* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 18–25. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88607](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88607)

¹*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 25 Klinichna Str., Kyiv, 03141, Ukraine, e-mail: Fuchylo_yar@ukr.net*

²*Bryansk State University nd. a. academician I. G. Petrovsky, 14 Bezhitskaya Str., Bryansk, 241036, Russian Federation, e-mail: Afonin.salix@gmail.com*

³*Separated subdivision of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Boyarka Forestry Research Station", 12 Lisodoslidna Str., Boyarka, Kyiv region, 08150, Ukraine, e-mail: Boyarka_nauka@ukr.net*

Purpose. To develop an algorithm of creation of new highly productive clonal varieties of Salicaceae family representatives with improved agronomic characters that can be used at energy plantations **Methods.** Field investigations, laboratory analysis, analytical approach, selection method. **Results.** Flow chart of selection process with representatives of Salicaceae family included the following stages: the Ist stage – creation of primary families (F_0); the IInd stage – creation of the second families, or branches; the IIIrd stage – interfamily (individually-familial) selection; IVth stage – familial-group selection; the Vth stage – clonal selection (selection of ramets). **Conclusions.** Breed-

ing process with the use of complex of advanced methods of selection (individual, familial, group and clonal ones) allows to get model populations with high-frequency of valuable alleles and genotypes and with the high level of genetic variety. Due to a negative multi-stage individual intrafamilial and interfamily selection, cleaning of artificial populations from undesirable forms takes place without the substantial decrease of genetic variety level.

Keywords: selection process, genus *Salix* L., genus *Populus* L., varietal plant breeding, algorithm of perspective form selection.

Надійшла 3.10.2016

Алельний стан ключових генів каротиногенезу за ДНК-маркерами у лінії кукурудзи та їхніх гібридів

Ю. О. Гончаров, Т. М. Сатарова, Б. В. Дзюбецький, В. Ю. Черчель

ДУ Інститут зернових культур НААН України, вул. В. Вернадського, 14, м. Дніпро, 49027, e-mail: wild91@list.ru

Мета. Аналіз алельного стану ключових генів каротиногенезу – гена лікопін-ε-циклази (*lcyε*) та гена β-каротингідроксилази (*crtRB1*) за ДНК-маркерами *lcyε*-3'INDL, *lcyε*-SNP216 та *crtRB1*-3'TE у лінії кукурудзи вітчизняної селекції та їхніх гібридів. **Методи.** Виділення ДНК, полімеразна ланцюгова реакція, гель-електрофорез. **Результати.** Досліджено алельний стан ключових генів каротиногенезу за ДНК-маркерами у восьми інбредних ліній кукурудзи та їхніх простих гібридів. Молекулярно-генетичний поліморфізм у дослідженій добірці ліній і гібридів був виявлений за геном β-каротингідроксилази для маркера *crtRB1*-3'TE. Для цього гена підтверджено кодомінантний характер успадкування алелей батьківських ліній у простих гібридах. За маркерами гена лікопін-ε-циклази *lcyε*-3'INDL та *lcyε*-SNP216 серед досліджених ліній і гібридів поліморфізму не виявлено, вивчені генотипи містили лише по одному варіанту алелей кожного маркера. Для ліній 'ДК2533СЗМ', 'ДК633/266зС,зМ', 'ДК366зС,зМ' та гібридів 'ДК296С×ДК2533СЗМ', 'ДК272С×ДК633/266зС,зМ' і 'ДК231С×ДК366зС,зМ' слід очікувати зниження активності ферменту β-каротингідроксилази внаслідок мутації гена *crtRB1* у разі впливу транспозонового елемента на 3'-кінці, а також інгібування переходу β-каротину в β-криптоксантин, що дає змогу прогнозувати накопичення β-каротину в зерні. **Висновки.** Внаслідок проведеного дослідження алельного стану генів каротиногенезу в кукурудзи було встановлено відсутність поліморфізму за маркерами *lcyε*-3'INDL та *lcyε*-SNP216 гена лікопін-ε-циклази у восьми інбредних ліній та їхніх простих гібридів, причому за маркером *lcyε*-3'INDL у геномах усіх досліджених зразків міститься сприятливий для накопичення β-каротину алель. За маркером *crtRB1*-3'TE гена β-каротингідроксилази досліджений селекційний матеріал виявився поліморфним. Сприятливий для накопичення β-каротину алель гена *crtRB1* ідентифіковано в лініях 'ДК2533СЗМ', 'ДК633/266зС,зМ', 'ДК366зС,зМ' та гібридах 'ДК296С×ДК2533СЗМ', 'ДК272С×ДК633/266зС,зМ' і 'ДК231С×ДК366зС,зМ'. Прості гібриди кодомінантно успадковують алелі гена β-каротингідроксилази материнської та батьківської ліній.

Ключові слова: алель, молекулярно-генетичні маркери, каротиногенез, кукурудза, лінія, гібрид.

Вступ

Кукурудза – важлива кормова, технічна та харчова культура, яка здатна забезпечити кормами тваринництво та сировиною хімічну, біотехнологічну та харчову промисловість. Середня врожайність зерна кукурудзи в сільськогосподарських підприємствах України в 2014 р. становила 6,66 т/га, в 2015 р. – 6,11 т/га, тоді як для найкращих гібридів вітчизняної селекції цей показник

досягає 7,92 та 7,84 т/га відповідно. Останніми роками зерно кукурудзи стало провідною складовою експортного потенціалу України [1, 2]. У зв'язку з цим постає актуальне завдання створення форм кукурудзи з підвищеною харчовою цінністю, новими споживчими якостями, які забезпечать вітчизняним гібридам конкурентоспроможність на світовому ринку.

Кукурудза – одна із зернових культур, яка здатна накопичувати в ендоспермі насіння значну кількість каротиноїдів [3]. Каротиноїди – це клас рослинних пігментів, частина з яких в організмі людини та тварин перетворюється на вітамін А.

Вихідним попередником біосинтезу каротиноїдів у кукурудзи виступає C_{20} -сполука – геранілгеранілпірофосфат (ГПФ). ГПФ через ряд проміжних продуктів перетворюється на першу забарвлену речовину лікопін

Yuriy Goncharov

<http://orcid.org/0000-0001-8128-7098>

Tatiana Satarova

<http://orcid.org/0000-0002-5571-1139>

Boris Dzubetsky

<http://orcid.org/0000-0003-2955-232X>

Vladyslav Cherchel

<http://orcid.org/0000-0002-0429-4961>

[3, 4], який на наступному етапі зазнає реакції циклізації. За асиметричної циклізації лікопін під дією ферменту лікопін-ε-циклази, який кодується геном *lcyε*, перетворюється на δ-каротин – попередник синтезу α-каротину, зеаксантину та лютеїну. За симетричної циклізації лікопіну під дією ферменту лікопін-β-циклази (кодується геном *lcyβ*) утворюється γ-каротин, який здатен поетапно переходити у β-каротин, β-криптоксантин та зеаксантин. Молекула β-каротину, порівняно з іншими каротиноїдами, містить два β-кільця, що забезпечує синтез відразу двох молекул вітаміну А і робить β-каротин найефективнішим попередником синтезу цього цінного вітаміну в організмі людини [5–9].

Для підвищення вмісту саме β-каротину в зерні кукурудзи важливо, щоб утворений лікопін здебільшого брав участь у симетричній, а не асиметричній циклізації. Таким чином, потенційно перспективним шляхом збільшення вмісту β-каротину в зерні кукурудзи є інгібування експресії генів, які забезпечують перетворення лікопіну на α-каротин, та активізація експресії генів, відповідальних за перетворення лікопіну на γ- і β-каротин. Разом з тим, стримування перетворення вже синтезованого β-каротину на β-криптоксантин також сприятиме його накопиченню. З цього погляду визначальними для кукурудзи є дослідження поліморфізму гена лікопін-ε-циклази (*lcyε*) та гена β-каротингідроксилази 1 (*crtRB1*), розміщених відповідно на хромосомах 8 і 10.

С. Е. Narjes et al. [10] дослідили поліморфізм гена *lcyε* та виявили три поліморфні сайти, найбільшою мірою пов'язані з варіюванням вмісту каротиноїдів, які можна розглядати як молекулярні маркери алельного стану цього гена: індел на 5'-кінці (маркер *lcyε*-5'INDL), однонуклеотидна заміна всередині цього гена (маркер *lcyε*-SNP216) та індел на 3'-кінці (маркер *lcyε*-3'INDL).

Ген *crtRB1* є одним із ключових генів біосинтезу каротиноїдів і пов'язаний з їх накопиченням у ендоспермі кукурудзи [11–14]. На цей час виявлено три поліморфні ділянки цього гена, які впливають на варіювання концентрації каротиноїдів у зерні і також розглядаються як маркери алельного стану цього гена: ділянка на 5'-кінці, поліморфізм якої зумовлений дією транспозонованого елемента (маркер *crtRB1*-5'TE), ділянка всередині гена (маркер *crtRB1*-IND14) та ділянка на 3'-кінці, поліморфізм якої також зумовлений дією транспозонованого елемента (маркер *crtRB1*-3'TE) [15]. Варто зазначити,

що сприятливий алель за маркером *crtRB1*-3'TE здатен самостійно подвоїти вміст β-каротину в зерні кукурудзи, незалежно від алельного стану маркера *crtRB1*-5'TE та маркерів гена *lcyε* [14, 16, 17].

У літературі немає інформації щодо поширеності алелей генів лікопін-ε-циклази та β-каротингідроксилази серед вітчизняних селекційних зразків кукурудзи, а також особливостей їх успадкування у самозапилених ліній та їхніх гібридів. У зв'язку з цим метою дослідження був аналіз алельного стану ключових генів каротиногенезу – гена лікопін-ε-циклази та гена β-каротингідроксилази за ДНК-маркерами *lcyε*-3'INDL, *lcyε*-SNP216 та *crtRB1*-3'TE у ліній кукурудзи вітчизняної селекції та їхніх гібридів.

Матеріали та методика досліджень

Досліджено 8 перспективних інбредних ліній кукурудзи (*Zea mays* L.), створених у ДУ Інститут зернових культур НААН (м. Дніпро), та їхніх простих гібридів.

ДНК виділяли з п'яти-семи 7-добових проростків кожного генотипу за модифікованим СТАВ-методом [18]. Алельний стан генів, що беруть участь у детермінації каротиногенезу, визначали за допомогою ДНК-маркерів *lcyε*-3'INDL, *lcyε*-SNP216 та *crtRB1*-3'TE – з використанням методів полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) та гель-електрофорезу. Нуклеотидні послідовності праймерів для ампліфікації відповідних ділянок ДНК-маркерів наведено в таблиці 1.

Оскільки для маркера *lcyε*-SNP216 очікується поява нуль-алеля з відсутністю будь-якої смуги на електрофоретичній доріжці, для підтвердження наявності ДНК зразка проводили дуплексну ПЛР з додаванням у реакційну суміш, крім праймерів до маркера *lcyε*-SNP216, праймерів до гена алкогольдегідрогенази кукурудзи *adh1* (внутрішній контроль): Adh-F3: cgtcgtttcccatctctctctcc, Adh-R1: gacagaggagaacaaggcg. У дуплексній ПЛР для гена *adh1* очікували появу смуги розміром 234 п.н.

Реакційна суміш для ПЛР одного зразка об'ємом 20 мкл містила: DreamTaq™Green буфер, (6x) – 2 мкл; DreamTaq™ полімеразу (ThermoScientific), (5 од./мкл) – 0,2 мкл; суміш дезоксирибонуклеотидів – по 200 мкМ кожного dNTP; прямий праймер – 0,2 мкМ; зворотний праймер – 0,2 мкМ; зразок ДНК – 30 нг.

ПЛР проводили згідно з методикою Т. Safawo et al. [5] за таких умов: початкова денатурація – при температурі 94 °С протягом 5 хв; далі 40 циклів, які включали такі

Характеристика ДНК-маркерів генів каротиногенезу, використаних у дослідженні

| Молекулярний маркер | | Нуклеотидна послідовність прямого (F) та зворотного (R) праймерів | Посилання |
|--|--|---|-----------|
| Позначення | Локалізація гена (номер хромосоми, номер біна) | | |
| Ген лікопін- ϵ -циклази кукурудзи (<i>lcyϵ</i>) | | | |
| <i>lcyϵ-3'INDL</i> | 8.05 | F1: gtacgtcgttcattctccgtaccc R1: cttggtgaacgcatttctgttg F2: ggaccggaacagccaactg R2: ggcgaaatgggtacggcc | [10] |
| <i>lcyϵ-SNP216</i> | 8.05 | F: gcgagctgggctggat R: tgaagtacggctgaggacaacg | [10] |
| Ген β -каротингідроксилази кукурудзи (<i>crtRB1</i>) | | | |
| <i>crtRB1-3'TE</i> | 10.05 | F: acaccatggacaagttcg R1: acactctggccatgaacac R2: acagcaatacaggggaccag | [15] |

стадії, як денатурація (при 94 °C протягом 1 хв), відпал праймерів (при 60 °C протягом 1 хв) та елонгація (при 72 °C протягом 1 хв). Кінцеву елонгацію здійснювали при 72 °C протягом 5 хв, фаза охолодження проходила при +10 °C.

Візуалізували продукти ампліфікації після електрофоретичного розділення у 2% -му агарозному гелі за допомогою приладу GelDoc™ (BioRad).

Результати досліджень

За маркером *lcy ϵ -3'INDL* ген *lcy ϵ* потенційно може мати два алелі, які на електрофореграмах реєструються як смуги 144+502 п.н. (сприятливий алель) та 399+502 п.н. (несприятливий алель). За маркером *lcy ϵ -SNP216* також описано два можливі алельні стани: поперше, поява на електрофореграмах смуги розміром 395 п.н., що відповідає наявності в цьому маркерному сайті нуклеотиду з азотистою основою тимін (T, несприятливий алель); по-друге, відсутність смуг на електрофореграмах, тобто нуль-алель, що відповідає наявності в маркерному сайті нуклеотиду з азотистою основою гуанін (G, сприятливий алель) [10].

Поліморфізм гена *crtRB1* за маркером *crtRB1-3'TE* проявляється в появі трьох алелей, які на електрофореграмах формують смуги розміром 543 п.н. (алель 1), 296+875 п.н. (алель 2) та 296 п.н. (алель 3). Алель 1 відомий як сприятливий для підвищеного вмісту β -каротину [14, 19, 20], тоді як алелі 2 та 3 мають несприятливий ефект [15].

Результати електрофоретичного розподілу продуктів ампліфікації у ліній кукурудзи та їхніх гібридів на прикладі маркера *crtRB1-3'TE* наведено на рисунку 1. У таблиці 2 вміщено узагальнені дані щодо алельного стану генів каротиногенезу за маркера-

ми *lcy ϵ -3'INDL*, *lcy ϵ -SNP216* та *crtRB1-3'TE* для всіх досліджених ліній і гібридів.

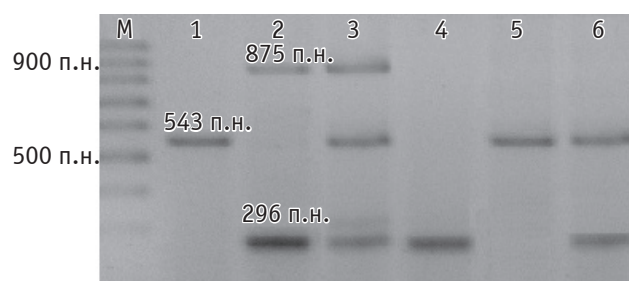


Рис. 1. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК ліній і гібридів кукурудзи з маркером *crtRB1-3'TE*: М – маркер молекулярної маси з кроком 100 п.н.; 1 – 'ДК2533СЗМ'; 2 – 'ДК296С'; 3 – 'ДК296СЧДК2533СЗМ'; 4 – 'ДК272С'; 5 – 'ДК633/266зС,ЗМ'; 6 – 'ДК272СЧДК633/266зС,ЗМ'

Усі проаналізовані лінії були гомозиготними за використаними молекулярними маркерами.

За маркером *lcy ϵ -3'INDL* усі проаналізовані лінії та їхні гібриди мали алель 144+502 п.н., що, за літературними даними, свідчить про наявність мутації, сприятливої для підвищення вмісту β -каротину в зерні кукурудзи через блокування переходу лікопину в α -каротин. За даними С. Е. Harjes et al. [10], з 280 ліній кукурудзи селекції СІММУТ алель 144+502 п.н. мали 21,79%, а алель 399+502 п.н. – 78,21%.

У дуплексній ПЛР для маркера *lcy ϵ -SNP216* та гена *adh1* у всіх зразків було виявлено смугу розміром 234 п.н., що свідчить про наявність ДНК кукурудзи в суміші для ПЛР. За маркером *lcy ϵ -SNP216* у всіх проаналізованих лініях та гібридах ідентифіковано алель Т (тимін), який є несприятливим для накопичення β -каротину. Альтернативний алельний стан маркера *lcy ϵ -SNP216* – G (гу-

анін) у дослідженому селекційному матеріалі не був виявлений. У дослідженні С. Е. Нартjes et al. [10] з 277 ліній селекції CIMMYT, проаналізованих за маркером *lcyε*-SNP216, алель Т мали 38,63%, а алель G – 61,37%. Наявність у проаналізованих селекційних зразках лише одного можливого стану гена *lcyε* за маркерами *lcyε*-3'INDL та *lcyε*-SNP216 може бути пов'язана з лімітованою кількістю ліній, залучених до експерименту.

За маркером *crtRB1*-3'TE гена β-каротингідроксилази в добірці досліджених ліній та гібридів були виявлені всі три можливі алелі: алель 1 (смуга у 543 п.н.), алель 2 (смуги розміром у 296 п.н. та 875 п.н. одночасно) та алель 3 (смуга у 296 п.н.). Батьківські лінії гібрида 'ДК296С×ДК2533СЗМ' були контрастними за алельним станом маркера *crtRB1*-3'TE: материнська лінія 'ДК296С' несла алель 2 (296+875 п.н.), батьківська лінія 'ДК2533СЗМ' – сприятливий алель 1 (543 п.н.) У ДНК гібрида F₁ цих двох ліній були наявні обидва алелі: алель 2 (296+875 п.н.) – від матері та алель 1 (543 п.н.) – від батька.

Таким чином, гібрид першого покоління 'ДК296С×ДК2533СЗМ' у гетерозиготі ніс сприятливий алель гена β-каротингідроксилази. Наведені закономірності розподілу алелей підтверджувалися і під час аналізу ДНК п'яти окремих рослин лінії 'ДК296С' та п'яти окремих рослин гібрида 'ДК296С×ДК2533СЗМ'. Батьківські лінії наступного гібрида 'ДК272С×ДК633/266зС,зМ' також були контрастними за алельним станом маркера *crtRB1*-3'TE. Материнська лінія 'ДК272С' несла несприятливий алель 3 у 296 п.н., батьківська лінія 'ДК633/266зС,зМ' – сприятливий алель 1 розміром 543 п.н. Гібрид 'ДК272С×ДК633/266зС,зМ' містив обидва

алелі цього маркера, 296 п.н. та 543 п.н., що є очікуваним для кодомінантного маркера. Аналогічна ситуація за маркером *crtRB1*-3'TE зафіксована і для гібрида 'ДК231С×ДК366зС,зМ' та його батьківських ліній. Лінії 'ДКВ3262', 'РНТ60' та їхній гібрид 'ДКВ3262×РНТ60' за маркером *crtRB1*-3'TE були мономорфними і несли лише несприятливий алель 3 розміром 296 п.н.

Поліморфізм за маркером *crtRB1*-3'TE був виявлений у ряді досліджень. Так, в роботі [14] частота зустрічальності сприятливого алеля 543 п.н. серед 70 ліній кукурудзи, задіяних в селекційних програмах в Індії, становила 5,71%. У дослідженнях [8, 9] за цим же маркером серед 385 ліній сприятливий алель 1 (543 п.н.) мали 3,90%, а несприятливі алелі 2 (296+875 п.н.) та 3 (296 п.н.) – 13,25% та 82,86% ліній відповідно. Серед 15 ліній зі сприятливим алелем п'ять належали до селекційної програми CIMMYT, решта – до індійської селекційної програми.

Таким чином, молекулярно-генетичний поліморфізм у дослідженій добірці ліній і гібридів кукурудзи був виявлений за одним з трьох маркерів – маркером гена β-каротингідроксилази *crtRB1*-3'TE. Для цього маркера підтверджено кодомінантний характер успадкування алелей батьківських ліній у простих гібридах. За маркерами гена лікопін-ε-циклази *lcyε*-3'INDL та *lcyε*-SNP216 серед досліджених ліній і гібридів поліморфізму не було виявлено, вони містили лише по одному варіанту алелей кожного маркера.

У ліній 'ДК2533СЗМ', 'ДК633/266зС,зМ', 'ДК366зС,зМ' і гібридів 'ДК296С×ДК2533СЗМ', 'ДК272С×ДК633/266зС,зМ' і 'ДК231С×ДК366зС,зМ' слід очікувати зниження активності ферменту

Таблиця 2

Алельний стан генів каротиногенезу за ДНК-маркерами в лінії кукурудзи та їхніх гібридів

| Лінія або гібрид | Алельний стан генів | | |
|-------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| | лікопін-ε-циклаза | | β-каротингідроксилаза |
| | <i>lcyε</i> -3'INDL, п.н. | <i>lcyε</i> -SNP216 | <i>crtRB1</i> -3'TE, п.н. |
| 'ДК296С' | 144+502 | Т | 296+875 |
| 'ДК2533СЗМ' | 144+502 | Т | 543 |
| 'ДК296С×ДК2533СЗМ' | 144+502 | Т | 296+543+875 |
| 'ДК272С' | 144+502 | Т | 296 |
| 'ДК633/266зС,зМ' | 144+502 | Т | 543 |
| 'ДК272С×ДК633/266зС,зМ' | 144+502 | Т | 296+543 |
| 'ДК231С' | 144+502 | Т | 296 |
| 'ДК366зС,зМ' | 144+502 | Т | 543 |
| 'ДК231С×ДК366зС,зМ' | 144+502 | Т | 296+543 |
| 'ДКВ3262' | 144+502 | Т | 296 |
| 'РНТ60' | 144+502 | Т | 296 |
| 'ДКВ3261×РНТ60' | 144+502 | Т | 296 |

Примітка. Т – азотиста основа тимін.

β -каротингідроксилази через мутацію гена *crtRB1* за впливу транспозонового елементу на 3'-кінці, а також інгібування переходу β -каротину в β -криптоксантин та накопичення β -каротину в зерні.

Для гібридів F_1 'ДК296С×ДК253ЗСЗМ', 'ДК272С×ДК633/266зС,зМ' і 'ДК231С×ДК366зС,зМ' у разі використання фертильних форм добір у потомстві від самозапилення на підвищення частоти алеля маркера *crtRB1-3'ТЕ*, сприятливого для каротиногенезу, буде ефективним і дасть можливість у подальших циклах інбридингу та доборів перевести ген β -каротингідроксилази на ділянці *crtRB1-3'ТЕ* в гомозиготний стан у разі поєднання за рахунок рекомбінації з іншими корисними ознаками. В той же час, добір на підвищення частоти алелей генів *lcyε* та *crtRB1* у потомстві гібрида 'ДКВ3262×РНТ60' від самозапилення буде неефективним.

Висновки

Проведене дослідження алельного стану ключових генів каротиногенезу в кукурудзи свідчить про відсутність поліморфізму за маркерами *lcyε-3'INDL* та *lcyε-SNP216* гена лікопін- ϵ -циклази у восьми інбредних лініях та їхніх чотирьох простих гібридах, причому за маркером *lcyε-3'INDL* геноми досліджених зразків містять сприятливий для накопичення β -каротину алель.

За маркером *crtRB1-3'ТЕ* гена β -каротингідроксилази досліджений селекційний матеріал є поліморфним. Сприятливий для накопичення β -каротину алель виявлено в лініях 'ДК253ЗСЗМ', 'ДК633/266зС,зМ', 'ДК366зС,зМ' і гібридах 'ДК296С×ДК253ЗСЗМ', 'ДК272С×ДК633/266зС,зМ' і 'ДК231С×ДК366зС,зМ'. Прості гібриди кодомінантно успадковують алелі маркера *crtRB1-3'ТЕ* материнської та батьківської ліній.

Використана література

1. Сатарова Т. Н. Кукуруза: биотехнологические и селекционные аспекты гаплоидии : монография / Т. Н. Сатарова, В. Ю. Черчель, А. В. Черенков. – Днепропетровск : Новая идеология, 2013. – 552 с.
2. Рослинництво України. Статистичний збірник за 2015 рік / Державна служба статистики України. – К., 2016. – 180 с.
3. Generation of transgenic maize with enhanced provitamin A content / M. Aluru, Y. Xu, R. Guo [et al.] // J. Exp. Bot. – 2008. – Vol. 59, Iss. 13. – P. 3551–3562. doi: 10.1093/jxb/ern212
4. Natural variation in the sequence of *PSY* and frequency of favorable polymorphism among tropical and temperate maize germplasm / Z. Fu, Y. Chai, Y. Zhou [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2013. – Vol. 126, Iss. 4. – P. 923–935. doi: 10.1007/s00122-012-2026-0
5. Exploitation of natural variability in maize for β -carotene content using HPLC and gene specific markers / T. Safawo, N. Senthil, M. Raveendran [et al.] // Electron. J. Plant Breed. – 2010. – Vol. 1, Iss. 4. – P. 548–555.

6. *ZmcrtrB3* encodes a carotenoid hydroxylase that affects the accumulation of α -carotene in maize kernel / Y. Zhou, Y. Han, Z. Li [et al.] // J. Integr. Plant Biol. – 2012. – Vol. 54, No. 4. – P. 260–269. doi: 10.1111/j.1744-7909.2012.01106.x
7. Marker-trait association analysis of functional gene markers for provitamin A level across diverse tropical yellow maize inbred lines / G. Azmach, M. Gedil, A. Menkir, C. Spillane // BMC Plant Biol. – 2013. – Vol. 13. – P. 227. doi: 10.1186/1471-2229-13-227
8. Development of β -carotene rich maize hybrids through marker-assisted introgression of *β -carotene hydroxylase* allele / V. Muthusamy, F. Hossain, N. Thirunavukkarasu [et al.] // PLoS ONE. – 2015. – Vol. 9, No. 12. – e113583. doi: 10.1371/journal.pone.0113583
9. Allelic variations for *lycopene- ϵ -cyclase* and *β -carotene hydroxylase* genes in maize inbreds and their utilization in β -carotene enrichment programme / V. Muthusamy, F. Hossain, N. Thirunavukkarasu [et al.] // Cogent Food and Agriculture. – 2015. – Vol. 1, Iss. 1. – 1033141. doi: 10.1080/23311932.2015.1033141
10. Natural genetic variation in lycopene epsilon cyclase tapped for maize biofortification / C. E. Harjes, T. R. Rocheford, L. Bai [et al.] // Science. – 2008. – Vol. 319. – P. 330–333. doi: 10.1126/science.1150255
11. Advances in maize genomics and their value for enhancing genetic gains from breeding / Y. Xu, D. J. Skinner, H. Wu [et al.] // Intl J Plant Genomics. – 2009. – Vol. 2009. – Article ID 957602. doi: 10.1155/2009/957602
12. Yan J. Association mapping for enhancing maize (*Zea mays* L.) genetic improvement / J. Yan, M. Warburton, J. Crouch // Crop Science. – 2011. – Vol. 51. – P. 433–449.
13. Introgression of the *crtRB1* gene into quality protein maize inbred lines using molecular markers / L. Liu, D. Jeffers, Y. Zhang [et al.] // Mol. Breeding. – 2015. – Vol. 35, Iss. 8. – P. 154. doi: 10.1007/s11032-015-0349-7
14. Screening of maize (*Zea mays* L.) germplasm for *crtRB1-3'TE* allele enhancing provitamin A concentration in endosperm / D. B. Sagare, P. Shetti, S. S. Reddy [et al.] // Res. Environ. Life Sci. – 2015. – Vol. 8, No. 4. – P. 673–674.
15. Rare genetic variation at *Zea mays crtRB1* increases beta-carotene in maize grain / J. Yan, C. B. Kandianis, C. E. Harjes [et al.] // Nat. Genet. – 2010. – Vol. 42, Iss. 4. – P. 322–327. doi: 10.1038/ng.551.
16. Validation of the effects of molecular marker polymorphisms in *LcyE* and *CrtRB1* on provitamin A concentrations for 26 tropical maize populations / R. Babu, N. P. Rojas, S. Gao [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2013. – Vol. 126, Iss. 2. – P. 389–399. doi: 10.1007/s00122-012-1987-3.
17. Identification of β -carotene rich maize inbreds using PCR-based assay for *crtRB1-3'TE* allele / D. B. Sagare, P. Shetti, S. S. Reddy [et al.] // I. J. S. N. – 2015. – Vol. 6, No. 3. – P. 441–443.
18. Murray M. G. Rapid isolation of high-molecular weight plant DNA / M. G. Murray, W. F. Thompson // Nuc. Acids Res. – 1980. – Vol. 8, No. 19. – P. 4321–4325.
19. Genetic variability for kernel β -carotene and utilization of *crtRB13'TE* gene for biofortification in maize (*Zea mays* L.) / M. Vignesh, F. Hossain, T. Nepolean [et al.] // Indian J Genet Pl Br. – 2012. – Vol. 72, Iss. 2. – P. 189–194.
20. Sequence variation in 3'UTR region of *crtRB1* gene and its effect on β -carotene accumulation in maize kernel / M. Vignesh, T. Nepolean, F. Hossain [et al.] // J. Plant Biochem. Biotechnol. – 2013. – Vol. 22, Iss. 4. – P. 401–408. doi: 10.1007/s13562-012-0168-4

References

1. Satarova, T. N., Cherchel, V. Yu., & Cherenkov, A. V. (2013). *Kukuruza: biotekhnologicheskie i selekcionnye aspekty gaploidii* [Maize: biotechnological and breeding aspects of haploidy]. Dnepropetrovsk: Novaya ideologiya. [in Russian]

2. Roslynnystvo Ukrainy. Statystychnyi zbirnyk za 2015 rik [Crop production of Ukraine. Statistical yearbook 2015]. (2015). Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
3. Aluru, M., Xu, Y., Guo, R., Wang, Z., Li, S., White, W., Wang, K., & Rodermeil, S. (2008). Generation of transgenic maize with enhanced provitamin A content. *J. Exp. Bot.*, 59(13), 3551–3562. doi: 10.1093/jxb/ern212
4. Fu, Z., Chai, Y., Zhou, Y., Yang, X., Warburton, M. L., Xu, S., ... Yan, J. (2012). Natural variation in the sequence of *PSY* and frequency of favorable polymorphism among tropical and temperate maize germplasm. *Theor. Appl. Genet.*, 126(4), 923–935. doi: 10.1007/s00122-012-2026-0
5. Safawo, T., Senthil, N., Raveendran, M., Vellaikumar, S., Ganesan, K. N., Nallathambi, G., ... Gowri, E. V. (2010). Exploitation of natural variability in maize for β -carotene content using HPLC and gene specific markers. *Electron. J. Plant Breed.*, 1(4), 548–555.
6. Zhou, Y., Han, Y., Li, Z., Fu, Z., Xu, S., Li, J., Yan, J., & Yang, X. (2012). *ZmcrRB3* encodes a carotenoid hydroxylase that affects the accumulation of α -carotene in maize kernel. *J. Integr. Plant Biol.*, 54(4), 260–269. doi: 10.1111/j.1744-7909.2012.01106.x
7. Azmach, G., Gedil, M., Menkir, A., & Spillane, C. (2013). Marker-trait association analysis of functional gene markers for provitamin A level across diverse tropical yellow maize inbred lines. *BMC Plant Biol.*, 13, 227. doi: 10.1186/1471-2229-13-227
8. Muthusamy, V., Hossain, F., Thiruvukkarasu, N., Choudhary, M., Saha, S., Bhat, J. S., Prasanna, B. M., & Gupta, H. S. (2015). Development of β -carotene rich maize hybrids through marker-assisted introgression of β -carotene hydroxylase allele. *PLoS ONE*, 9(12), e113583. doi: 10.1371/journal.pone.0113583
9. Muthusamy, V., Hossain, F., Thirunavukkarasu, N., Saha, S., & Gupta, H. S. (2015). Allelic variations for *lycopene- ϵ -cyclase* and *β -carotene hydroxylase* genes in maize inbreds and their utilization in β -carotene enrichment programme. *Cogen Food and Agriculture*, 1(1), 1033141. doi: 10.1080/23311932.2015.1033141
10. Harjes, C. E., Rocheford, T. R., Bai, L., Brutnell, T. P., Kandianis, C. B., Sowinski, S. G., ... Buckler, E. S. (2008). Natural genetic variation in lycopene epsilon cyclase tapped for maize biofortification. *Science*, 319, 330–333. doi: 10.1126/science.1150255
11. Xu, Y., Skinner, D. J., Wu, H., Palacios-Rojas, N., Araus, J. L., Yan, J., ... Crouch, J. H. (2009). Advances in maize genomics and their value for enhancing genetic gains from breeding. *Intl J Plant Genomics*, 2009, Article ID 957602. doi:10.1155/2009/957602
12. Yan, J., Warburton, M., & Crouch, J. (2011). Association mapping for enhancing maize (*Zea mays* L.) genetic improvement. *Crop Science*, 51, 433–449.
13. Liu, L., Jeffers, D., Zhang, Y., Ding, M., Chen, W., Kang, M.S., & Fan, X. (2015). Introgression of the *crRB1* gene into quality protein maize inbred lines using molecular markers. *Mol. Breeding*, 35(8). – P. 154. doi: 10.1007/s11032-015-0349-7.
14. Sagare, D. B., Shetti, P., Reddy, S. S., Surender, M., & Pradeep, T. (2015). Screening of maize (*Zea mays* L.) germplasm for *crRB1-3' TE* allele enhancing provitamin A concentration in endosperm. *Res. Environ. Life Sci.*, 8(4), 673–674.
15. Yan, J., Kondionis, B. C., Harjes, E. C., Boi, L., Kim, H. E., Yang, X., ... Rocheford, T. (2010). Rare genetic variation at *Zea mays crRB1* increases beta-carotene in maize grain. *Nature Genet.*, 42(4), 322–327. doi: 10.1038/ng.551
16. Babu, R., Rojas, N. P., Gao, S., Yan, J., & Pixley, K. (2013). Validation of the effects of molecular marker polymorphisms in *LcyE* and *CrRB1* on provitamin A concentrations for 26 tropical maize populations. *Theor Appl Genet.*, 126(2), 389–399. doi: 10.1007/s00122-012-1987-3
17. Sagare, D. B., Shetti, P., Reddy, S.S., Surender, M., & Pradeep, T. (2015). Identification of β -carotene rich maize inbreds using PCR-based assay for *crRB1-3' TE* allele. *I. J. S. N.*, 6(3), 441–443.
18. Murray, M. G., & Thompson, W. F. (1980). Rapid isolation of high-molecular weight plant DNA. *Nuc. Acid. Res.*, 8(19), 4321–4325.
19. Vignesh, M., Hossain, F., Nepolean, T., Saha, S., Agrawal, P. K., Guleria, S. K., Prasanna, B. M., & Gupta, H. S. (2012). Genetic variability for kernel β -carotene and utilization of *crRB13' TE* gene for biofortification in maize (*Zea mays* L.). *Indian J Genet Pl Br*, 72(2), 189–194.
20. Vignesh, M., Nepolean, T., Hossain, F., Singh A. K., & Gupta, H. S. (2013). Sequence variation in 3'UTR region of *crRB1* gene and its effect on β -carotene accumulation in maize kernel. *J. Plant Biochem. Biotechnol.*, 22(4), 401–408. doi: 10.1007/s13562-012-0168-4

УДК 577.2:633.15

Гончаров Ю. А.*, Сатарова Т. Н., Дзюбецкий Б. В., Черчель В. Ю. Аллельное состояние ключевых генов каротиногена по ДНК-маркерам у линий кукурузы и их гибридов // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 26–32. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88666](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88666)

ГУ Інститут зернових культур НААН України, ул. В. Вернадського, 14, г. Дніпр, 49027, Україна, *e-mail: wild91@list.ru

Цель. Анализ аллельного состояния ключевых генов каротиногена – гена ликопин- ϵ -циклазы (*lcy ϵ*) и гена β -каротингидроксилазы (*crRB1*) по ДНК-маркерам у линий кукурузы отечественной селекции и их гибридов. **Методы.** Выделение ДНК, полимеразная цепная реакция, гель-электрофорез. **Результаты.** Исследовано аллельное состояние ключевых генов каротиногена у восьми инбредных линий кукурузы и их простых гибридов. Молекулярно-генетический полиморфизм в исследованной выборке линий и гибридов был выявлен по гену β -каротингидроксилазы для маркера *crRB1-3' TE*. Для этого гена подтвержден кодоминантный характер наследования аллелей родительских линий в простых гибридах. По маркерам гена ликопин- ϵ -циклазы *lcy ϵ -3' INDL* и *lcy ϵ -SNP216* среди исследованных линий и гибридов полиморфизма не было выявлено, изученные генотипы имели по одному варианту аллелей каждого маркера. Для линий 'ДК2533СЗМ', 'ДК633/266зС,зМ', 'ДК366зС,зМ' и гибридов 'ДК296С×ДК2533СЗМ', 'ДК272С×ДК633/266зС,зМ' и

'ДК231С×ДК366зС,зМ' следует ожидать снижения активности фермента β -каротингидроксилазы в результате мутации гена *crRB1* под воздействием транспозонового элемента на 3'-конце, ингибирования перехода β -каротина в β -криптоксантин, что позволяет прогнозировать накопление β -каротина в зерне. **Выводы.** В результате проведенного исследования аллельного состояния генов каротиногена у кукурузы было установлено отсутствие полиморфизма по маркерам *lcy ϵ -3' INDL* и *lcy ϵ -SNP216* гена ликопин- ϵ -циклазы у восьми инбредных линий и их простых гибридов, причем по маркеру *lcy ϵ -3' INDL* в геномах всех изученных образцов содержится благоприятный для накопления β -каротина аллель. По маркеру *crRB1-3' TE* гена β -каротингидроксилазы изученный селекционный материал оказался полиморфным. Благоприятный для накопления β -каротина аллель гена *crRB1* идентифицирован у линий 'ДК2533СЗМ', 'ДК633/266зС,зМ', 'ДК366зС,зМ' и гибридов 'ДК296С×ДК2533СЗМ', 'ДК272С×ДК633/266зС,зМ' и 'ДК231С×ДК366зС,зМ'. Простые гибриды кодоминантно

наследуют аллели гена β -каротингидроксилазы материнской и отцовской линий.

Ключевые слова: аллель, молекулярно-генетические маркеры, каротиногенез, кукуруза, линия, гибрид.

UDC 577.2:633.15

Goncharov, Yu. O.*, Satarova, T. M., Dzubetsky, B. V., & Cherchel, V. Yu. (2016). Allelic status of key genes of carotenogenesis on DNA-markers in maize lines and their hybrids. *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslin* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 26–32. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88666](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88666)

*Institute of Grain Crops of NAAS of Ukraine, 14 V. Vernadskoho Str., Dnipro, 49027, Ukraine, *e-mail: wild91@list.ru*

Purpose. The analysis of allelic status of such key genes of carotenogenesis as gene of lycopene- ϵ -cyclase (*lcy ϵ*) and gene of β -carotene hydroxylase (*crtRB1*) for DNA-markers in domestic maize lines and their hybrids. **Methods.** DNA isolation, PCR, gel electrophoresis. **Results.** Allelic status of key genes of carotenogenesis was investigated in eight maize inbred lines and their single crosses. Molecular genetic polymorphism in the studied sample of maize lines and hybrids has been detected in gene of β -carotene hydroxylase for marker *crtRB1*-3'TE. For this gene, codominant character of inheritance of alleles of parental lines in single crosses was confirmed. For markers of gene of lycopene- ϵ -cyclase *lcy ϵ* -3'INDL and *lcy ϵ* -SNP216, polymorphism in the group of investigated lines and hybrids has not been identified, genotypes included only one variant of alleles for each marker. For lines 'DK253ZSZM', 'DK633/266zS,zM', 'DK366zS,zM' and hybrids 'DK296S \times DK253ZSZM', 'DK272S \times DK633/266zS,zM' and 'DK231S \times DK366zS,zM', the decrease of the activity of β -carotene hydroxylase owing to the mutation of gene *crtRB1* under the influence of transposone element

at the 3'-end, the inhibition of β -carotene transition into β -cryptoxanthin can be expected, that allows to predict β -carotene accumulation in grain. **Conclusions.** The study of allelic status of carotenogenesis gene of lycopene- ϵ -cyclase in maize showed no polymorphism for markers *lcy ϵ* -3'INDL and *lcy ϵ* -SNP216 in eight inbred lines and their single crosses, along with this, for marker *lcy ϵ* -3'INDL in genomes of all studied samples the allele was identified to be favorable for the accumulation of β -carotene. For marker *crtRB1*-3'TE of gene of β -carotene hydroxylase, the studied breeding material was polymorphic. Allele of *crtRB1* being favorable for the accumulation of β -carotene was identified in lines 'DK253ZSZM', 'DK633/266zS,zM', 'DK366zS,zM' and hybrids 'DK296S \times DK253ZSZM', 'DK272S \times DK633/266zS,zM' and 'DK231S \times DK366zS,zM'. Single crosses inherit maternal and paternal alleles of gene of β -carotene hydroxylase co-dominantly.

Keywords: allele, molecular genetic markers, carotenogenesis, maize, line, hybrid.

Надійшла 17.10.2016

Банки ДНК рослин для збереження генетичних ресурсів (огляд)

Н. Е. Волкова

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

Мета. Огляд літератури щодо сучасної стратегії збереження генетичних ресурсів рослин – створення банків ДНК. **Результати.** Проаналізовано стан збереження генетичних ресурсів рослин за умови загрози генетичної ерозії. Показано важливість створення банків ДНК, функція яких полягає у збереженні зразків ДНК і асоційованих продуктів та їх поширенні для науково-дослідних цілей. Наведено опис основних банків ДНК у світі, а також Республіканського банку ДНК людини, тварин, рослин і мікроорганізмів в Інституті генетики і цитології НАН Білорусі. Розглянуто етапи банкування ДНК: збирання тканин (як правило, з листя), руйнування клітин, екстракція ДНК, зберігання ДНК. Здійснено порівняння різних методів збирання тканин, екстракції та зберігання ДНК. Поручено питання про необхідність створення банку ДНК рослин в Україні. **Висновки.** Колекції ДНК є важливим ресурсом у рамках глобальних зусиль з подолання кризи у сфері біорізноманіття, управління генетичними ресурсами у світі та максимального збільшення їхнього потенціалу.

Ключові слова: генетична ерозія, біорізноманіття, генетичні ресурси, банк ДНК рослин.

Вступ

Генетична різноманітність рослин перебуває під загрозою «генетичної ерозії» – термін, уведений вченими для позначення втрати деяких генів і комбінацій генів, наприклад, тих, які виявлено в адаптованих до місцевих умов сортах. Основною причиною генетичної ерозії є заміна місцевих різновидів сучасними, це означає, що не всі гени, наявні в давніх сортах, містяться в нових. Крім того, кількість сортів часто зменшується, коли комерційні сорти інтродують у традиційну систему землеробства. Інші причини генетичної ерозії – поява нових шкідників, бур'янів і захворювань, деградація навколишнього середовища, урбанізація й розчищення земель шляхом дефорестації та лісових пожеж.

Традиційні зусилля в боротьбі з генетичною ерозією в основному полягали у збереженні насіння в генетичних банках сільськогосподарських культур (*ex situ*). Сьогодні стало зрозумілим, що найкраща стратегія об'єднує в собі збереження як *ex situ*, так і *in situ*, тобто фермерами в агроекосистемах, а також захист дикорослих родичів культурних рослин, наприклад, в районах, які охороняють у зв'язку з їхньою екологічною цінністю. Такі способи запобігання втраті генетичного різноманіття рослин є життєво необхідними, але не менш важливим є й стале використання рослинних генетичних ресурсів. Генетичне різноманіття рослин

збільшує можливості вибору й забезпечує захист від майбутніх несприятливих умов, таких, зокрема, як екстремальне й мінливе навколишнє середовище.

У 1983 р. Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) створила Комісію з генетичних ресурсів для виробництва продовольства й ведення сільського господарства – орган, який вирішує конкретні питання щодо рослинних генетичних ресурсів, зокрема допомагає координувати й спрямовувати ряд важливих міжнародних ініціатив, підвищуючи обізнаність міжнародного співтовариства про стрімке зростання генетичної ерозії та організовуючи на політичному рівні узгоджені зусилля зі збереження генетичного різноманіття. Комісія розробила Стандарти генних банків і Міжнародний кодекс збору та передачі зародкової плазми рослин, які допомагають звести до мінімуму втрату генетичного різноманіття в колекціях насіння й керувати місіями зі збирання генетичних ресурсів рослин. У 1990-х рр. Комісія координувала роботу з оцінки та подання звітів про стан світових генетичних ресурсів рослин для виробництва продовольства й ведення сільського господарства у більш ніж 100 країнах. У 1996 р. 150 країн погодили розроблений Комісією Глобальний план дій з метою збереження та сталого використання рослинних генетичних ресурсів для виробництва продовольства й ведення сільського господарства – першу програму, в якій вдалося об'єднати діяльність зі збереження та використання ресур-

Nataliia Volkova
<http://orcid.org/0000-0002-9333-4872>

сів. У 2011 р. Рада FAO прийняла узгоджений Комісією другий Глобальний план дій у сфері генетичних ресурсів рослин для виробництва продовольства й ведення сільського господарства. В 2016 р. Комісія презентувала проект Стратегічного плану на 2018–2027 рр. Одна з цілей Комісії – забезпечити до 2020 р. збереження генетичного різноманіття насіння та культивованих рослин, зокрема й шляхом належного утримання різноманітних банків насіння й рослин на національному, регіональному та міжнародному рівнях. З усіма матеріалами FAO можна ознайомитися на її офіційному сайті [1].

Таким чином, генетичні банки (генбанки) з добре налагодженим управлінням надійно зберігають генетичне різноманіття й забезпечують його доступність для селекціонерів. У світі налічують близько 1800 генбанків рослин, в яких зберігаються 7,5 млн зразків. Здебільшого вони представляють культури, що є основними джерелами продуктів харчування для людини і кормів для тварин. Серед них – не тільки цінні дикорослі родичі культурних рослин і давні місцеві сорти, а й культури, що мають місцеве значення, та види, які мало використовують.

Україна є членом міжнародної системи генетичних ресурсів рослин. Створено Національний центр генетичних ресурсів рослин України, віднесений до наукових об'єктів, що становлять національне надбання [2]. Він є одним з 10 найбільших генбанків світу.

Мета роботи – узагальнити дані щодо створення банків ДНК як сучасної стратегії збереження генетичних ресурсів та привернути увагу профільних організацій України (селекційних установ, ботанічних садів, центрів генетичних ресурсів та ін.) до завдання створення банку ДНК рослин у нашій державі.

Результати досліджень

Особливим типом генетичного банку є банк ДНК. Функція таких банків полягає в збереженні зразків ДНК та асоційованих продуктів (геномної, мітохондріальної та хлоропластної ДНК; бібліотек (клонотек) кДНК, EST (expressed sequence tags – маркерні експресовані послідовності), ВАС (Bacterial artificial chromosomes – штучні хромосоми бактерій), YAC (Yeast Artificial Chromosomes – штучні хромосоми дріжджів), PAC (p1-derived artificial chromosomes); векторів; зондів; праймерів. Також банк ДНК може містити матеріал, зібраний для виділення ДНК. Банки ДНК можуть бути доповненням до традиційних колекцій гермплазм і гербаріїв.

Банкування ДНК – це не тільки додаткова стратегія збереження генетичних ресурсів. Банк ДНК є центральним репозиторієм для зберігання, ефективного поширення та обміну генетичним матеріалом з багатьох джерел, оперативного забезпечення зразками ДНК для досліджень з експресії генів, генотипування, розроблення маркерів, оцінки різноманітності, філогенетики. Колекції ДНК необхідні для розроблення стратегій управління світовою кризою біорізноманіття, збереження та управління колекціями генетичних ресурсів, забезпечення зразками ДНК для досліджень із систематики – від видів до царств, оцінки місцевого розмаїття, надання інформації про гени й генетичні механізми для селекціонерів рослин і можуть бути резервними сховищами генетичної інформації для вимерлих організмів [3].

Розроблено модель організації банку ДНК для рослин, що зберігаються в генбанках, якими управляють Міжнародні центри сільськогосподарських досліджень, зосередивши увагу на 35 культурах і сільськогосподарських комплексах, перерахованих в Додатку 1 до Міжнародного договору про генетичні ресурси рослин для виробництва продовольства й ведення сільського господарства [4]. Хоч це стосувалося обмеженої кількості культур, банк має поширюватися на всі організми, щоб задовольнити потреби широкого кола науковців, а не тільки напрям збереження генетичних ресурсів.

Також є необхідність у створенні мережі банків геномних ДНК рослин, ідею якої вперше запропонував Адамс у 1988 р. під назвою «DNA Bank-Net»; 40 установ 25 країн проявили інтерес до цієї мережі [5]. Ідея полягала в тому, щоб збирати рослини, екстрагувати й зберігати ДНК (або ДНК-збагачені тканини для тривалого зберігання як резервного в різних місцях) та поширювати зразки ДНК. Для цього необхідно мати асоційований гербарій і розвинену інфраструктуру для збереження гарантованих зразків, баз даних і засобів для виділення, зберігання й розподілу зразків. Для того, щоб мінімізувати витрати, матеріали будуть збирати насамперед від установ, які регулярно виконують місію збирання, наприклад, ботанічні сади, в яких зразки тканин будуть зібрані одночасно з відповідними зразками для гербарію.

У 2013 р. у Сент-Луїсі (США) було проведено семінар з ДНК-банкування [6]. Його мета полягала в тому, щоб зібрати разом представників основних ДНК-банківських установ, представників установ з природни-

чими історичними колекціями рослин, а також із галузі інформаційних технологій, щоб обговорити питання оптимальних методів роботи банків ДНК, зв'язків між сховищами, очікуваних майбутніх потреб спільноти біологів. За результатами роботи семінару підготовлено рекомендації, зокрема щодо того, щоб зібрати в сховищах усі відомі таксони. Сучасний розвиток колекцій істотно залежить від того, з якого таксону зразок. Так, судинні рослини й хребетні тварини відносно добре представлені (хоч до цього часу тільки часткою існуючих видів), тоді як інші великі таксономічні групи, зокрема гриби та мікроскопічні ґрунтові й водні організми, – дуже слабо.

На цей час у багатьох установах створено банки ДНК. Основними світовими банками ДНК рослин є: Банк ДНК Королівських ботанічних садів, Велика Британія (Royal Botanic Gardens, Kew), який налічує 40 тис. зразків [7], Банк ДНК рослин Кореї (Plant DNA Bank in Korea) [8], Банк ДНК Ботанічного саду Нью-Йорка, США (The New York Botanical Garden DNA Bank) [9], Австралійський банк ДНК рослин (The Australian Plant DNA Bank), який спеціалізується на місцевих рослинах [10], Банк ДНК Ботанічного саду Міссурі, США (DNA Bank at the Missouri Botanical Garden), який має представників 364 таксонів [11], Банк ДНК науково-дослідного інституту Ботанічного саду Ріо-де-Жанейро, Бразилія (DNA Bank Brazilian Flora Species), що спеціалізується тільки на флорі Бразилії та містить представників 40 сімейств [12], Банк ДНК Південноафриканського національного інституту біорізноманіття (DNA Bank at Kirstenbosch) з 4900 зразками 2200 видів квіткових рослин Південної Африки [13], Банк ДНК Національного інституту агробіологічних наук, Японія (DNA Bank of the National Institute of Biological Sciences), в якому зберігають не геному ДНК, а тільки клони кДНК, ПДРФ-маркери, клони РАС, ВАС, YAC [14].

У Польщі з ініціативи п'яти наукових інститутів створено Національний банк ДНК рослин, грибів та тварин. Банки рослинної ДНК є в Австрійському технологічному інституті (Austrian Institute of Technology), у США в Ботанічному саду Нью-Йорка (New York Botanical Garden), Музеї природознавства ім. Філда (Field Museum of Natural History), Гавайському університеті (University of Hawaii), Ботанічному саду й ботанічному музеї Німеччини (Botanic Garden and Botanical Museum) та багатьох інших установах.

В Інституті генетики і цитології НАН Білорусі створено Республіканський банк ДНК людини, тварин, рослин і мікроорганізмів [15]. Станом на 1 червня 2016 р., він налічував 9608 зразків і містить інформацію про більшість організмів у країні. Банк включає чотири розділи: банк ДНК людини, банк ДНК тварин, банк ДНК рослин, банк ДНК мікроорганізмів, кожний з яких представлений колекціями зразків для тривалого зберігання та для наукових цілей. У 2016 р. Республіканський банк ДНК оголошено національним надбанням Республіки Білорусь.

Банкування ДНК складається з чотирьох етапів: збирання тканин (як правило, з листя), руйнування клітин, екстракція ДНК, зберігання ДНК.

I етап. Надамо перелік основних методів збирання зразків тканин для екстракції ДНК – від кращих, але часовитратних і дорогих, до більш швидких і простих: 1) збирання й подрібнення тканин у рідкому азоті; 2) збирання на лід. Необхідність екстрагування протягом кількох годин. В обох випадках отримують високоякісну ДНК; 3) збирання в пакети із силікагелем; 4) збирання й збереження в 95% етанолі; 5) збирання й збереження в розчині насиченого NaCl/СТАВ; 6) збирання й зберігання на картах FTA (Flinders Technology Associates), а також лізис клітин, денатурація протеїнів і захист нуклеїнових кислот від руйнування та пошкодження.

II етап. Руйнування клітин може бути здійснено різними способами, наприклад подрібненням у ступці товкачем або струшуванням тканини в контейнері з металевими або скляними кульками. Якщо тканина була заморожена або висушена, то в процесі подрібнення, до вміщення у буфер для екстракції ДНК, вона має залишатися замороженою або сухою. Ці процедури захищають ДНК від руйнування ДНКазими.

III етап. Для екстракції ДНК є велика кількість методик, в яких враховують специфічність тканини (наприклад, волокнисті або шкірясті листя), наявність певних речовин (вторинні феноли, смоли, клейкі речовини, полісахариди, поліфеноли) для забезпечення достатнього кількісного виходу високоякісної ДНК [16]. Також є комерційні набори для виділення ДНК з можливістю роботизувати процес у разі великої кількості зразків [17].

IV етап. Зберігання ДНК може бути «холодним» або «сухим». У першому варіанті ДНК зберігають у рідкому азоті або заморожують за температури -80°C . Перевагами

такого зберігання є збереження якості ДНК протягом тривалого часу (сотні років); можливість збереження висококонцентрованих ДНК та/або великої кількості ДНК у невеликому об'ємі. Серед недоліків – потреба у постійній наявності рідкого азоту, дороге спеціалізоване устаткування та забезпечення обов'язкового захисту від техногенних або стихійних лих.

Перевагами сухого зберігання при кімнатній температурі (менше ніж 40% відносної вологості) є невелика площа для зберігання, хоч для дуже тривалого зберігання може знадобитися камера низької вологості. Встановлено, що атмосферна вода й кисень є шкідливими для збереження ДНК при кімнатній температурі, але якщо збездвожена ДНК захищена від води й кисню, вона зберігає свою первинну структуру протягом дуже тривалого часу [18]. Різні компанії (IntegenX, GenTegra Qiagen, BioMatrica та ін.) пропонують продукцію для стабілізації, зберігання, розсилки зразків ДНК, РНК та інших біологічних зразків, використання яких дає можливість позбутися залежності від морозильників, забезпечуючи при цьому чудову стабільність зразка. Кількість ДНК, вартість і терміни зберігання зразка варіюють залежно від формату зберігання (пробірка, 96- або 384-лунковий формат): 0,05–30 мкг, 0,25–3,58 \$, 6–30 років.

Оскільки сиквенування стає дедалі простішою й дешевшою процедурою та найпопулярнішим методом, у той час як підтримання польової колекції ускладнюється й дорожчає, придбання зразків ДНК є актуальним підходом для виконання широкого кола досліджень. Варто зазначити, що стартова кількість ДНК для сиквенування має становити 0,1–20,0 мкг (компанії Illumina, ABI SOLiD, Ion Torrent, Roche, Pacific Biosciences). ДНК може бути деградованою, але вихідна якість ДНК визначає кількість отриманих даних. Це потребує узгодження методу зберігання ДНК і методів подальшого аналізу.

Докладніше організацію банків ДНК та їхню діяльність, процедури виділення та зберігання ДНК, біоінформатичні системи зберігання й пошуку, а також юридичні питання, що стосуються збирання та обміну ДНК, розглянуто в різних оглядах [19–21]. Необхідною є міжнародна координація зусиль з вирішення таких питань, як глобальна стандартизація банкування ДНК, зберігання даних і управління ними, забезпечення якості та контроль, дотримання міжнародних норм регуляції доступу й передачі зразків третім особам для проведення досліджень.

Отже, створення банків ДНК є поширеною у світі стратегією збереження генетичного різноманіття рослин. Створення Національного банку ДНК рослин в Україні є дуже актуальним та стратегічно важливим завданням для збереження генетичної інформації про флору нашої країни, дикорослі й культивовані види, зокрема рідкісні та такі, що мають економічне значення.

Висновки

Банки ДНК є важливим способом збереження різноманітного генетичного матеріалу протягом багатьох років. Біорізноманіття в усьому світі перебуває під серйозною загрозою через такі чинники, як інтенсивне сільське господарство, збільшення територій проживання людини, зміна клімату, вплив забруднення навколишнього середовища й масового туризму. Крім того, для генетичних ресурсів рослин основних і малопоширених світових культур характерною є генетична ерозія. Отже, необхідно постійно оновлювати та описувати генетичні ресурси рослин. У зв'язку з цим колекції ДНК стали важливими ресурсами в рамках глобальних зусиль з подолання кризи в галузі біорізноманіття, управління генетичними ресурсами у світі й максимального збільшення їхнього потенціалу. Створення такого банку ДНК рослин в Україні є стратегічно важливим напрямом збереження біорізноманіття.

Використана література

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.fao.org>
2. National Centre for Plant Genetic Resources of Ukraine [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.yuriev.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=270&Itemid=47&lang=en
3. Stierschneider M. A DNA repository platform for germplasm collections / M. Stierschneider, E. M. Sehr // Plant Breeding: the Art of Bringing Science to Life: Abstracts of the 20th EUCARPIA General Congress (29 Aug – 1 Sept 2016, Zurich, Switzerland) / R. Kolliker, B. Boller (eds). – Zurich : Agroscope, 2016. – P. 61.
4. Graner A. A model for DNA banking to enhance the management, distribution and use of *ex situ* stored PGR / A. Graner, M. S. Andersson, M. C. de Vicente // DNA Banks – Providing novel options for Genebanks? Topical reviews in agricultural biodiversity / M. C. de Vicente, M. S. Andersson (eds) ; International Plant Genetic Resources Institute. – Rome : IPGRI, 2006. – P. 69–76.
5. Adams R. P. DNA Bank-Net – An overview / R. P. Adams // Conservation of Plant Genes II: Utilization of Ancient and Modern DNA / R. P. Adams, J. S. Miller, E. M. Golderberg, J. E. Adams (eds). – St. Louis, Mo. : Missouri Botanical Garden, 1994. – P. 1–13.
6. DNA Banking for the 21st Century : Proceedings of the U.S. Workshop on DNA Banking / W. L. Applequist, L. M. Campbell (eds). – [St. Louis, Mo.] : [Missouri Botanical Garden], 2014. – 187 p.
7. Royal Botanic Gardens Kew [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://data.kew.org/dnabank/homepage.html>
8. Plant DNA Bank in Korea [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://pdbk.korea.ac.kr/>

9. The New York Botanical Garden DNA Bank [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://sciweb.nybg.org/Science2/DNABank.asp>
10. The Australian Plant DNA Bank [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.dnabank.com.au/>
11. DNA Bank at the Missouri Botanical Garden [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.wlbcntr.org/dna_banking.htm
12. DNA Bank Brazilian Flora Species [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.jbrj.gov.br/pesquisa/div_molecular/bancodna/sobre_ing.htm
13. DNA Bank at Kirstenbosch [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.sanbi.org/research/dnabank.htm>
14. DNA Bank of the National Institute of Biological Sciences [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.dna.affrc.go.jp>
15. Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://gens.by>
16. Protocol online [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://www.protocol-online.org/prot/Molecular_Biology/DNA/DNA_Extraction_Purification/DNA_Extraction_from_Plants/
17. DNA Extraction and Purification [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.labome.com/method/DNA-Extraction-and-Purification.html>
18. Chain and conformation stability of solid-state DNA: implications for room temperature storage / J. Bonnet, M. Colotte, D. Coudy [et al.] // *Nucleic Acids Res.* – 2010. – Vol. 38, Iss. 5. – P. 1531–1546.
19. DNA and tissue banking for biodiversity and conservation: theory, practice and uses / V. Savolainen, M. P. Powell, K. Davis [et al.] (eds). – Kew : Kew Publishing, 2006. – 168 c.
20. DNA banking for plant breeding, biotechnology and biodiversity evaluation / T. R. Hodgkinson, S. Waldren, J. A. Parnell [et al.] // *J. Plant Res.* – 2007. – Vol. 120, Iss. 1. – P. 17–29. doi: 10.1007/s10265-006-0059-7
21. Organizing specimen and tissue preservation in the field for subsequent molecular analyses / B. Gemeinholzer, I. Rey, K. Weising [et al.] // *ABC-Taxa*. Vol. 8 : Manual on field recording techniques and protocols for all taxa biodiversity inventories / J. Eymann, J. Degreef, C. Häuser [et al.] (eds). – Brussels : Belgian Development Cooperation, 2010. – P. 129–157.
- 4 Graner, A., Andersson, M. S., & de Vicente, M. C. (2006). A model for DNA banking to enhance the management, distribution and use of *ex situ* stored PGR. In M. C. de Vicente, & M. S. Andersson (Eds.), *DNA Banks – Providing novel options for Genebanks?* Topical reviews in agricultural biodiversity (pp. 69–76). Rome: IPGRI.
5. Adams, R. P. (1994). DNA Bank-Net – An overview. In R. P. Adams, J. S. Miller, E. M. Golderberg, & J. E. Adams (Eds.), *Conservation of Plant Genes II: Utilization of Ancient and Modern DNA* (pp. 1–13). St. Louis, Mo.: Missouri Botanical Garden.
6. Applequist, W. L., & Campbell, L. M. (Eds.). *DNA Banking for the 21st Century: Proceedings of the U.S. Workshop on DNA Banking*. (2014). St. Louis, Mo.: Missouri Botanical Garden.
7. *Royal Botanic Gardens Kew*. Retrieved from <http://data.kew.org/dnabank/homepage.html>
8. *Plant DNA Bank in Korea*. Retrieved from <http://pdbk.korea.ac.kr/>.
9. *The New York Botanical Garden DNA Bank*. Retrieved from <http://sciweb.nybg.org/Science2/DNABank.asp>
10. *The Australian Plant DNA Bank*. Retrieved from <https://www.dnabank.com.au>
11. *DNA Bank at the Missouri Botanical Garden*. Retrieved from http://www.wlbcntr.org/dna_banking.htm
12. *DNA Bank Brazilian Flora Species*. Retrieved from http://www.jbrj.gov.br/pesquisa/div_molecular/bancodna/sobre_ing.htm
13. *DNA Bank at Kirstenbosch*. Retrieved from <http://www.sanbi.org/research/dnabank.htm>
14. *DNA Bank of the National Institute of Biological Sciences*. Retrieved from <http://www.dna.affrc.go.jp>
15. *Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus*. Retrieved from <http://gens.by>
16. *Protocol online*. Retrieved from http://www.protocol-online.org/prot/Molecular_Biology/DNA/DNA_Extraction_Purification/DNA_Extraction_from_Plants/
17. *DNA Extraction and Purification*. Retrieved from <https://www.labome.com/method/DNA-Extraction-and-Purification.html>
18. Bonnet, J., Colotte, M., Coudy, D., Couallier, V., Portier, J., Morin, B., & Tuffet, S. (2010). Chain and conformation stability of solid-state DNA: implications for room temperature storage. *Nucleic Acids Res.* 38(5), 1531–1546. doi: 10.1093/nar/gkp1060
19. Savolainen, V., Powell, M. P., Davis, K., Reves, G., & Corthals, A. (Eds.). (2006). *DNA and tissue banking for biodiversity and conservation: theory, practice and uses*. Kew: Kew Publishing.
20. Hodgkinson, T. R., Waldren, S., Parnell, J. A., Kelleher, C. T., Salamin, K., & Salamin, N. (2007). DNA banking for plant breeding, biotechnology and biodiversity evaluation. *J. Plant Res.*, 120(1), 17–29. doi: 10.1007/s10265-006-0059-7
21. Gemeinholzer, B., Rey, I., Weising, K., Grundmann, M., Muellner, A. N., Zetzsche, H., ... Weigt, L. (2010). Organizing specimen and tissue preservation in the field for subsequent molecular analyses. In J. Eymann, J. Degreef, C. Häuser, J. Monje, Y. Samyn, & D. Van den Spiegel (Eds.), *ABC-Taxa* (Vol. 8: Manual on field recording techniques and protocols for all taxa biodiversity inventories, pp. 129–157). Brussels: Belgian Development Cooperation.

References

1. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved from <http://www.fao.org>
2. *National Centre for Plant Genetic Resources of Ukraine*. Retrieved from http://www.yuriev.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=270&Itemid=47&lang=en
3. Stierschneider, M., & Sehr, E. M. (2016). A DNA repository platform for germplasm collection. In R. Kolliker, & B. Boller (Eds.), *Plant Breeding: the Art of Bringing Science to Life : Abstracts of the 20th EUCARPIA General Congress* (pp. 61). 29 Aug – 1 Sept 2016, Zurich, Switzerland.

УДК 633.15.631.527

Волкова Н. Э. Банки ДНК растений для сохранения генетических ресурсов (обзор) // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 33–38. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88669](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88669)

Селекційно-генетический інститут – Національний центр семеноведення і сортоизучення, ул. Овидіопольська дорога, 3, Одеса, 65036, Україна, e-mail: natavolki@ukr.net

Цель. Обзор литературы по современной стратегии сохранения генетических ресурсов растений – создание банков ДНК. **Результаты.** Проанализировано состояние сохранения генетических ресурсов растений при условии угрозы генетической эрозии. Показана важность создания банков ДНК, функция которых заключается в сохранении образцов ДНК и ассоциированных продук-

тов и их распространении для научно-исследовательских целей. Представлено описание главных банков ДНК в мире, а также Республиканского банка ДНК человека, животных, растений и микроорганизмов в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси. Рассмотрены этапы банкирования ДНК: сбор тканей (как правило, из листьев), разрушение клеток, экстракция ДНК, хране-

ние ДНК. Осуществлено сравнение различных методов сбора тканей, экстракции и хранения ДНК. Поставлен вопрос о необходимости создания банка ДНК растений в Украине. **Выводы.** Коллекции ДНК являются важным ресурсом в рамках глобальных усилий по преодолению

кризиса в сфере биоразнообразия, управления генетическими ресурсами в мире и максимального увеличения их потенциала.

Ключевые слова: генетическая эрозия, биоразнообразие, генетические ресурсы, банк ДНК растений.

UDC 633.15.631.527

Volkova, N. E. (2016). Plant DNA banks for genetic resources conservation (review). *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslin* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 33–38. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88669](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88669)

Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, 3 Ovidiopolska Doroha Str., Odesa, 65036, Ukraine, e-mail: natavolki@ukr.net

Purpose. Literature review of DNA banks creation as the current strategy of plant genetic resources conservation.

Results. The current state of plant genetic resources conservation was analyzed in the context of the threat of genetic erosion. The importance of DNA banks was shown which function is to store DNA samples and associated products and disseminate them for research purposes. The main DNA banks in the world were described, including the Republican DNA Bank of Human, Animals, Plants and Microorganisms at the Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus. Stages of DNA banking were

considered: tissue sampling (usually from leaves), cell destruction, DNA extraction, DNA storage. Different methods of tissue sampling, extraction and DNA storage were compared. The need for Plant DNA Bank creation in Ukraine was highlighted. **Conclusions.** DNA collections is an important resource in the global effort to overcome the crisis in biodiversity, for managing world genetic resources and maximizing their potential.

Keywords: genetic erosion, biodiversity, genetic resources, plant DNA bank.

Надійшла 15.11.2016

Вплив метеорологічних умов вегетаційного періоду на врожайність ячменю озимого в Лісостепу України

О. А. Демидов, В. М. Гудзенко*, С. П. Васильківський

Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., 08853, Україна, *e-mail: barleys@mail.ru

Мета. Встановити рівень формування врожайності ячменю озимого залежно від метеорологічних умов вегетаційного періоду в Лісостепу України. **Методи.** Польові дослідження, дисперсійний, варіаційний та кореляційний аналіз. **Результати.** Виявлено позитивну кореляцію врожайності з тривалістю вегетації ($r = 0,54$), особливо періоду «колосіння–достигання» ($r = 0,76$). Встановлено помірний позитивний зв'язок урожайності й середньодобової температури повітря у період між припиненням і відновленням вегетації ($r = 0,44$) та сильний від'ємний – із середньодобовою температурою повітря від колосіння до достигання ($r = -0,77$). Позитивну кореляцію врожайності й кількості опадів спостережено в період від відновлення вегетації до колосіння ($r = 0,30$). Загалом за вегетаційний період зв'язок був слабким ($r = 0,16$). Для періоду «колосіння–достигання» зафіксовано низьке від'ємне значення ($r = -0,11$). Це пов'язано з надмірними опадами, особливо зливого характеру, які в окремі роки спричинювали вилягання посівів, що знижувало врожайність. **Висновки.** В умовах Лісостепу України коливання температурного та водного режимів зумовлюють значну варіабельність тривалості вегетаційного періоду та врожайності ячменю озимого. Найсприятливішою для отримання високого врожаю є оптимальна (близька до середньобагаторічного значення) кількість опадів та рівномірний їх розподіл протягом усього вегетаційного періоду. Період «колосіння–достигання» є визначальним для формування рівня врожайності ячменю озимого.

Ключові слова: ячмінь озимий, урожайність, метеорологічні умови, вегетаційний період, кількість опадів, температура повітря, сума ефективних температур.

Вступ

Ячмінь озимий – відносно нова культура для умов Лісостепу України. Донедавна його посівні площі практично повністю були зосереджені у південних – Миколаївській та Одеській – областях Степу. Однак кліматичні зміни, господарські та економічні чинники сприяли розширенню посівних площ ячменю озимого в цілому (до 1,0–1,2 млн га), в тому числі в Лісостепу (до 160 тис. га) та Поліссі (до 40 тис. га). Крім цього, близько 200 тис. га посівних площ розміщено у північних областях Степу [1]. Таким чином, майже 400 тис. га посівів цієї культури зосереджено північніше, порівняно з традиційним ареалом цієї культури в Україні. З

огляду на наведене, необхідно створити сорти ячменю озимого, адаптовані до цих умов [2]. Для визначення основних завдань селекції та раціонального впровадження сортів у виробництво важливе значення має аналіз метеорологічних даних та виявлення їхнього впливу на реалізацію потенціалу продуктивності в конкретних екологічних умовах [3–5].

Мета досліджень – встановити рівень формування врожайності ячменю озимого залежно від метеорологічних умов вегетаційного періоду в Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження проводили у 2003/04–2015/16 вегетаційних роках у селекційній сівозміні Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН (МІП) відповідно до загальноприйнятих методик [6, 7]. Для підвищення достовірності експериментальних даних щороку досліджували сталий набір з 22 сортів ячменю озимого, створених у різних селекційних установах: ‘Бемір 2’,

Oleksandr Demydov
<https://orcid.org/0000-0002-5715-2908>
Volodymyr Hudzenko
<https://orcid.org/0000-0002-9738-1203>
Stanislav Vasylykivskyi
<https://orcid.org/0000-0002-0216-3706>

‘Радон’, ‘Миронівський 87’, ‘Миронівський 93’, ‘Рицар’, ‘Паллідум 77’, ‘Борисфен’, ‘Ковчег’, ‘Сейм’, ‘Тутанхамон’, ‘Зубен’, ‘Жерар’ (МПП); ‘Одеський 165’, ‘Росава’, ‘Тамань’, ‘Основа’, ‘Манас’ (Селекційно-генетичний інститут – НЦНіС НААН); ‘Онега’, ‘Югодар’ (Кримська державна дослідна сільськогосподарська станція НААН), ‘Циклон’ (Краснодарський науково-дослідний інститут сільського господарства імені П. П. Лук’яненка); ‘Kromoz’, ‘Luxor’ (Чехія). Тривалість деяких періодів, їх тепло- та вологозабезпечення, рівень прояву врожайності встановлювали, виходячи із середнього значення у досліджених сортів. На основі фактичних метеорологічних даних Агrometeorологічної станції Миронівка (розміщена безпосередньо на території МПП) розраховували суми ефективних температур (понад +5 °С), середньодобову температуру повітря та кількість опадів. Припинення вегетації та її відновлення визначали за датою сталого переходу середньодобової температури повітря через +5 °С. Статистичний аналіз отриманих експериментальних даних проводили з використанням комп’ютерних програм Excel 2010 і Statistica 6.0.

Результати досліджень

За результатами двофакторного дисперсійного аналізу врожайності зерна ячменю озимого у 2004–2016 рр. виявлено достовірний вплив генотипу, умов року вегетації та їхньої взаємодії (табл. 1).

Таблиця 1

Результати двофакторного дисперсійного аналізу врожайності ячменю озимого (2004–2016 рр.)

| Фактори | SS | df | MS | F | F ₀₅ | Внесок факторів у загальну дисперсію, % |
|-------------|---------|-----|--------|---------|-----------------|---|
| Генотип | 84,76 | 21 | 4,04 | 138,40 | 1,57 | 4,96 |
| Рік | 1472,64 | 12 | 122,72 | 4207,88 | 1,77 | 86,14 |
| Генотип–рік | 135,59 | 252 | 0,54 | 18,45 | 1,19 | 7,93 |
| Похибка | 16,68 | 572 | 0,03 | – | – | 0,98 |
| Разом | 1709,67 | 857 | – | – | – | – |

Примітка. SS – сума квадратів, df – число ступенів свободи, MS – середній квадрат, F – значення критерію Фішера, F₀₅ – критичне значення критерію Фішера.

Водночас оцінка внеску кожного з факторів у загальну дисперсію виявила абсолютну перевагу фактора року (86,14%). Отримані дані

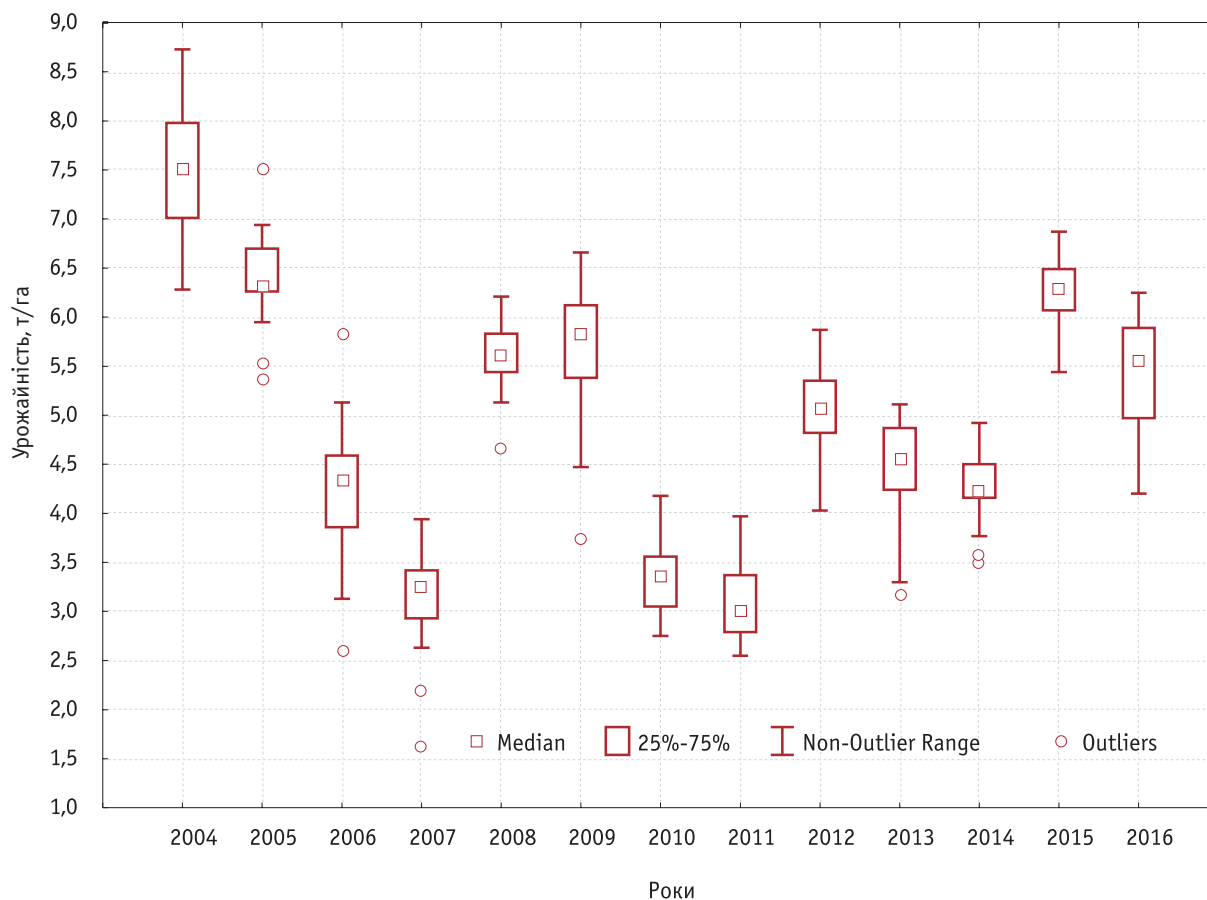


Рис. 1. Рівень прояву врожайності ячменю озимого залежно від гідротермічних умов року

свідчать про те, що хоч внесок генотипу в рівень прояву середньої врожайності по досліді та достовірних відмінностей між деякими сортами є істотним, однак особливості вегетації у роки досліджень мали значно сильніший вплив на формування врожайності (рис. 1).

Середнє значення врожайності по досліді варіювало від 7,55 т/га у 2004 р. до 3,10 т/га у 2011 р. Отримані дані переконливо вказують на необхідність не лише підвищення верхньої межі потенціалу врожайності створених сортів, а й підняття нижнього «порогу» величини цієї ознаки, тобто створення сортів з вищою стабільністю.

Гідротермічні умови року істотно впливали і на проходження деяких етапів вегетаційного періоду рослин ячменю озимого (табл. 2).

Тривалість періоду «сівба–сходи» в середньому становила 12,2 доби з найменшим значенням у 2012/13 р. – 7 днів і найбільшим у 2006/07 р. – 20 днів. Найбільш варіабельним ($V = 46,5\%$) був період від появи сходів до припинення вегетації – від 13 днів у 2005/06 р. до 75 днів у 2015/16 р. Хоч варто зазначити, що в останньому вегетаційному році температура повітря в осінній період неодноразово переходила $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ як у бік перевищення, так і зниження. Період від відновлення весняної вегетації до колосіння рослин ячменю озимого варіював – від 39 днів у 2012/13 р. до 66 днів у 2003/04 р. Різниця за роками у тривалості періоду від колосіння до повної стиглості ста-

новила 15 днів з найменшим періодом у 2006/07 р. – 36 днів і найбільшим у 2003/04 р. – 51 доба. Виявлено позитивний зв'язок тривалості періоду «колосіння–достигання» з урожайністю ($r = 0,76$). Це свідчить про те, що скорочення цього періоду внаслідок дії погодних умов зумовлює зниження врожайності. Середня тривалість вегетаційного періоду (від сівби до достигання) ячменю озимого в умовах Лісостепу України за останні 13 років становила 274,6 доби. Найкоротшим був період вегетації у 2006/07 р. – 264 доби, найтривалішим – у 2003/04 р. – 293 доби. Загалом, триваліша вегетація позитивно позначається на врожайності ($r = 0,54$).

Ріст рослин і здатність їх переходити від вегетативного до генеративного розвитку відбувається за умови відповідного для кожної культури температурного режиму [8, 9]. Середньодобові значення температури повітря та суми ефективних температур (понад $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$) у деякі періоди росту й розвитку рослин ячменю озимого за роками наведено в таблиці 3.

Встановлено помірний позитивний зв'язок урожайності із середньодобовою температурою повітря в період між припиненням та відновленням вегетації ($r = 0,44$). Сильну від'ємну кореляцію врожайності зафіксовано з середньодобовою температурою повітря в період від колосіння до достигання ($r = -0,77$).

Найваріабельнішим за сумою ефективних температур виявився період від сходів до

Таблиця 2

Тривалість вегетаційного періоду ячменю озимого

| Веgetаційний рік | Тривалість, днів | | | | | |
|------------------|------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| | СС | СП | ПВ | ВК | КД | СД |
| 2003/04 | 9 | 36 | 131 | 66 | 51 | 293 |
| 2004/05 | 14 | 26 | 141 | 51 | 46 | 278 |
| 2005/06 | 17 | 13 | 145 | 63 | 47 | 285 |
| 2006/07 | 20 | 55 | 89 | 64 | 36 | 264 |
| 2007/08 | 13 | 20 | 148 | 54 | 46 | 281 |
| 2008/09 | 11 | 24 | 143 | 50 | 43 | 271 |
| 2009/10 | 13 | 44 | 112 | 60 | 39 | 268 |
| 2010/11 | 8 | 55 | 126 | 51 | 38 | 278 |
| 2011/12 | 12 | 20 | 151 | 43 | 41 | 267 |
| 2012/13 | 7 | 41 | 148 | 39 | 39 | 274 |
| 2013/14 | 11 | 43 | 106 | 64 | 43 | 267 |
| 2014/15 | 13 | 35 | 145 | 43 | 41 | 277 |
| 2015/16 | 10 | 75 | 92 | 45 | 45 | 267 |
| X | 12,2 | 37,5 | 129,0 | 53,3 | 42,7 | 274,6 |
| <i>min</i> | 7,0 | 13,0 | 89,0 | 39,0 | 36,0 | 264,0 |
| <i>max</i> | 20,0 | 75,0 | 151,0 | 66,0 | 51,0 | 293,0 |
| R (max–min) | 13 | 62 | 62 | 27 | 15 | 29 |
| V, % | 29,3 | 46,5 | 17,1 | 17,4 | 9,9 | 3,1 |

Примітка. Тут і далі: СС – сівба–сходи; СП – сходи–припинення вегетації; ПВ – припинення–відновлення вегетації; ВК – відновлення вегетації–колосіння; КД – колосіння–достигання; СД – сівба–достигання; X, min, max – середнє, мінімальне та максимальне значення відповідно; R (max–min) – розмах варіювання; V – коефіцієнт варіації.

Температурний режим вегетаційного періоду ячменю озимого

| Веgetаційний рік | Середньодобова температура, °C | | | | | Сума ефективних температур, понад +5 °C | | | | |
|------------------|--------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|---|-------------|--------------|--------------|---------------|
| | СС | СП | ПВ | ВК | КД | СС | СП | ВК | КД | СД |
| 2003/04 | 14,5 | 6,9 | -1,3 | 9,8 | 16,8 | 85,8 | 104,0 | 336,9 | 602,0 | 1128,7 |
| 2004/05 | 7,6 | 8,9 | -1,8 | 12,7 | 18,1 | 44,7 | 101,7 | 396,1 | 602,3 | 1144,8 |
| 2005/06 | 8,2 | 5,4 | -3,0 | 11,4 | 18,1 | 57,0 | 29,6 | 408,7 | 604,3 | 1099,6 |
| 2006/07 | 8,7 | 4,2 | -0,1 | 9,9 | 21,9 | 81,4 | 58,4 | 315,4 | 606,6 | 1061,8 |
| 2007/08 | 9,4 | 7,9 | 0,0 | 12,2 | 18,0 | 58,7 | 59,4 | 390,0 | 597,4 | 1105,5 |
| 2008/09 | 12,1 | 9,1 | -0,6 | 11,3 | 19,0 | 78,2 | 98,0 | 316,0 | 604,0 | 1096,2 |
| 2009/10 | 10,0 | 5,7 | -4,5 | 12,0 | 20,2 | 66,3 | 76,7 | 418,2 | 593,1 | 1154,3 |
| 2010/11 | 14,7 | 8,1 | -2,8 | 11,2 | 20,8 | 77,7 | 179,9 | 321,6 | 602,2 | 1181,4 |
| 2011/12 | 11,7 | 4,3 | -2,1 | 14,9 | 19,9 | 80,8 | 10,8 | 426,4 | 609,6 | 1127,6 |
| 2012/13 | 16,7 | 9,2 | -1,5 | 15,8 | 20,2 | 81,7 | 177,1 | 421,8 | 593,9 | 1274,5 |
| 2013/14 | 8,8 | 9,1 | -1,3 | 10,1 | 18,8 | 39,5 | 179,9 | 326,1 | 593,1 | 1138,6 |
| 2014/15 | 9,2 | 6,4 | 0,1 | 12,2 | 19,5 | 54,3 | 104,0 | 308,9 | 593,9 | 1061,1 |
| 2015/16 | 7,2 | 4,3 | -0,3 | 12,7 | 17,9 | 34,1 | 78,4 | 330,0 | 593,0 | 1035,5 |
| X | 10,7 | 6,9 | -1,5 | 12,0 | 19,2 | 64,6 | 96,8 | 362,8 | 599,6 | 1123,8 |
| <i>min</i> | 7,2 | 4,2 | -4,5 | 9,8 | 16,8 | 34,1 | 10,8 | 308,9 | 593,0 | 1035,5 |
| <i>max</i> | 16,7 | 9,2 | 0,1 | 15,8 | 21,9 | 85,8 | 179,9 | 426,4 | 609,6 | 1274,5 |
| R (max-min) | 9,5 | 5 | 4,6 | 6 | 5,1 | 51,7 | 169,1 | 117,5 | 16,6 | 239 |
| V, % | 28,2 | 28,5 | - | 14,9 | 7,3 | 27,5 | 56,5 | 13,0 | 1,0 | 5,4 |

припинення вегетації ($V = 56,5\%$). Найменший розмах варіювання за цим показником спостережено від колосіння до досягання ($R = 16,6\text{ }^{\circ}\text{C}$). При цьому, як було зазначено вище, варіювання цього періоду досягало 15 діб. Це свідчить про те, що проходження періоду «колосіння-досягання» досить сильно корегується температурним режимом.

Вологозабезпеченість є одним з основних лімітуючих факторів, які впливають на ріст і розвиток рослин сільськогосподарських культур [10, 11]. Кількість опадів за вегетацію рослин ячменю озимого (середнє за 2003–2016 рр.) становила 400,2 мм з коливаннями від 262,9 мм

(2006/07 р.) до 568,0 мм (2005/06 р.) (табл. 4). З них 176 мм (44,2%) випало в період спокою рослин. Під час активної вегетації найбільше опадів зафіксовано за час від колосіння до досягання – 107,2 мм (26,8%). Кількість опадів істотно варіювала як в окремі періоди ($V = 33,8\text{--}136,9$; $R = 70,4\text{--}290,6$ мм), так і за вегетацію в цілому ($V = 21,4\%$; $R = 305,1$ мм). Така мінливість кількості опадів безумовно відчутно впливала на проходження фізіологічних процесів під час росту й розвитку рослин та, як наслідок, формування врожайності.

Кореляційним аналізом встановлено слабкий позитивний зв'язок між урожайністю і

Таблиця 4

Кількість опадів за вегетаційний період ячменю озимого

| Веgetаційний рік | Кількість опадів, мм | | | | | |
|------------------|----------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| | СС | СП | ПВ | ВК | КД | СД |
| 2003/04 | 0,8 | 112,0 | 146,1 | 67,3 | 98,3 | 424,4 |
| 2004/05 | 17,3 | 22,1 | 182,4 | 93,2 | 69,6 | 384,6 |
| 2005/06 | 47,0 | 11,2 | 238,8 | 74,7 | 196,3 | 568,0 |
| 2006/07 | 27,2 | 38,1 | 80,8 | 13,0 | 103,9 | 262,9 |
| 2007/08 | 8,9 | 13,2 | 165,4 | 131,3 | 76,7 | 395,5 |
| 2008/09 | 6,4 | 8,4 | 227,1 | 6,1 | 112,3 | 360,2 |
| 2009/10 | 31,2 | 42,7 | 211,8 | 61,2 | 95,5 | 442,5 |
| 2010/11 | 0,0 | 60,4 | 151,4 | 35,3 | 79,5 | 326,7 |
| 2011/12 | 70,4 | 5,8 | 152,7 | 71,6 | 63,2 | 363,7 |
| 2012/13 | 0,8 | 68,1 | 344,9 | 18,0 | 96,0 | 527,8 |
| 2013/14 | 0,0 | 13,2 | 54,3 | 91,2 | 142,0 | 300,7 |
| 2014/15 | 0,0 | 35,6 | 183,6 | 43,7 | 123,9 | 386,8 |
| 2015/16 | 0,5 | 88,9 | 159,8 | 72,6 | 136,9 | 458,7 |
| X | 16,2 | 40,0 | 176,8 | 59,9 | 107,2 | 400,2 |
| <i>min</i> | 0,0 | 5,8 | 54,3 | 6,1 | 63,2 | 262,9 |
| <i>max</i> | 70,4 | 112,0 | 344,9 | 131,3 | 196,3 | 568,0 |
| R (max-min) | 70,4 | 106,2 | 290,6 | 125,2 | 133,1 | 305,1 |
| V, % | 136,9 | 84,1 | 40,9 | 59,9 | 33,8 | 21,4 |

кількістю опадів за період від відновлення вегетації до колосіння ($r = 0,30$). За весь період вегетації цей показник був ще нижчим ($r = 0,16$). У період «колосіння–достигання» зазначено навіть слабкий від’ємний зв’язок ($r = -0,11$) кількості опадів і врожайності. Відсутність сильної кореляції урожайності й вологозабезпечення на різних етапах та за вегетаційний період загалом пояснюється тим, що роки досліджень характеризувались значним коливанням кількості опадів як у межах одного року (по періодах), так і за роками. Нерідко опади розподілялись протягом деяких періодів нерівномірно, а випадали за кілька днів, що, звичайно, не могло компенсувати відсутність їх у попередній час. Крім цього, перезволоження під час колосіння та достигання у ряді років (2005/06, 2013/14, 2014/15, 2015/16 рр.) провокувало значний ступінь вилягання посівів. Останнє, своєю чергою, неминуче призводило до недобору врожаю. Таким чином, збільшення кількості опадів не завжди гарантує прямо пропорційне зростання рівня врожайності. Найсприятливішим для отримання врожаю є досить оптимальне значення (близьке до середньобагаторічного) кількості опадів та рівномірний розподіл їх протягом усього вегетаційного періоду.

Висновки

Погодні умови у вегетаційні періоди 2003/04–2015/16 рр. ячменю озимого відзначалися сильним ступенем мінливості. Коливання температурного та водного режимів зумовлювали значну варіабельність тривалості вегетаційного періоду, його окремих складових і в підсумку – врожайності ячменю озимого.

Період «колосіння–достигання» є визначальним для формування остаточного рівня врожайності ячменю озимого. Несприятливі умови в цей час (підвищені температури повітря, відсутність або ж надмірність опадів) можуть нівелювати закладені на попередніх етапах передумови формування високої врожайності.

Результати досліджень дають підставу стверджувати, що для підвищення та стабілізації врожайності ячменю озимого в Лісостепу України необхідно створювати сорти, які, поряд з підвищеним потенціалом продуктивності, повинні мати достатню генетично детерміновану стійкість до дії несприятливих абіотичних чинників на всіх етапах росту й розвитку рослин.

Використана література

1. Посівні площі сільськогосподарських культур під урожай 2014 року : Статистичний бюлетень / Держ. служба статистики України. – К., 2014. – 53 с.

2. Гудзенко В. М. Оцінка селекційних ліній ячменю озимого за продуктивністю та адаптивністю в умовах Лісостепу України / В. М. Гудзенко // Селекція і насінництво : міжвід. темат. наук. зб. – Х., 2014. – Вип. 106. – С. 13–23.

3. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство: эколого-генетические основы / А. А. Жученко. – Кишинев : Штиинца, 1990. – 432 с.

4. Шевченко С. Н. Селекция ярового ячменя и пшеницы для условий Среднего Поволжья : автореф. дис. ... доктора с.-х. наук : спец. 06.01.05 «Селекция и семеноводство» / Шевченко Сергей Николаевич ; Самарский НИИСХ им. Н. М. Тулайкова. – Пенза, 2006. – 53 с.

5. Озимый ячмень / Л. Райнер, И. Штайнбергер, У. Дееке [и др.] ; [пер. с нем. и предисл. В. И. Пономарева]. – М. : Колос, 1980. – 214 с.

6. Методика проведення експертизи та державного сортопробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур // Охорона прав на сорти рослин : офіц. бюлетень / гол. ред. В. В. Волкодав. – К. : АЛЕФА, 2003. – Вип. 2, Ч. 3. – 241 с.

7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

8. Mavi H. S. Agrometeorology. Principles and applications of climate studies in agriculture / H. S. Mavi, G. J. Tupper. – New York : The Haworth press, Inc., 2004. – 364 p.

9. Crop physiology. Applications for genetic improvement and agronomy / V. O. Sadras, D. L. Calderini (eds). – Burlington, MA, USA : Elsevier/Academic Press, 2009. – 818 p.

10. Blum A. Plant breeding for water-limited environments / A. Blum. – New York : Springer-Verlag, 2011. – 255 p.

11. Water dynamics in plant production / W. Ehlers, M. Goss (eds). – Wallingford, UK : CABI Publishing, 2003. – 273 p.

References

1. Posivni ploshchi silskohospodarskykh kultur pid urozhai 2014 roku: Statystychnyi biuleten [Area under crops for the harvest of 2014. Statistical bulletin]. (2014). Kyiv: N.p. [in Ukrainian]

2. Gudzenko, V. M. (2014). Evaluation of winter barley breeding lines for productivity and adaptability under conditions of the Forest-Steppe zone of Ukraine. *Seleksia i Nasinnitstvo* [Plant Breeding and Seed Production], 106, 13–23. [in Ukrainian]

3. Zhuchenko, A. A. (1990). *Adaptivnoe rasteniiovodstvo: ekologo-geneticheskie osnovy* [Adaptive plant-growing: genetic and ecological basic principles]. Kishinev: Shtiintsa. [in Russian]

4. Shevchenko, S. N. (2006). *Selektsiya yarovogo yachmenya i pshenitsy dlya usloviy Srednego Povolzh'ya* [Spring barley and wheat breeding for the Middle Volga region] (Extended abstract of Doc. Agric. Sci. Diss.). N. M. Tulaikov Samara Research Institute of Agriculture, Penza, Russia. [in Russian]

5. Rainer, L., Steinberger, I., & Deeke, U. (1980). *Ozimyy yachmen* [Winter barley]. (V. I. Ponomarev, Trans.). Moscow: Kolos. [in Russian]

6. Volkodav, V. V. (Ed.). (2003). Method of examination and state testing of varieties of grain, cereal and leguminous crops. *Okhrona prav na sorty roslyn* [Plant variety rights protection] (Vol. 2, Part. 3). Kyiv: Alefa. [in Ukrainian]

7. 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)]. (5th ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]

8. Mavi, H. S., & Tupper, G. J. (2004). *Agrometeorology. Principles and applications of climate studies in agriculture*. New York: The Haworth Press, Inc.

9. Sadras, V. O., & Calderini, D. L. (Eds.). (2009). *Crop physiology. Applications for genetic improvement and agronomy*. Burlington, MA, USA: Elsevier/Academic Press.

10. Blum, A. (2011). *Plant breeding for water-limited environments*. New York: Springer-Verlag.

11. Ehlers, W., & Goss, M. (Eds.). (2003). *Water dynamics in plant production*. Wallingford, UK: CABI Publishing.

УДК 633.16:631.559:551.508

Демидов А. А., Гудзенко В. Н.* , Васильковский С. П. Влияние метеорологических условий вегетационного периода на урожайность ячменя озимого в Лесостепи Украины // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 39–44. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88670](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88670)

*Мироновский институт пшеницы им. В. М. Ремесло НААН Украины, с. Центральное, Мироновский р-н, Киевская обл., 08853, Украина, *e-mail: barleys@mail.ru*

Цель. Определить уровень формирования урожайности ячменя озимого в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода в Лесостепи Украины. **Методы.** Полевые исследования, дисперсионный, вариационный и корреляционный анализ. **Результаты.** Выявлена положительная корреляция урожайности с продолжительностью вегетации ($r = 0,54$), особенно периода «колошение–созревание» ($r = 0,76$). Установлена умеренная положительная связь урожайности и среднесуточной температуры воздуха в период между прекращением и возобновлением вегетации ($r = 0,44$), а также сильная отрицательная со среднесуточной температурой воздуха от колошения до созревания ($r = -0,77$). Положительная корреляция урожайности и количества осадков отмечена в период от возобновления вегетации до колошения ($r = 0,30$). В целом за вегетационный период связь была слабой ($r = 0,16$). Для периода «колошение–созревание» отмече-

но низкое отрицательное значение ($r = -0,11$). Это связано с избыточными осадками, особенно ливневого характера, которые в отдельные годы приводили к полеганию посевов, что снижало урожайность. **Выводы.** В условиях Лесостепи Украины колебания температурного и водного режимов обуславливают значительную вариабельность длительности вегетационного периода и урожайности ячменя озимого. Наиболее благоприятным для получения урожая является оптимальное (близкое к среднесуточным значениям) количество осадков и их равномерное распределение на протяжении всего вегетационного периода. Период «колошение–созревание» является определяющим для формирования уровня урожайности ячменя озимого.

Ключевые слова: ячмень озимый, урожайность, метеорологические условия, вегетационный период, количество осадков, температура воздуха, сумма эффективных температур.

UDC 633.16:631.559:551.508

Demydov, O. A., Hudzenko, V. M.* , & Vasylykivskyi, S. P. (2016). Impact of weather conditions during the growing season on winter barley yield in the Forest-Steppe zone of Ukraine. *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslin* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 39–44. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88670](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88670)

*The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS of Ukraine, Tsentralne village, Myronivka district, Kyiv region, 08853, Ukraine, *e-mail: barleys@mail.ru*

Purpose. To establish the level of formation of winter barley yield depending on weather conditions during the growing season in the Forest-Steppe zone of Ukraine. **Methods.** Field investigations, ANOVA, variance and correlation analysis. **Results.** Positive correlation was revealed between yield and the duration of the vegetation ($r = 0.54$) and especially “heading–maturation” period ($r = 0.76$). Moderate positive correlation was established between yield and mean daily air temperature during the period from termination to resumption of vegetation ($r = 0.44$), and strong negative one – between yield and mean daily air temperature during heading to maturation period ($r = -0.77$). Positive correlation was observed between yield and rainfall amount during the period from vegetation resumption to heading ($r = 0.30$). In general, during the growing season the correlation was weak ($r = 0.16$). For the period of “heading–maturation” low nega-

tive value ($r = -0.11$) was fixed. This was due to heavy precipitations, especially torrential rains, which in some years have caused lodging of plantings resulted in yield decrease. **Conclusions.** Under the conditions of Forest-Steppe zone of Ukraine, fluctuations in temperature and water regimes are responsible for significant variability in growing season duration and yield of winter barley. Optimal amount of precipitation (close to long-time annual average) and their uniform distribution throughout growing season is the most favorable for obtaining high yield. “Heading–maturation” period is responsible for the formation of winter barley yield level.

Keywords: winter barley, yield, weather conditions, growing season, amount of precipitation, air temperature, the sum of the degree days.

Надійшла 5.10.2016

Вплив елементів технологій вирощування на врожайність та якість зерна пшениці озимої

К. М. Олійник^{1*}, Г. В. Давидюк¹, Л. Ю. Блажевич¹, Л. В. Худолій²

¹ННЦ «Інститут землеробства НААН», вул. Машинобудівників, 2б, смт Чабани, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., 08162, Україна, *e-mail: katerina_oleynik@mail.ru

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

Мета. Розробити та удосконалити адаптивні технології вирощування пшениці озимої, які забезпечують високу продуктивність та якість зерна. **Методи.** Польові, лабораторні дослідження, математично-статистичний аналіз. **Результати.** Протягом 2011–2015 рр. вивчали вплив технологій вирощування на формування врожаю та якості зерна пшениці озимої сорту 'Столична' (попередник – горох). За альтернативних технологій, які передбачали внесення тільки побічної продукції попередника, врожайність пшениці озимої становила за інтегрованої системи захисту 4,56 т/га, за мінімальної – 4,25 т/га зерна 5-го класу групи Б. Ресурсоощадні технології вирощування з обмеженим використанням добрив ($P_{45}K_{45}N_{30(II)+30(IV)}$) забезпечили врожайність на рівні 4,87–5,50 т/га з якістю зерна 2–3-го класу групи А. Врожайність зерна 6,01 т/га з показниками 2–3-го класу якості була досягнута за інтенсивної технології вирощування, яка включала внесення мінеральних добрив ($P_{90}K_{90}N_{30(II)+60(IV)+30(VII)}$) на фоні застосування побічної продукції попередника та інтегрований захист рослин. Найвищу врожайність зерна (6,22 т/га) в середньому за роки досліджень з показниками 2-го класу якості групи А забезпечила інтенсивна енергонасичена технологія, за якої вносили $P_{135}K_{135}N_{60(II)+75(IV)+45(VIII)}$ із загоранням у ґрунт побічної продукції попередника, та інтегрований захист рослин. **Висновки.** Встановлено, що в умовах північної частини Правобережного Лісостепу України на темно-сірому опідзоленому ґрунті найвищу продуктивність пшениці озимої отримано за інтенсивної енергонасиченої технології вирощування з внесенням $P_{135}K_{135}N_{60(II)+75(IV)+45(VIII)}$ на фоні побічної продукції попередника та інтегрованої системи захисту. Ця технологія забезпечувала урожайність 6,22 т/га зерна 2-го класу якості групи А.

Ключові слова: продуктивність, добрива, система захисту, білок, клейковина.

Вступ

Пшениця за посівними площами серед зернових культур посідає в Україні перше місце і є основною продовольчою культурою. Це свідчить про її велике господарське значення та значну роль у забезпеченні населення високоякісними продуктами харчування. За обсягами виробництва зерна пшениці (26,5 млн т у 2015 р.), Україна перебувала на восьмому, а за обсягами його експорту (понад 16,0 млн т у 2015/16 рр.) – на шостому місці у світі [1]. Тому підвищення врожайності та якості зерна цієї культури має загальнодержавне значення.

У сучасних умовах ведення сільського господарства, зокрема для отримання конкурентоспроможного якісного зерна на внутрішньому й зовнішньому ринках, велике значення має використання технологій ви-

рощування зернових культур, які розкривають їх біологічний потенціал.

Генетичний потенціал урожайності сортів пшениці озимої є дуже високим – 10,0–12,0 т/га зерна [2]. Неповна його реалізація, недостатнє забезпечення рослин поживними макро- й мікроелементами, ураженість хворобами та пошкодження шкідниками негативно впливають на врожайність та якість зерна цієї культури. Середня її врожайність у господарствах Лісостепу та Полісся становить лише 2,5–3,0 т/га. Виробництво забезпечене високопродуктивними сортами пшениці озимої, здатними за оптимальних умов вирощування сформувати високоякісне зерно, але якість зерна залишається низькою [3, 4]. Вміст білка в зерні на 70% залежить від умов вирощування і на 30% – від сортових особливостей [4, 5]. Застосування адаптивних інтенсивних технологій вирощування пшениці озимої дає можливість отримувати високоякісне конкурентоспроможне зерно [6–8].

Важливе значення для досягнення високої економічної ефективності має вирощування пшениці озимої з високими показниками якості згідно з вимогами чинних національних та міжнародних стандартів з урахуванням параметрів гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин. Згідно з державним стандартом (ДСТУ 3768:2010)

Kateryna Oliinyk
<http://orcid.org/0000-0003-0386-3867>

Hanna Davydiuk
<http://orcid.org/0000-0002-0493-5343>

Liudmyla Blazhevych
<http://orcid.org/0000-0002-4853-3557>

Liudmyla Khudolii
<http://orcid.org/0000-0002-9586-7592>

до 1-го класу групи А відносять зерно пшениці озимої м'якої за вмістом білка не менше ніж 14%, клейковини – не менше ніж 28%, до групи А 2-го класу за вмістом білка – 12,5% і клейковини – 23,0% [9].

Зерно високої якості має вищу ціну, що є вигідним для вкладання додаткових коштів з метою одержання зерна вищого класу. Отже, вивчення впливу технологій вирощування на формування продуктивності сортів пшениці озимої з високими показниками якості, що відповідають державним і міжнародним стандартам, є актуальним для науковців і виробників.

Мета досліджень – розробити та удосконалити адаптивні технології вирощування зерна пшениці озимої, які забезпечують його високу продуктивність та якість.

Матеріали та методика досліджень

Вплив технологій на формування врожаю і якості зерна пшениці озимої вивчали протягом 2011–2015 рр. на базі стаціонарного багатofакторного дослідження відділу адаптивних інтенсивних технологій зернових культур і кукурудзи Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН» у державному підприємстві «Дослідне господарство Чабани» (сmt Чабани, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., північна частина Правобережного Лісостепу України). Пшеницю озиму вирощували в сівозміні з чергуванням культур: горох, пшениця озима, кукурудза, ранні ярі культури (овес, тритикале). В досліді висівали сорт 'Столична', внесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2005 р. Оригіатор – Інститут землеробства НААН. Сорт – середньорослий, середньостиглий, високоврожайний. Належить до цінних пшениць, загальна хлібопекарська оцінка – 4,3 бала. За показниками стійкості до вилягання, посухостійкості, зимо- та морозостійкості трохи перевищує стандарт.

У досліді вивчали моделі технологій вирощування, які відрізнялися дозами внесених мінеральних добрив та застосуванням побічної продукції попередника. Фосфорні та калійні добрива вносили під основний обробіток ґрунту, азотні – в підживлення на основних етапах органогенезу за Куперман [10]. Вивчали такі варіанти удобрення: 1 – побічна продукція попередника + $P_{45}K_{45} + N_{30(II)} + N_{30(IV)}$, 2 – побічна продукція + $P_{90}K_{90} + N_{30(II)} + N_{60(IV)}$ + $N_{30(VIII)}$, 3 – побічна продукція + $P_{135}K_{135} + N_{60(II)} + N_{75(IV)} + N_{45(VIII)}$, 4 – побічна продукція попередника, 5 – $P_{90}K_{90} + N_{30(II)} + N_{60(IV)} + N_{30(VIII)}$, 6 – без добрив (контроль).

Ефективність варіантів удобрення визначали за двома системами захисту рослин від бур'янів, хвороб, шкідників. Мінімальна система захисту рослин передбачала протруювання насіння перед сівбою препаратом Вітавакс 200 ФФ (2,5 л/т), оброблення посівів на IV етапі органогенезу гербіцидом Гроділ Максi (0,1 л/га). Інтегрована система захисту рослин включала протруювання насіння перед сівбою препаратом Вітавакс 200 ФФ (2,5 л/т), обприскування посівів на IV етапі органогенезу гербіцидом Гроділ Максi (0,1 л/га) + Фолікур (0,75 л/га). На VIII етапі органогенезу проводили обприскування фунгіцидом Альто Супер та інсектицидом Нурелл Д (0,5 л/га).

Агротехніка вирощування пшениці озимої була загальноприйнятою для зони Лісостепу. Ґрунт ділянки – темно-сірий опідзолений, грубопилувато-легкосуглинковий з низьким вмістом гумусу (ДСТУ 4289 : 2004) в орному шарі – від 1,57 до 1,97% та низьким вмістом легкогідролізованого азоту (ДСТУ 4362:2004) – від 67,2 до 100,8 мг/кг ґрунту залежно від рівня удобрення пшениці озимої. Обмінна кислотність ґрунту (ДСТУ ISO 10390–2001) змінювалась від рН сол. – 4,8 (середньокислий) до 5,4 (слабокислий), вміст рухомого фосфору (ДСТУ 4115–2002, метод Чирикова) – від 89,0 (середня забезпеченість) до 343 мг/кг ґрунту (дуже висока забезпеченість), рухомого калію (ДСТУ 4115–2002, метод Чирикова) – від 60,3 (середня забезпеченість) до 150 мг/кг ґрунту (висока забезпеченість).

Результати досліджень

Внаслідок досліджень, проведених у 2011–2015 рр., встановлено, що врожайність пшениці озимої сорту 'Столична' (попередник – горох), сформована за рахунок природної родючості ґрунту (вар. 6), становила 4,01 т/га (табл. 1). Приріст від застосування добрив та побічної продукції, передбачених різними за інтенсивністю та ресурсним забезпеченням технологіями вирощування, становив за мінімальної системи захисту – від 0,24 до 1,22 т/га, інтегрованої – від 0,14 до 1,80 т/га, від засобів хімізації – 0,41–2,21 т/га. Приріст зерна від застосування інтегрованої системи захисту порівняно з мінімальною становив 0,31–1,07 т/га, окупність 1 кг добрив зерном за інтегрованої системи захисту досягала 4,01–7,25 кг, за мінімальної – 2,53–5,78 кг.

За альтернативних технологій (вар. 4), коли вносили тільки побічну продукцію попередника, врожайність пшениці озимої становила за інтегрованої системи захисту 4,56 т/га, за мінімальної – 4,25 т/га. За да-

ними результатів досліджень, внесення побічної продукції було ефективним за обох систем захисту. У разі вирощування пшени-

ці після гороху як попередника ефективність цього елемента технології становила відповідно 0,14–0,24 т/га.

Таблиця 1

Ефективність елементів технології вирощування пшениці озимої сорту 'Столична' (середнє за 2011–2015 рр.)

| № варіанта | Удобрення, кг/га | Урожайність, т/га | | Приріст від, т/га | | | | Окупність добрив зерном, кг/кг | |
|---|---|-------------------|------|------------------------------|------|-----------------------|-------------------|--------------------------------|------|
| | | | | добрив та побічної продукції | | інтегрованого захисту | засобів хімізації | | |
| | | I | II | I | II | | | | |
| 1 | Побічна продукція + $N_{60}P_{45}K_{45}$ | 4,87 | 5,50 | 0,86 | 1,08 | 0,63 | 1,49 | 5,78 | 7,25 |
| 2 | Побічна продукція + $N_{120}P_{90}K_{90}$ | 5,23 | 6,01 | 1,22 | 1,59 | 0,78 | 2,00 | 4,08 | 5,32 |
| 3 | Побічна продукція $N_{180}P_{135}K_{135}$ | 5,15 | 6,22 | 1,14 | 1,80 | 1,07 | 2,21 | 2,53 | 4,01 |
| 4 | Побічна продукція | 4,25 | 4,56 | 0,24 | 0,14 | 0,31 | 0,55 | 0 | 0 |
| 5 | $N_{120}P_{90}K_{90}$ | 5,19 | 5,92 | 1,18 | 1,50 | 0,73 | 1,91 | 3,94 | 5,02 |
| 6 | Без добрив (контроль) | 4,01 | 4,42 | – | – | 0,41 | 0,41 | 0 | 0 |
| НІР _{0,05} для будь-яких середніх 0,32 | | | | | | | | | |

Примітка. Система захисту: I – мінімальна; II – інтегрована.

Ресурсоощадні технології вирощування пшениці озимої з обмеженим використанням добрив $P_{45}K_{45} + N_{30(II)} + N_{30(IV)}$ після гороху як попередника (вар. 1) у середньому за 2011–2015 рр. забезпечили врожайність на рівні 4,87–5,50 т/га. Приріст зерна від застосування добрив і побічної продукції за цією технологією після гороху становив 0,86–1,08 т/га, від засобів хімізації – 1,49 т/га, інтегрованого захисту – 0,63 т/га, окупність добрив зерном – 5,78–7,25 кг.

Результати досліджень свідчать, що в середньому за 2011–2015 рр. найвищі показники врожайності пшениці озимої забезпечили інтенсивні технології (вар. 2). Після гороху в сорту 'Столична' в середньому за роки досліджень урожайність зерна на рівні 6,01 т/га забезпечила інтенсивна технологія, яка передбачала внесення мінеральних добрив у нормі $P_{90}K_{90} + N_{30(II)} + N_{60(IV)} + N_{30(VIII)}$ на фоні використання побічної продукції попередника та інтегрованого захисту рослин. За цієї технології приріст зерна від добрив та побічної продукції за інтегрованої системи захисту становив 1,59 т/га, мінімальної – 1,22 т/га, від застосування системи інтегрованого захисту – 0,78 т/га, від комплексного застосування засобів хімізації – 2,0 т/га, окупність добрив зерном – 4,08–5,32 кг.

Інтенсивні технології вирощування, за яких вносили лише мінеральні добрива (вар. 5) у нормі $P_{90}K_{90} + N_{30(II)} + N_{60(IV)} + N_{30(VIII)}$, забезпечили врожайність зерна на рівні 5,19–5,92 т/га залежно від системи захисту. Приріст від добрив становив 1,18–1,50 т/га,

ефект від інтегрованої системи захисту – 0,73 т/га, окупність добрив зерном – 3,94 і 5,02 кг/кг.

Найвищу врожайність зерна (6,22 т/га) в середньому за роки досліджень забезпечила інтенсивна енергонасичена технологія (вар. 3), яка передбачала внесення норми мінеральних добрив $P_{135}K_{135}N_{60(II)+75(IV)+45(VIII)}$ із загортанням у ґрунт побічної продукції попередника та інтегрований захист рослин. За цієї технології зафіксовано найвищий приріст від добрив та побічної продукції, який за інтегрованої системи захисту становив 1,80 т/га, за мінімальної – 1,14 т/га. Ефект застосування інтегрованої системи захисту був на рівні 1,07 т/га, окупність добрив зерном – у межах 2,53–4,01 кг.

Встановлено, що зерно з найкращими показниками якості, яке відповідало 2-му класу групи А, було отримано за інтенсивних енергонасичених технологій вирощування. За сприятливих погодних умов в окремі роки якість зерна поліпшувалась до 1-го класу групи А. В середньому за 2011–2015 рр. вміст білка в зерні пшениці озимої за цих технологій досягав 13,3–13,5%, збір білка становив 0,68–0,84 т/га, вміст клейковини – 24,7–24,8%, збір клейковини – 1,27–1,54 т/га (табл. 2). За інтенсивних технологій вирощування отримано зерно 2–3-го класу якості групи А, яке містило 11,9–12,3% білка і 23,4–24,4% клейковини.

Ресурсоощадні технології вирощування забезпечили отримання зерна 2–3-го класу групи А з вмістом білка в зерні 11,2–11,6%. Збір

Біохімічні та фізичні показники якості зерна пшениці озимої сорту 'Столична' залежно від технології вирощування після гороху як попередника (середнє за 2011–2015 рр.)

| № варіанта | Білок | | | | Сира клейковина | | | | Маса 1000 зерен, г | | Натура зерна, г/л | |
|---------------------|----------|------|------------|------|-----------------|------|------------|------|--------------------|------|-------------------|-----|
| | вміст, % | | збір, т/га | | вміст, % | | збір, т/га | | I | II | I | II |
| | I | II | I | II | I | II | I | II | | | | |
| 1 | 11,2 | 11,6 | 0,55 | 0,64 | 22,8 | 23,6 | 1,11 | 1,30 | 41,6 | 42,1 | 758 | 769 |
| 2 | 11,9 | 12,3 | 0,62 | 0,74 | 23,4 | 24,4 | 1,23 | 1,46 | 38,0 | 39,8 | 748 | 756 |
| 3 | 13,3 | 13,5 | 0,68 | 0,84 | 24,7 | 24,8 | 1,27 | 1,54 | 36,5 | 38,5 | 735 | 745 |
| 4 | 10,2 | 10,3 | 0,43 | 0,47 | 21,5 | 21,9 | 0,91 | 1,00 | 40,2 | 40,1 | 736 | 746 |
| 5 | 12,0 | 12,3 | 0,62 | 0,73 | 23,4 | 23,7 | 1,22 | 1,40 | 39,1 | 41,5 | 751 | 769 |
| 6 | 10,1 | 10,2 | 0,40 | 0,45 | 20,8 | 21,7 | 0,83 | 0,96 | 40,0 | 40,6 | 741 | 749 |
| НІР _{0,05} | 0,50 | | 0,03 | | 1,10 | | 0,05 | | 1,60 | | 15 | |

Примітка. Система захисту: I – мінімальна, II – інтегрована.

білка становив 0,55–0,64 т/га, вміст клейковини – 22,8–23,6%, збір клейковини – 1,11–1,30 т/га. Застосування альтернативних технологій вирощування дало змогу отримати зерно 5-го класу групи Б з вмістом білка в зерні 10,1–10,3% і клейковини – 20,8–21,9%. Збір білка і клейковини становив 0,40–0,47 т/га та 0,83–1,00 т/га відповідно.

Фізичні показники якості зерна – маса 1000 зерен, натура зерна, склоподібність – залежали від системи удобрення, системи захисту, біологічних особливостей сорту, погодних умов. З підвищенням дози внесених азотних добрив у складі повного мінерального добрива та їх дробного застосування показники маси 1000 зерен та натури зерна зменшувались, склоподібності – зростали.

Застосування інтегрованого захисту позитивно впливало на фізичні показники якості зерна: збільшувалась маса 1000 зерен, його натура, склоподібність.

Залежно від технології вирощування маса 1000 зерен коливалася в межах 36,5–42,1 г, натура – 735–769 г/л, склоподібність – 55–95%. Внесення мінеральних добрив, підвищення їхніх доз, особливо азотних, поліпшувало біохімічні показники якості зерна. Від комплексного застосування засобів хімізації були отримані найвищі природи вмісту білка й клейковини. За основними показниками якості зерно, отримане у разі вирощування за інтенсивними технологіями, відповідало 2–3-му класу групи А згідно з ДСТУ 3768:2010 [9].

Висновки

За результатами досліджень встановлено, що в середньому за 2011–2015 рр. найвищу продуктивність пшениці озимої отримано за інтенсивної енергонасиченої технології вирощування, коли вносили $P_{135}K_{135} + N_{60(II)} + N_{75(IV)} + N_{45(VIII)}$ на фоні побічної продукції попередника та інтегрованої системи захисту. Ця технологія забезпечила врожайність

6,22 т/га зерна 2 класу якості групи А. За технології, яка передбачала внесення $P_{90}K_{90} + N_{30(II)} + N_{60(IV)} + N_{30(VIII)}$ та застосування інтегрованої системи захисту із загортанням у ґрунт побічної продукції попередника отримано врожайність зерна на рівні 6,01 т/га, 2–3-го класу якості групи А.

Ресурсоощадні технології вирощування пшениці озимої з обмеженим використанням добрив $P_{45}K_{45} + N_{30(II)} + N_{30(IV)}$ у середньому за 2011–2015 рр. забезпечили врожайність з якістю зерна 2–3-го класу на рівні 5,5 т/га.

Встановлено, що в середньому за роки досліджень зерно з найкращими показниками якості (13,3–13,5% білка та 24,7–24,8% клейковини), яке відповідало 2-му класу групи А, отримано за інтенсивних технологій вирощування. За ресурсоощадних технологій отримано зерно 2–3-го класу групи А з вмістом білка в зерні 11,2–11,6%, клейковини – 22,8–23,6%.

Використана література

1. Сільське господарство України 2015 : статистичний збірник. – К. : Держ. служба статистики України, 2016. – 362 с.
2. Мищенко С. В. Рекордні урожаї озимої пшениці / С. В. Мищенко // Земледелие. – 1989. – № 6. – С. 13–35.
3. Зерно високої якості / О. А. Демидов, М. М. Гаврилюк, В. П. Федоренко, С. В. Ретьман // Карантин і захист рослин. – 2010. – № 5. – С. 2–3.
4. Созинов А. А. Изучение качества зерна озимой пшеницы и кукурузы / А. А. Созинов, Г. П. Жемела. – М. : Колос, 1983. – 270 с.
5. Рыбалко А. И. Качество украинской пшеницы / А. И. Рыбалко, И. Г. Топораш // Хранение и переработка зерна. – 2007. – № 9. – С. 30–33.
6. Сайко В. Ф. Інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур як основа підвищення біопродуктивності агроландшафтів і якості продукції рослинництва / В. Ф. Сайко, Л. О. Кравченко, А. Д. Грицай. – К. : Урожай, 1992. – С. 155–158.
7. Effect of different plant production methods on yield and quality of winter wheat 'Portal' in 2009 / B. Tein, V. Eremeev, I. Keres [et al.] // Research for Rural Development 2010 : Annual 16th International Scientific Conference Proceedings (Jelgava, May 19–21, 2010). – Jelgava, Latvia : LLU, 2010. – Vol. 1. – P. 17–21.
8. Значення сорту в технології вирощування пшениці озимої в північній частині Лісостепу / Л. М. Кононюк, К. М. Олійник,

- Г. В. Давидюк [та ін.] // Зб. наук. праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – К. : Едельвейс, 2012. – Вип. 3–4. – С. 64–70.
9. Пшениця. Технічні умови : ДСТУ 3768:2010. – [Чинний від 2010-03-31]. – К. : Держспоживстандарт України, 2010. – 25 с. – (Національні стандарти України).
10. Куперман Ф. М. Морфологія рослин / Ф. М. Куперман. – М. : Высшая школа, 1984. – 240 с.

References

1. *Silke gospodarstvo Ukrainy 2015: statystychnyi zbirnyk* [Agriculture of Ukraine: Statistical yearbook]. (2016). Kyiv: State Statistics Service of Ukraine. [in Ukrainian]
2. Mishchenko, S. V. (1989). Record harvests of winter wheat. *Zemledelie* [Agriculture], 6, 13–35. [in Ukrainian]
3. Demydov, O. A., Havryliuk, M. M., Fedorenko, V. P., & Retman, S. V. (2010). High quality grain. *Karantin i zahist roslyn* [Quarantine and Plant Protection], 5, 2–3. [in Ukrainian]
4. Sozinov, A. A., & Zhemela, G. P. (1983). *Izuchenie kachestva zerna ozimoy pshenitsy i kukuruzy* [Winter wheat and maize grain quality study]. Moscow: Kolos. [in Russian]
5. Rybalko A. I., & Toporash, I. G. (2007). Quality of Ukrainian wheat *Khranenie i pererobotka zerna* [Grain storage and processing], 9, 30–33. [in Russian]
6. Saiko, V. F., Kravchenko, L. O., & Hrytsai, A. D. (1992). *Intensyvni tekhnologii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur yak osnova pidvyshchennia bioproduktyvnosti ahrolandshaftiv i yakosti produktsii roslynnytstva* [Intensive technologies of crops cultivation as a basis for increasing biological productivity of cultivated lands and crop production quality]. Kyiv: Urozhai. [in Ukrainian]
7. Tein, B., Eremeev, V., Keres, I., Selge, A., & Luik, A. (2010). Effect of different plant production methods on yield and quality of winter wheat 'Portal' in 2009. In *Research for Rural Development 2010. Annual 16th Int. Sci Conf. Proc.* (Vol. 1, pp. 17–21). May 19–21, 2010, Jelgava, Latvia.
8. Kononyuk, L. M., Oliynyk, K. M., Davydyuk, H. V., Natalchuk, T. A., & Khudolii, L. V. (2012). Variety importance for winter wheat growing technology in the northern part of Forest-Steppe zone. *Zbirnyk naukovykh prats' NNTs «Instytut zemlerobstva UAA»* [Proceedings of the NSC "Institute of Agriculture of NAAS"], 3–4, 64–70. [in Ukrainian]
9. *Pshenytsia. Tekhnichni umovy. DSTU 3768:2010* [Wheat. Specifications: State Standard 3768:2010]. (2010). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
10. Kuperman, F. M. (1984). *Morfofiziologiya rastenyi* [Plant morphophysiology]. Moscow: Vysshaya shkola. [in Russian]

УДК 633.11:631.8

Олейник К. М.^{1*}, Давидюк Г. В.¹, Блажевич Л. Ю.¹, Худолій Л. В.² Влияние элементов технологий выращивания на урожайность и качество зерна пшеницы озимой // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 45–50. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88671](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88671)

¹ННЦ «Інститут земледілля НААН», ул. Машиностроїтелів, 2б, пгт Чабани, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., 08162, Україна, *e-mail: katerina_oleunik@mail.ru

²Український інститут експертизи сортів рослин, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Київ, 03041, Україна

Цель. Разработать и усовершенствовать адаптивные технологии выращивания пшеницы озимой, которые обеспечивают высокую продуктивность и качество зерна. **Методы.** Полевые, лабораторные исследования, математически-статистический анализ. **Результаты.** В течение 2011–2015 гг. изучали влияние технологий выращивания на формирование урожая и качества зерна пшеницы озимой сорта 'Столична' (предшественник – горох). При альтернативных технологиях, которые предусматривали внесение только побочной продукции предшественника, урожайность озимой пшеницы составляла при интегрированной системе защиты 4,56 т/га, при минимальной – 4,25 т/га зерна 5 класса группы Б. Ресурсосберегающие технологии выращивания с ограниченным использованием удобрений ($P_{45}K_{45}N_{30(II)+30(IV)}$) обеспечили урожайность на уровне 4,87–5,50 т/га с качеством зерна 2–3-го класса группы А. Урожайность зерна 6,01 т/га с показателями 2–3-го класса качества получена при интенсивной технологии выращивания, которая включала внесение

минеральных удобрений ($P_{90}K_{90}N_{30(II)+60(IV)+30(VIII)}$) на фоне применения побочной продукции предшественника и интегрированную защиту растений. Наибольшую урожайность зерна (6,22 т/га) в среднем за годы исследований с показателями 2-го класса качества группы А обеспечила интенсивная энергонасыщенная технология, при которой вносили $P_{135}K_{135}N_{60(II)+75(IV)+45(VIII)}$ с заделкой в почву побочной продукции предшественника и интегрированная защита растений. **Выводы.** Установлено, что в условиях северной части Правобережной Лесостепи Украины на темно-серой оподзоленной почве наибольшая продуктивность озимой пшеницы получена при интенсивной энергонасыщенной технологии выращивания, с внесением $P_{135}K_{135}N_{60(II)+75(IV)+45(VIII)}$ на фоне побочной продукции предшественника и интегрированной системы защиты. Эта технология обеспечивала урожайность 6,22 т/га зерна 2-го класса качества группы А.

Ключевые слова: продуктивность, удобрения, система защиты, белок, клейковина.

UDC 633.11:631.8

Oliynyk, K. M.^{1*}, Davydyuk, G. V.¹, Blazhevych, L. Yu.¹, & Khudolii, L. V.² (2016). Impact of cultivation technologies elements on winter wheat grain productivity and quality. *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslyn* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 45–50. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88671](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88671)

¹NSC "Institute of Agriculture NAAS", 2-b Mashynobudivnykiv Str., village Chabany, Kyievo-Sviatoshynskiyi district, Kyiv region, 08162, Ukraine, *e-mail: katerina_oleunik@mail.ru

²Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva Str., Kyiv, 03041, Ukraine

Purpose. To develop and improve adaptive technologies of winter wheat cultivation which provide high productivity and quality of grain. **Methods.** Field and laboratory stu-

dies, mathematical and statistical analysis. **Results.** During 2011–2015, the impact of cultivation technologies on the formation of grain quality and yield of winter wheat varie-

ty 'Stolychna' (with pea as predecessor) was studied. When using alternative technologies with only predecessor by-products application, the yield of winter wheat with integrated crop protection system was 4,56 t/ha, with minimal protection – 4.25 t/ha with grain quality of the 5th class of B group. Resource saving cultivation technologies with limited application of fertilizers ($P_{45} K_{45} N_{30(II)+30(IV)}$) provided productivity at the level of 4,87–5,50 t/ha with grain quality of the 2nd–3rd class of A group. Grain yield of 6.01 t/ha with indicators of the 2nd–3rd class of quality was obtained with the use of intensive cultivation technology with application of mineral fertilizers ($P_{90} K_{90} N_{30(II)+60(IV)+30(VIII)}$) on the background of applying predecessor's by-products and integrated crop protection. The highest yield of grain (6.22 t/ha) with indicators of the 2nd class of A group quality on average for

the research period was provided by energy-intensive technology, that requires the application of mineral fertilizers ($P_{135} K_{135} N_{60(II)+75(IV)+45(VIII)}$) and incorporation of predecessor's by-products in the soil, and integrated plant protection. **Conclusion.** It was found that in the northern part of the Right-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine, the highest productivity of winter wheat was obtained in dark grey podzolic soils when using the energy-intensive technology with application of $P_{135} K_{135} N_{60(II)+75(IV)+45(VIII)}$ on the background of predecessor's by-products and integrated crop protection. This technology ensured the grain yield of 6.22 t/ha of the 2nd class of A group quality.

Keywords: productivity, fertilizer, protection system, protein, gluten.

Надійшла 3.11.2016

Оцінка сортів гороху на основі кореляції кількісних ознак та індексів

О. І. Присяжнюк*, Л. В. Король

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна,
*e-mail: olpris@mail.ru

Мета. Оцінити продуктивність рослин гороху та визначити ступінь кореляційних зв'язків (залежності) між основними господарсько-цінними ознаками у сортів гороху. **Методи.** Структурний та статистичний аналіз. **Результати.** Оцінка зразків гороху за показниками рівня елементів продуктивності рослин з використанням кореляційного аналізу та застосуванням простих індексів дає уявлення про відношення частки однієї ознаки на одиницю іншої. Встановлено, що деякі залежності між елементами продуктивності не тільки мають помірні та слабкі рівні зв'язку, а й взагалі змінюють свій знак, що може свідчити про вплив умов вирощування на структурні взаємодії між окремими ознаками та, як наслідок, – перерозподіл їхніх внесків у формування продуктивності сорту. Виявлено позитивну й дуже тісну залежність багатьох ознак, зокрема: між висотою рослини загальною та висотою рослини до першого бобу, кількістю вузлів та кількістю стерильних вузлів ($r = 0,95-0,97$). Розглянуто методичні аспекти створення моделі сорту, що може бути корисним не лише в селекції гороху, а й для удосконалення технології його вирощування. **Висновки.** Встановлено кореляційні зв'язки між кількістю бобів та плодкових вузлів і плодоносів з двома бобами ($r = 0,86-0,88$), масою насіння з рослини й масою рослини ($r = 0,81$), кількістю насіння з рослини й масою рослини та масою насіння з рослини ($r = 0,78-0,81$), кількістю кондиційного насіння й кількістю насіння з рослини ($r = 0,84$), середньою кількістю бобів на фертильному вузлі й кількістю плодоносів з двома бобами ($r = 0,74$), що дає можливість використовувати їх під час оцінки продуктивності рослин.

Ключові слова: горох, сорт, кількісна ознака, елементи продуктивності, індекс, кореляція.

Вступ

Продуктивність рослин гороху – складна кількісна ознака, зумовлена взаємодією цілого комплексу показників, з яких найбільше значення мають такі елементи структури врожаю, як кількість бобів, кількість насінин, кількість продуктивних вузлів на рослині, довжина стебла та кількість бобів у вузлі та ін. [1].

На думку А. А. Жученка [2], важливе місце у характеристиці продуктивності рослин займає зв'язок з кількісними ознаками, які характеризують внесок окремих ознак у показник урожайності насіння на рівні виду (підвиду).

Максимальний урожай формується за умови оптимального співвідношення в розвитку всіх елементів його структури. Однак, у разі слабого розвитку одного структурного елемента врожай може бути компенсований за рахунок інших елементів. При цьому необхідно мати на увазі, що деякі елементи врожаю формуються на різних етапах органогенезу і для їх оптимального розвитку необхідні різні умови.

За даними багатьох авторів [3–5], продуктивність рослини має тісний кореляційний зв'язок з кількістю бобів та насінин на рослині, меншою мірою залежить від кількості бобів у вузлі й насінин у бобі. Зв'язок продуктивності з тривалістю періоду вегетації спостерігається лише в сприятливій роки.

Одним з найдоступніших методів оцінки продуктивності рослин є ідентифікація генотипів за кількісними (непрямими) ознаками та простими індексами [6]. Під час добору високопродуктивних генотипів доводиться мати справу з фенотипною мінливістю, спричиненою як генетично зумовленим рівнем розвитку ознаки, так і варіюванням умов вирощування. Від величини останньої залежить правильність ідентифікації генотипів за фенотипом. Під час добору на продуктивність значний інтерес становлять істотні ознаки.

Мета досліджень – оцінити продуктивність рослин гороху та визначити ступінь кореляційних зв'язків (залежності) між основними господарсько-цінними ознаками у сортів гороху.

Матеріали та методика досліджень

Експериментальні дослідження проводили на дослідному полі відділу селекції та насінництва зернобобових культур Уладово-

Oleh Prisyazhniuk
<http://orcid.org/0000-0002-4639-424X>
Larysa Korol
<http://orcid.org/0000-0003-1414-0015>

Люлинецької дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України протягом 2014–2015 рр.

Досліджували сорти гороху ‘Улюбленець’ та ‘Юлій’. Для структурного аналізу з кожного повторення (7 варіантів по 4 повторення) цих сортів відбирали по 15 рослин.

Структурний аналіз здійснювали за абсолютними кількісними ознаками: загальна висота, довжина стерильної та фертильної частин рослини; кількість фертильних, стерильних вузлів та їхня загальна кількість; кількість бобів на рослині; кількість фертильних вузлів з одним, двома та трьома бобами; кількість насінин з рослини; кількість кондиційного насіння з рослини; максимальна кількість насіння в бобі; загальна маса рослини та маса насіння з рослини.

На основі цих даних розраховували прості індекси: співвідношення стерильної та фертильної довжини рослини; середньої довжини стерильного та фертильного міжвузля; лінійної щільності стебла (співвідношення загальної маси рослини до її висоти); середньої кількості бобів на фертильному вузлі (співвідношення загальної кількості бобів до кількості фертильних вузлів); середньої кількості насінин у бобі (співвідношення загальної кількості насіння з рослини до кількості бобів); маси 1000 насінин та збирального індексу (співвідношення маси насіння з рослини до її загальної маси).

Для визначення структури фенотипічної продуктивності сорту гороху застосовували еколого-генетичну модель кількісних ознак [7].

Статистичний аналіз результатів роботи здійснювали за допомогою прикладного пакету Statistica 6.0 [8, 9].

Результати досліджень

Кількісні ознаки гороху умовно можна поділити на 5 груп: ознаки маси, плодової продуктивності, насінневої продуктивності, висоти рослини та кількості вузлів. Всі кількісні ознаки поділяють на абсолютні та відносні, або індекси, що є високоінформативними показниками.

Цінність простих індексів полягає в тому, що вони дають уявлення про відношення частки однієї ознаки на одиницю іншої, а також в їх значно нижчій екологічній мінливості порівняно з абсолютними кількісними ознаками (табл. 1).

З даних таблиці видно, що показники лінійної щільності стебла, середньої кількості насіння в бобі, маси 1000 насінин є вищими в сорту ‘Улюбленець’ порівняно з ‘Юлієм’.

Таблиця 1

Індекси продуктивності сортів гороху (за даними 2014–2015 рр.)

| Індекс | Сорт | |
|---|--------------|--------|
| | ‘Улюбленець’ | ‘Юлій’ |
| Лінійна щільність стебла, г/см | 0,22 | 0,11 |
| Середня кількість бобів на фертильному вузлі, шт. | 1,69 | 1,73 |
| Середня кількість насінин у бобі, шт. | 3,49 | 3,31 |
| Маса 1000 насінин, г | 202,97 | 197,77 |
| Збиральний індекс | 0,48 | 0,45 |

Збиральний індекс визначається сортовими особливостями.

Отже, використання простих індексів дає можливість точніше провести оцінку як індивідуальної, так і сортової продуктивності рослин, що створює передумови для оптимізації елементів технології вирощування.

Урожай гороху визначається кількістю рослин на одиниці площі, кількістю бобів на рослині та насінин у бобі, масою 1000 насінин та ін. Загальну характеристику продуктивності сортів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Характеристика ознак продуктивності сортів (середнє за 2014–2015 рр.)

| Ознака | Сорт | |
|---|--------------|--------|
| | ‘Улюбленець’ | ‘Юлій’ |
| Висота рослини загальна, см | 50,17 | 40,29 |
| Висота рослини до першого бобу, см | 46,40 | 36,44 |
| Кількість стерильних вузлів, шт. | 14,24 | 12,96 |
| Кількість плодкових вузлів, шт. | 2,14 | 2,11 |
| Усього вузлів, шт. | 16,39 | 15,07 |
| Кількість плодоносів з одним бобом, шт. | 0,70 | 0,60 |
| Кількість плодоносів з двома бобами, шт. | 1,44 | 1,54 |
| Кількість бобів усього, шт. | 3,60 | 3,63 |
| Маса рослини, г | 5,16 | 4,29 |
| Маса насіння з рослини, г | 2,47 | 1,99 |
| Кількість насіння з рослин усього, шт. | 11,86 | 11,66 |
| Кількість кондиційного насіння з рослини, шт. | 10,97 | 11,06 |
| Максимальна кількість насіння в бобі, шт. | 4,89 | 4,34 |
| Маса 1000 насінин, г | 202,97 | 197,77 |

Досліджувані сорти відрізняються за багатьма показниками продуктивності. Так, ‘Улюбленець’ порівняно з ‘Юлієм’ має більшу масу 1000 насінин, рослини та насіння з рослини, кількість вузлів, висоту рослини, висоту рослини до першого бобу, хоч кількість бобів, плодкових вузлів і насінин з рослини істотно не відрізнялись. Різниця між сортами зумовлена здебільшого сортовими особливостями.

Придатність тієї чи іншої ознаки для достовірної оцінки сортів прийнято визначати за коефіцієнтом кореляції, що дасть можливість встановити тісноту лінійного зв'язку між кількісними ознаками рослин гороху [10] та визначити кількісні параметри майбутнього сорту під час математичного обґрунтування його моделі.

Коефіцієнти кореляції між ознаками продуктивності гороху наведено в таблиці 3.

Після обчислення кореляційних зв'язків за допомогою процедури Correlation matrices проводили перевірку достовірності розрахованих коефіцієнтів кореляції, оскільки значення коефіцієнта може бути високим, але не достовірним, випадковим. Згідно з цією процедурою отримані кореляції, за яких спостерігався помірний, значний, тісний та дуже тісний зв'язок, були достовірними на рівні $p < 0,05$.

У наших дослідженнях встановлено позитивну й дуже тісну залежність між висотою рослин і висотою рослини до першого бобу, кількістю вузлів і кількістю стерильних вузлів ($r = 0,95-0,97$).

Визначено позитивну та тісну залежність між кількістю бобів і кількістю плодкових вузлів і плодоносів з двома бобами ($r = 0,86-0,88$), масою насіння з рослини та масою рослини ($r = 81$), кількістю насіння з рослини й масою рослини та масою насіння з рослини ($r = 0,78-0,81$), кількістю кондиційного насіння та кількістю насіння з рослини ($r = 0,84$), середньою кількістю бобів на фертильному вузлі й кількістю плодоносів з двома бобами ($r = 0,74$).

Спостерігається значна позитивна кореляційна залежність між такими ознаками, як кількість плодоносів з двома бобами та кількість плодкових вузлів ($r = 0,51$), маса рослини та висота рослини ($r = 0,51$), кількість насіння з рослини та кількість плодоносів з двома бобами й загальна кількість бобів ($r = 0,52$), кількість кондиційного насіння з рослини та маса рослини й маса насіння з рослини ($r = 0,69-0,70$), максимальна кількість насіння в бобі та маса насіння з рослини й кількість насіння з рослини ($r = 0,52-0,59$), середня кількість насіння в бобі та максимальна кількість насіння в бобі ($r = 0,52$), зби-

Таблиця 3

Коефіцієнт кореляції між елементами продуктивності гороху

| Ознака | Висота рослини загальна, см | Висота рослини до першого бобу, см | Кількість стерильних вузлів, шт. | Кількість плодкових вузлів, шт. | Всього вузлів, шт. | Кількість плодоносів з одним бобом, шт. | Кількість плодоносів з двома бобами, шт. | Кількість бобів всього, шт. | Маса рослини, г | Маса насіння з рослини, г | Кількість насіння з рослини всього, шт. | Кількість кондиційного насіння з рослини, шт. | Максимальна кількість насіння в бобі, шт. |
|---|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------|---|--|-----------------------------|-----------------|---------------------------|---|---|---|
| Висота рослини до першого бобу, см | 0,97 | - | | | | | | | | | | | |
| Кількість стерильних вузлів, шт. | 0,40 | 0,42 | - | | | | | | | | | | |
| Усього вузлів, шт. | 0,37 | 0,37 | 0,95 | 0,41 | - | | | | | | | | |
| Кількість плодоносів з двома бобами, шт. | | | | 0,51 | 0,31 | -0,55 | - | | | | | | |
| Кількість бобів усього, шт. | | | | 0,86 | 0,41 | | 0,88 | - | | | | | |
| Маса рослини, г | 0,51 | 0,45 | | 0,34 | 0,35 | | 0,43 | 0,45 | - | | | | |
| Маса насіння з рослини, г | 0,39 | 0,34 | | 0,32 | 0,30 | | 0,39 | 0,41 | 0,81 | - | | | |
| Кількість насіння з рослини всього, шт. | | | | 0,38 | | | 0,52 | 0,52 | 0,81 | 0,78 | - | | |
| Кількість кондиційного насіння з рослини, шт. | | | | | | | 0,37 | 0,31 | 0,69 | 0,70 | 0,84 | - | |
| Максимальна кількість насіння в бобі, шт. | 0,43 | 0,41 | 0,31 | | 0,30 | | | | 0,48 | 0,52 | 0,59 | 0,49 | - |
| Середня кількість бобів на фертильному вузлі, шт. | | | | | | -0,90 | 0,74 | 0,37 | | | | | |
| Середня кількість насіння в бобі, шт. | 0,31 | 0,30 | | -0,43 | | | -0,39 | -0,47 | 0,31 | 0,31 | 0,40 | 0,44 | 0,52 |
| Збиральний індекс | | | | | | | | | | 0,61 | | | |

Примітка. За значення коефіцієнта кореляції від 0,10 до 0,29 зв'язок оцінюють як слабкий, від 0,30 до 0,49 – помірний, від 0,50 до 0,69 – значний, від 0,70 до 0,89 – тісний, 0,90 й вище – дуже тісний. На практиці використовують значні, тісні й дуже тісні зв'язки.

ральний індекс та маса насіння з рослини ($r = 0,61$).

Що стосується взаємозв'язку між кількістю плодкових вузлів, лінійною щільністю стебла з іншими характеристиками господарських ознак, то він виявився слабким, що не дає змогу проводити ефективний добір за цими ознаками. Деякі кореляційні зв'язки між елементами продуктивності не тільки мають помірні та слабкі рівні тісноти зв'язку, а й взагалі змінюють свій знак, що може свідчити про вплив умов вирощування на структурні взаємодії між окремими ознаками та, як наслідок, – перерозподіл їхніх внесків у формування продуктивності сорту. Так, наприклад, кількість плодоносів формувалася на рослині за достатньої кількості опадів та температури, а в період зав'язування–утворення бобів склались умови, що спричинили значне зменшення кількості бобів на рослині. З огляду на те, що онтогенез рослин нерозривно пов'язаний з утворенням та диференціацією їхніх органів, компенсації основних компонентів, що визначають структуру врожаю, може не відбутися у разі погіршення умов вирощування на наступних етапах росту й розвитку рослин.

Для успішного створення моделі сорту потрібно мати повну інформацію про кореляцію між елементами продуктивності [5]. Адже модель сорту передбачає, яким має бути сорт, щоб за певних умов вирощування найкраще задовольнити вимоги виробництва до цієї культури. Крім того, під час створення моделі бажано врахувати, чи погодні умови були сприятливими для росту й розвитку рослин протягом вегетаційного періоду. Нестачу певних чинників життєзабезпечення рослини завжди можна компенсувати зміною окремих елементів структурних показників, а от в подальшому опрацювати такі дані буде надзвичайно складно через втручання неконтрольованих чинників у кореляційні моделі.

Висновки

За результатами досліджень визначено, що насіннева продуктивність зразків гороху дуже тісно корелює з такими показниками, як висота рослини загальна з висотою рослини до першого бобу, кількість вузлів – з кількістю стерильних вузлів ($r = 0,95-0,97$).

Встановлено позитивну та тісну залежність між кількістю бобів і кількістю плодкових вузлів та плодоносів з двома бобами ($r = 0,86-0,88$), масою насіння з рослини та масою рослини ($r = 0,81$), кількістю насіння з рослини та масою рослини й масою насін-

ня з рослини ($r = 0,78-0,81$), кількістю кондиційного насіння й кількістю насіння з рослини ($r = 0,84$), середньою кількістю бобів на фертильному вузлі та кількістю плодоносів з двома бобами ($r = 0,74$), що дає можливість частково використовувати їх для оцінки продуктивності рослин.

Використана література

1. Іванюк С. В. Оцінка сорторазків квасолі звичайної на основі кореляції кількісних ознак та індексів / С. В. Іванюк, А. В. Глявін // Селекція і насінництво : міжвід. темат. наук. зб. – Х. : [б. в.], 2012. – Вип. 101. – С. 192–197.
2. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений: Эколого-генетические основы / А. А. Жученко. – Кишинев : Штиинца, 1988. – 767 с.
3. Коханюк Н. В. Оцінка зразків сої на основі кореляції кількісних ознак та індексів / Н. В. Коханюк // Селекція і насінництво : міжвід. темат. наук. зб. – Х. : [б. в.], 2014. – Вип. 106. – С. 74–76.
4. Марченко Т. Ю. Кореляційні взаємозв'язки кількісних ознак сорторазків сої на зрошенні / Т. Ю. Марченко // Зрошуване землеробство : міжвід. темат. наук. зб. – Херсон : Айлант, 2012. – Вип. 57. – С. 238–242.
5. Михайлов В. Г. Кореляційна залежність між важливими господарськими ознаками у форм сої з фасційованим і нефасційованим типом стебла / В. Г. Михайлов, М. В. Слісарчук, О. З. Щербина, Л. С. Романюк // Генетичні ресурси рослин. – 2008. – № 6. – С. 49–55.
6. Іванюк С. В. Математико-статистичні методи оцінки вихідного матеріалу сої за елементами продуктивності / С. В. Іванюк, І. В. Темченко // Корми і кормовиробництво : міжвід. темат. наук. зб. – Вінниця : [б. в.], 2011. – Вип. 69. – С. 45–53.
7. Драгавцев В. А. Эколого-генетическая модель организации количественных признаков растений / В. А. Драгавцев // Сельскохозяйственная биология. – 1995. – № 5. – С. 20–29.
8. Дроздов В. И. Инструкция по использованию пакета Statistica 6.0 / В. И. Дроздов. – Курск : Изд-во ЮЗГУ, 2010. – 74 с.
9. Marques de Sá J. P. Applied Statistics Using SPSS, STATISTICA, MATLAB and R. / J. P. Marques de Sá. – 2nd ed. – Berlin : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. – 520 p. doi: 10.1007/978-3-540-71972-4
10. Ермантраут Е. Р. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6.0 : метод. вказівки / Е. Р. Ермантраут, О. І. Присяжнюк, І. Л. Шевченко. – К. : Поліграф-Консалтинг, 2007. – 55 с.

References

1. Ivaniuk, S. V., & Hliavin, A. V. (2012). Evaluation of common bean samples based on correlation of quantitative traits and indices. *Seleksia I Nasinnitstvo* [Plant Breeding and Seed Production], 101, 192–197. [in Ukrainian]
2. Zhuchenko, A. A. (1988). *Adaptivnyy potentsial kul'turnykh rasteniy: Ekologo-geneticheskie osnovy* [Adaptive potential of cultivated plants: Ecological and genetic basic principles]. Kishinev: Shtiintsa. [in Russian]
3. Kokhaniuk, N. V. (2014). Evaluation of soybean varieties based on correlation of quantitative traits and indices. *Seleksia I Nasinnitstvo* [Plant Breeding and Seed Production], 106, 74–76. [in Ukrainian]
4. Marchenko, T. Yu. (2012). Correlation relationships of quantitative traits of irrigated soybean samples. *Zroshuvane zemlerobstvo* [Irrigated Agriculture], 57, 238–242. [in Ukrainian]
5. Mykhailov, V. H., Slisarchuk, M. V., Shcherbyna, O. Z., & Romaniuk, L. S. (2008). Correlation relationship between major economic traits in soybean forms with a fasciated and unfasciated type of the stem. *Henetychni resursy roslyn* [Plant Genetic Resources], 6, 49–55. [in Ukrainian]

6. Ivaniuk, S. V., & Temchenko, I. V. (2011). Mathematical and statistical methods for evaluating soybean source material for productivity elements. *Kormy i kormovyrobnytstvo* [Feeds and Feed Production], 69, 45–53. [in Ukrainian]
7. Dragavtsev, V. A. (1995). Ecological and genetic model of the organization of plant quantitative traits. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 5, 20–29. [in Russian]
8. Drozdov, V. I. (2010). *Instruktsiya po ispolzovaniyu paketa Statistica 6.0* [Manual for using the Statistica 6.0]. Kursk: Izdatelstvo YuZGU. [in Russian]
9. Marques de Sá, J. P. (2007). *Applied Statistics Using SPSS, STATISTICA, MATLAB and R*. (2nd ed.). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-540-71972-4
10. 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 in the Statistica 6.0 software suite]. Kyiv: PolihrafKon-saltynh. [in Ukrainian]

УДК 633.63: 631

Присяжнюк О. И.*, **Король Л. В.** Оценка сортов гороха на основе корреляции количественных признаков и индексов // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 51–55. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88674](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88674)

*Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03141, Украина, *e-mail: olpris@mail.ru*

Цель. Оценить продуктивности растений гороха и определить степень корреляционных связей (зависимости) между основными хозяйственно-ценными признаками у сортов гороха. **Методы.** Структурный и статистический анализ. **Результаты.** Оценка образцов гороха по показателям уровня элементов продуктивности растений с использованием корреляционного анализа и применением простых индексов дает представление об отношении доли одного признака на единицу другого. Установлено, что некоторые зависимости между элементами продуктивности не только имеют умеренные и слабые уровни связи, но и вообще меняют свой знак, что может свидетельствовать о влиянии условий выращивания на структурные взаимодействия между отдельными признаками и, как следствие, – перераспределении их вкладов в формирование продуктивности сорта. Выявлена положительная и очень тесная зависимость многих признаков, в частности: между

высотой растения общей и высотой растения до первого боба, количеством узлов и количеством стерильных узлов ($r = 0,95-0,97$). Рассмотрены методические аспекты создания модели сорта, что может быть полезным не только в селекции гороха, но и для совершенствования технологии его выращивания. **Выводы.** Установлены корреляционные связи между количеством бобов и плодовых узлов и плодоносом с двумя бобами ($r = 0,86-0,88$), массой семян с растения и массой растения ($r = 0,81$), количеством семян с растения и массой растения и массой семян с растения ($r = 0,78-0,81$), количеством кондиционных семян и количеством семян с растения ($r = 0,84$), средним количеством бобов на фертильном узле и количеством плодоносом с двумя бобами ($r = 0,74$), что дает возможность использовать их при оценке продуктивности растений.

Ключевые слова: горох, сорт, количественный признак, элементы продуктивности, индекс, корреляция.

UDC 633.63: 631

Prysiazhniuk, O. I.*, & **Korol, L. V.** (2016). Evaluation of pea varieties based on correlation of quantitative traits and indices. *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslyn* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 51–55. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88674](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88674)

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS, 25 Klinichna Str., Kyiv, 03141, Ukraine, *e-mail: olpris@mail.ru*

Purpose. To evaluate pea plants productivity and determine the degree of correlation among the main agronomic characters in pea varieties. **Methods.** Structural and statistical analysis. **Results.** Evaluation of pea samples in terms of indices of plant productivity elements level based on correlation analysis and single-factor indices appliance provided insight into the ratio of one trait share per unit of another one. It was defined that some correlations among the elements of productivity was not only moderate and weak, but they also changed their sign that could be the evidence of growth conditions influence on structural relationships between some traits and, consequently, redistribution of their contributions to the formation of variety productivity. Positive and very close relationship of many traits was revealed, particularly between plant height and the height of the plant up to the first bean, the number of nodes and the number of

sterile nodes ($r = 0,95-0,97$). Methodological aspects of the variety model creation were considered, that may be useful not only in pea breeding but also for improving the technology of its cultivation. **Conclusions.** Correlation relationships were established between the number of beans and the number of fruiting nodes and the number of carpophores containing 2 beans ($r = 0,86-0,88$), seed mass and plant mass ($r = 0,81$), the number of seeds per plant and plant mass and seed mass per plant ($r = 0,78-0,81$), the number of certified seeds and the number of seeds per plant ($r = 0,84$), the average number of beans per fertile node and the number of carpophores containing 2 beans ($r = 0,74$) that makes it possible to use them in assessing the productivity of plants.

Keywords: pea, variety, quantitative trait, productivity elements, index, correlation.

Надійшла 1.08.2016

Метод визначення сортової чистоти (типовості), гібридності, стерильності партій насіння на основі встановлення кількісного співвідношення алелів ДНК-маркерів

Ж. В. Вдовиченко, В. Г. Спиридонов, С. В. Хомутовська, М. Ф. Парій

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

Мета. Розробити принципово новий метод визначення сортової чистоти (типовості), гібридності, стерильності партій насіння. **Методи** молекулярної біології (екстракція геномної ДНК, ПЛР із застосуванням SSR-маркерів, капілярний електрофорез), генетичний та статистично-математичний аналіз. **Результати.** Розроблено новий метод визначення сортових якостей партій насіння, що складається з таких етапів: одночасне виділення ДНК із репрезентативної сукупності насінин оцінюваного зразка; ПЛР та подальший аналіз продуктів ампліфікації шляхом визначення якісного та кількісного складу алелів маркерних SSR-послідовностей; розрахунок сортових показників якості партії насіння з використанням експериментально отриманих співвідношень алелів. **Висновки.** Розроблений метод визначення сортових якостей партій насіння дає змогу значно скоротити витрати матеріалів, часу та праці під час виконання аналізу. Послідовне якісне та кількісне визначення алелів у сукупному зразку партії насіння є принципово новим підходом для встановлення сортової чистоти (типовості), гібридності, стерильності.

Ключові слова: сортова чистота, типовість, гібридність, стерильність, ДНК-маркери, SSR-маркери, контроль якості партії насіння, ячмінь.

Вступ

Сучасні генетико-селекційні дослідження базуються на застосуванні ДНК-маркерів [1–3]. Також молекулярні маркери є зручними для контролю якості відтворення сортів та гібридів рослин. За допомогою ДНК-технологій можна локалізувати та маркувати як окремі гени та локуси кількісних ознак, так і окремі ділянки хромосом, цілі хромосоми і навіть геноми. Напрямами використання ДНК-маркерів є ідентифікація та диференціація особин, аналіз родинних зв'язків. Цей інструмент молекулярної біо-

логії широко використовують в криміналістиці, тваринництві та для сортової ідентифікації в рослинництві. Загалом ДНК-маркери – це будь які поліморфні ділянки ДНК, які виявляють молекулярними методами. Серед різних типів ДНК-маркерів два типи – SSR (simple sequence repeat) та SNP (single nucleotide polymorphism) – найбільше використовують завдяки їх широкій представленості у геномі та високому поліморфізму, який вони забезпечують [4, 5]. Розвиток сучасних технологій, у тому числі й секвенування, дає змогу розробити бази даних цих маркерів для більшості економічно важливих видів [6], а технологій матричного аналізу (Argays) – проводити генотипування одразу за багатьма маркерами [7].

Якщо в генетичному аналізі та під час ідентифікації й визначення родинних зв'язків фахівці в більшості випадків мають справу з окремими особинами, то в генетиці рослин та рослинництві об'єктом досліджень часто стають популяції з необмеженою кількістю осо-

Zhanna Vdovychenko
<http://orcid.org/0000-0002-6070-5518>
Vladislav Spirydonov
<http://orcid.org/0000-0003-1197-0507>
Stanislava Khomutovska
<http://orcid.org/0000-0003-4888-7184>
Myroslav Parii
<http://orcid.org/0000-0001-9877-2241>

бин – природні популяції або сорти рослин. Контролювати чистоту посівного матеріалу складніше у разі культивування перехресно-запильних культур. Але навіть під час розмноження самозапильних гомозиготних культур виникає така проблема, як засмічення посівного матеріалу іншими сортами.

Проведення аналізу за молекулярними маркерами на рівні популяції є проблемою технічного характеру. Найпоширенішим лабораторним методом визначення таких показників якості партій насіння, як сортова чистота (типовість) або рівень гібридності, є електрофоретичний розподіл запасних білків насіння, які характеризуються певним поліморфізмом, у поліакриламідному гелі. Цей спосіб передбачає екстракцію білків з кожної насінини та окремих їх розподіл. За співвідношенням типових та нетипових білкових профілей визначається оцінюваний показник [8, 9]. Такий спосіб, по-перше, має недостатню роздільну здатність через високий поліморфізм запасних білків, що часто призводить до неможливості диференціації сортів [10, 11]. По-друге, він є часо- та трудозатратним, оскільки потребує аналізу не менше ніж 50 насінин (зернівок), а за необхідності – до 1000 зернівок для партій добазового насіння. Для підвищення надійності аналізу було запропоновано ряд способів визначення сортової чистоти та типовості партій насіння, які базуються на використанні ДНК-маркерів, у тому числі й SSR [12]. Для визначення типовості гібридів соняшнику та кукурудзи за допомогою мікросателітів вже запроваджено міжнародні стандарти ISO/TR 17623:2015 та ISO/TR 17622:2015. Однак, за такого підходу кількість необхідних тестів може збільшуватись порівняно з аналізом за білковими маркерами, оскільки кожний окремий генотип слід протестувати за кількома поліморфними локусами. Оптимізації в такому аналізі досягають за допомогою мультиплексної ПЛП [13]. Проте ДНК-профіль кожної насінини зразка все рівно доводиться аналізувати окремо.

З огляду на наведене, для встановлення показників якості партій насіння актуальним є розроблення способу визначення якісного та кількісного складу алелів ДНК-маркерів в одному сукупному зразку. Якісний та кількісний склад алелів може бути встановлено одночасно або послідовно.

Найуживанішим типом кількісного аналізу вмісту ДНК у зразку є ПЛП у реальному часі [14], однак її застосування для найбільш поширених та досліджених типів маркерів є проблематичним, оскільки у випадку SSR та

SNP відмінність між двома алелями полягає лише в одному або кількох нуклеотидах. Для останнього типу маркерів розроблено систему кількісного аналізу, яка передбачає використання газо-рідинної хроматографії для розподілу алелів [15]. Одночасний аналіз якісного та кількісного складу мікросателітних локусів в одному зразку ДНК міг би отримати широке застосування у практиці [16].

Мета досліджень – розробити метод визначення сортових якостей партій насіння, зокрема сортової чистоти (типовості), гібридності, стерильності, який би забезпечив значне зниження собівартості аналізу, а також часо- та трудозатрати на аналіз.

Матеріали та методика досліджень

Як рослинний матеріал було використано сорти дворядного та шестирядного ячменю *Hordeum vulgare* L. з колекції Української лабораторії якості та безпеки продукції АПК (УЛЯБП АПК) (табл. 1). Загалом було проаналізовано 27 сортів. Серед масиву сортів для продовження експерименту була обрана пара 'Danuta'/'Barke'. Для аналізу брали по одній типовій рослині від кожного сорту. Також у дослідження був залучений гібрид першого покоління між сортами 'Danuta' та 'Barke'. Для цього було використано одну з рослин, отриманих від схрещування зазначених сортів, після підтвердження її гібридного статусу за молекулярними маркерами.

Для дослідження було обрано мікросателітний локус *Vma5 0127*, локалізований у 6-й хромосомі. Ампліфікацію маркерної ділянки проводили з використанням олігонуклеотидних праймерів, один з яких ніс флуоресцентну мітку: [FAM]AАСТАТGTCCAGTTCGTTTCC та СТТGTСGТАТСАТСТТАТТCАGА (5'→3') [17].

Екстракцію ДНК здійснювали з паростків на 3–5-ту добу після проростання за ЦТАБ-методом [18], який дає змогу отримати досить значну кількість геномної нуклеїнової кислоти.

Концентрацію екстрагованої з рослинного матеріалу ДНК вимірювали приладом Eppendorf Bio Photometer 6131 згідно з інструкцією. Концентрацію вимірювали в одиницях нг/мкл. Отримані дані стосовно концентрації в подальшому дали можливість одержати суміші ДНК у необхідних розведеннях.

Полімеразну ланцюгову реакцію проводили в об'ємі 12,5 мкл. Реакційна суміш містила Taq-буфер 2,5 мМ MgCl₂, Taq-полімерази: 1,25 unit, кожний з нуклеозидтрифосфатів (dNTP mix) 0,1 мМ (всі реактиви компанії Амплісенс, РФ), кожен з праймерів 0,5 пМ/мкл, ДНК – 50 нг. Режим ампліфікації – 94 °С

протягом 3 хв, 58 °С – 1 хв, 72 °С – 1 хв; далі проводили 30 циклів з такими параметрами: денатурація протягом 30 с при 94 °С, відпал – 30 с при 58 °С, синтез – 30 с при 72 °С; закінчення – при 72 °С протягом 5 хв.

Продукти ампліфікації розподіляли методом капілярного електрофорезу за допомогою генетичного аналізатора Applied Biosystems (ABI) Hitachi 3130xl Prism Genetic Analyzer.

У результаті розгонки продуктів ПЛР було отримано експериментальні значення висоти піків флуоресценції, які свідчать про інтенсивність флуоресцентного сигналу. Висоту піків вимірювали генетичним аналізатором в умовних одиницях UF (unit of fluorescence). Отримані значення застосовано для розрахунку співвідношення кількості ДНК для двох алелів – R (ratio), яке в свою чергу було використане для розрахунку частоти кожного з алелів p та q , а також показника сортової чистоти згідно з [16].

Результати досліджень

Результати генотипування колекції сортів ячменю за локусом *Vtns 0127* наведено в таблиці 1. Оскільки ячмінь є самозапильною культурою, то, відповідно, кожен зразок сорту являє собою гомозиготну лінію. У процесі полімеразної ланцюгової реакції з ДНК сортів продукувався лише один алель, за винятком сорту 'Бадьорій', в якого було виявлено два алелі, що може свідчити про наявну дуплікацію в геномі цього сорту. Генотипування колекції сортів за локусом *Vtns 0127* виявило 7 алелів – 112, 118, 120, 122, 124, 126 та 128 п.н. Найчастіше траплявся алель 122 п.н., властивий 7 сортам з колекції. Алель 112 п.н. виявлено лише у сорту 'Barke'. Для подальших досліджень обрали два алелі з найбільшою і найменшою частотою – 112 та 122 п.н. (частоти 0,037 та 0,259 відповідно).

Таблиця 1

Результати генотипування колекції сортів ячменю за локусом *Vtns 0127*

| Розмір алеля, п.н. | Назва сорту | Частота алеля |
|--------------------|---|---------------|
| 112 | 'Barke' | 0,037 |
| 118 | 'Freja', 'Бадьорій' | 0,074 |
| 120 | 'Оболонь', 'Чарівний', 'Klages', 'Schuylar', 'Annabell' | 0,185 |
| 122 | 'Danuta', 'Чудовий', 'Pejas', 'Ingrid', 'Kamiak', 'Boyer', 'Hesk' | 0,259 |
| 124 | 'Celinka', 'Pasadena', 'Tolar', 'Husky', 'Scarlett', 'O.A.C.21' | 0,222 |
| 126 | 'Звершення', 'Цезар', 'Betzes' | 0,111 |
| 128 | 'Jersey', 'Вакула', 'Джерело', 'Бадьорій' | 0,148 |

Для моделювання різного співвідношення двох алелів у лабораторному зразку було приготовлено набір розчинів з певною концентрацією ДНК двох сортів ячменю 'Danuta' та 'Barke'. Процентні концентрації, які було використано, наведено в таблиці 2. Ці розведення моделювали суміш ДНК під час виділення нуклеїнової кислоти із сукупності зернівок сорту ячменю, що містить домішки іншого сорту.

Застосований метод визначення співвідношень алелів під час ПЛР аналізу ДНК зразка базується на тому, що кількість продуктів ампліфікації в одних і тих же умовах залежить від вихідної кількості матричної ДНК у зразку і, відповідно, кількість ампліфікованих фрагментів кожного алеля буде залежати від вихідної кількості матричної ДНК відповідного типу.

Після проведення ПЛР з набором сумішей № 1–12 ДНК сортів та подальшого фрагментного аналізу продуктів ПЛР методом капілярного електрофорезу було отримано пари піків з різною інтенсивністю флуоресценції, які відповідають парі досліджуваних алелів 112 та 122 п.н. Електрофореграми батьківських сортів, а також кількох сумішей ДНК наведено на рисунках 1 і 2.

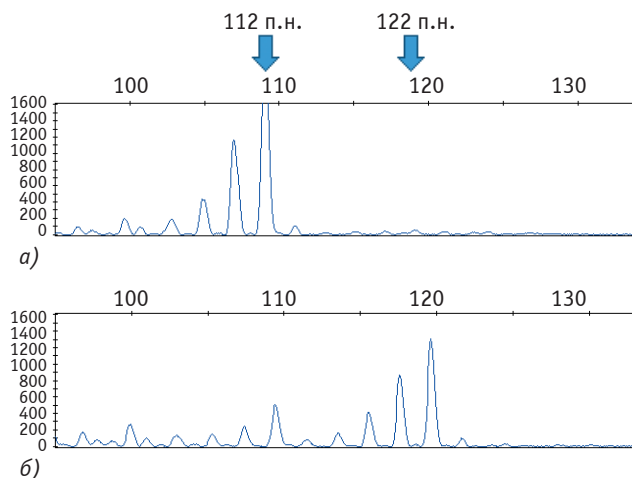


Рис. 1. Електрофореграма продуктів ампліфікації локусу *Vtns 0127* з матричною ДНК сортів: а) 'Barke', б) 'Danuta'

Крім модельних розведень, як контрольний використовували гібрид F_1 від схрещування відповідних сортів 'Barke' та 'Danuta' (розчин № 12). Співвідношення алелів у гібриді першого покоління становить 1 : 1, тому співвідношення піків гібрида F_1 мало відповідати співвідношенню піків суміші № 6 (50 % : 50 %).

Висота піка (UF) свідчить про інтенсивність флуоресцентного сигналу, що в свою чергу свідчить про кількість специфічної ДНК у початковому зразку. Дані про висоту піків та їх співвідношення, які отримали в

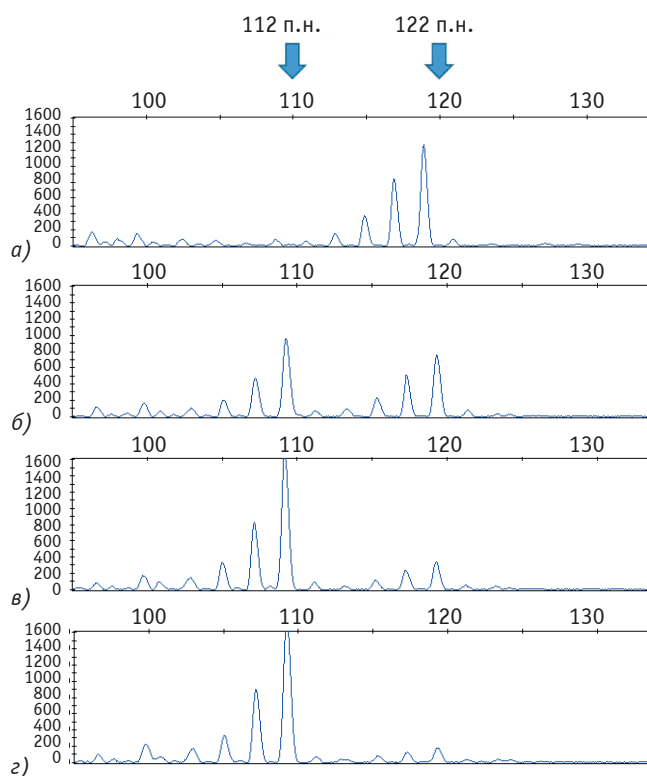


Рис. 2. Електрофореграма продуктів ампліфікації локусу *Btac 0127* з матричною ДНК сортів 'Danuta' та 'Barke' у співвідношеннях: а) 20% : 80%, б) 50% : 50%, в) 80% : 20%, г) 90% : 10%.

ході експерименту, наведено в таблиці 2. Як видно з рисунка 2 і таблиці 2, висота піків флуоресценції у гібрида та в суміші 50 % : 50 % не була однаковою для обох алелів, які досліджували. Це можна пояснити специфічністю ПЛР для різних алелів. Тому для подальших розрахунків був введений коефіцієнт пропорційності, що розраховувався як

відношення показників флуоресценції для обох алелів (122 п.н. та 112 п.н.) (розчин № 12): $562 \text{ UF}/714 \text{ UF} = 0,787$.

Таким чином, коефіцієнт пропорційності становив 0,79. Використовуючи значення інтенсивності піків флуоресценції в суміші № 6 (50 % : 50 %), отримали дуже близьке значення коефіцієнта пропорційності, як і очікувалося: $754 \text{ UF}/962 \text{ UF} = 0,783$.

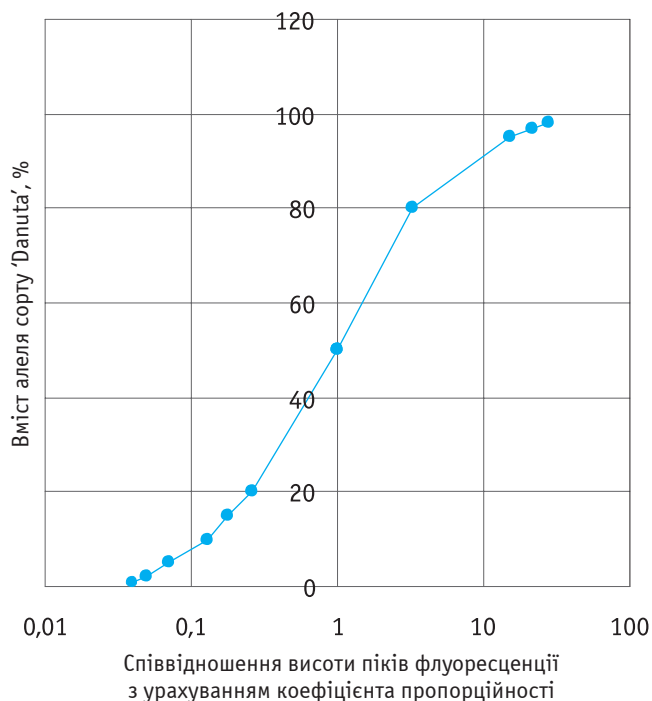


Рис. 3. Залежність співвідношення висоти піків флуоресценції з урахуванням пропорційності (горизонтальна логарифмічна вісь) від кількісного співвідношення алелів у матричній ДНК (вертикальна вісь)

Таблиця 2

Перелік приготовлених сумішей ДНК двох сортів 'Danuta' та 'Barke' зі значеннями висоти піків флуоресценції за маркером *Btac 0127*

| Суміш | Вміст ДНК сорту 'Danuta', (%) | Вміст ДНК сорту 'Barke', (%) | Висота піку флуоресценції алеля 122 п.н., UF | Висота піку флуоресценції алеля 112 п.н., UF | Співвідношення висоти піків флуоресценції (алель 122 п.н./алель 112 п.н.) | Співвідношення висоти піків флуоресценції з урахуванням коефіцієнта пропорційності |
|-------|-------------------------------|------------------------------|--|--|---|--|
| 1 | 99 | 1 | 843 | — * | — | — |
| 2 | 98 | 2 | 1190 | 54 | 22,04 | 28,00 |
| 3 | 95 | 5 | 1356 | 114 | 11,89 | 15,11 |
| 4 | 90 | 10 | 179 | — | — | — |
| 5 | 80 | 20 | 1310 | 514 | 2,55 | 3,24 |
| 6 | 50 | 50 | 754 | 962 | 0,78 | 1,00 |
| 7 | 20 | 80 | 340 | 1693 | 0,20 | 0,26 |
| 8 | 10 | 90 | 179 | 1812 | 0,10 | 0,13 |
| 9 | 5 | 95 | 68 | 1440 | 0,05 | 0,06 |
| 10 | 2 | 98 | 78 | 2126 | 0,04 | 0,05 |
| 11 | 1 | 99 | 83 | 2771 | 0,03 | 0,04 |
| 12 | Гібрид F ₁ | | 562 | 714 | 0,79 | 1,00 |
| 13 | 97 | 3 | 1273 | 74 | 17,20 | 21,86 |
| 14 | 15 | 85 | 284 | 2058 | 0,14 | 0,18 |

* Пік не детектувався.

На рисунку 3 показано залежність кількісного вмісту алелів у матричній ДНК (вертикальна вісь) від співвідношення висоти піків флуоресценції з урахуванням коефіцієнта пропорційності (горизонтальна вісь). Горизонтальна вісь являє собою логарифмічну шкалу. Цей прийом графічного відображення результатів обрано через його зручність під час роботи з даними, що мають широкий діапазон варіювання.

Плавність графіка додатково свідчить про адекватні умови постановки експерименту та ефективність ампліфікації алелів незалежно від кількісного вмісту з роздільною здатністю 1%. Тому використання способу визначення вмісту домішок сторонньої ДНК у пробі, виділеної із сукупності зернівок, за співвідношенням піків типових та нетипових алелів слід вважати ефективним.

У роботі [16] показано, як отримане в експерименті співвідношення кількості ДНК для двох алелів – R (ratio) можна використати для розрахунку частоти кожного з алелів p та q , а також показників сортової чистоти та гібридності. Для цього потрібно застосувати формули:

$$R = p/q \quad (1)$$

$$q = 1 - p \quad (2)$$

$$\text{звідси } p = \frac{R}{1 + R} \quad (3)$$

$$\text{Сортова чистота} = p \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Гібридність} = (3 - 3p) \times 100\% \quad (5)$$

Застосований метод визначення співвідношення кількості відповідних фрагментів ДНК у початковому зразку можна вважати успішним, якщо воно буде у повній відповідності зі співвідношенням висоти піків флуоресценції для двох алелів.

Для перевірки точності аналізу додатково приготували дві тестові суміші – № 13 і № 14 із вмістом ДНК алелів 122 п.н. та 112 п.н. у кількості 97% : 3% та 15% : 85% відповідно. Згідно з таблицею 2 співвідношення висоти піків флуоресценції з урахуванням коефіцієнта пропорційності для двох сумішей дорівнює 21,86 та 0,18. Підставляючи ці

значення у формули (3) та (4), отримуємо значення сортової чистоти 96% та 15% відповідно, що є дуже близьким до значень концентрацій у приготовлених сумішах.

За результатами аналізу сумішей № 2, 10, 11 із вмістом домішки 1–2% відповідні піки детектувалися з очікуваними значеннями інтенсивності флуоресценції (табл. 2). Це означає, що цей метод є досить чутливим, дає змогу в одній сукупній пробі аналізувати до 100 насінин та отримувати значення сортової чистоти з точністю 1–2%.

Показана принципова можливість здійснення кількісного аналізу за SSR-маркерами має реалізуватися таким чином: створення системи ДНК маркерів з високою ідентифікаційною здатністю, емпіричне визначення ефективності попарної ампліфікації локусів, проведення аналізу з урахуванням ефективності попарної ампліфікації. Для більшості сільськогосподарських культур розроблено системи мікросателітних маркерів та проведено вивчення поліморфізму сортів за цими системами. З використанням кількісного аналізу ці системи можуть бути адаптовані для визначення основних показників сортових якостей партій насіння – типовість ліній та сортова чистота, гібридність партій насіння, а також рівень стерильності за наявності мікросателітних локусів, зчеплених із геном закріплення-відновлення. Позитивним моментом за такого типу аналізу є можливість проведення мультиплексної ПЛР.

Кількісний аналіз за SSR-маркерами можна проводити шляхом послідовного визначення: спочатку якісного складу алелів маркерів в одній реакції, а потім співвідношення тільки тих алелів, які виявили поліморфізм під час першої реакції. Внаслідок застосування такої послідовності аналізу кількість реакцій може бути зменшеною до двох. Наприклад, у разі використання SNP або SSR-маркерів проводиться перша мультиплексна полімеразна ланцюгова реакція, в якій визначається якісний склад алелів. На другому етапі обирається один з маркерів, що виявився поліморфним, проводиться ПЛР та визначається кіль-

Таблиця 3

Порівняння кількості необхідних аналізів у разі застосування традиційних методів визначення сортових якостей партій насіння та запропонованого методу

| Спосіб визначення | Необхідна кількість аналізів для виявлення 1% домішок |
|--|---|
| Електрофорез запасних білків | 100 |
| Електрофорез продуктів ампліфікації ДНК-маркерів | 100 × кількість маркерів |
| Метод визначення кількісного співвідношення алелів мікросателітних маркерів у зразку ДНК | Етапи здійснення: 1) 1 мультиплексна реакція для визначення якісного складу алелів у зразку, 2) 1 або 2 реакції за поліморфними маркерами, виявленими у першій реакції. За необхідності реакцію можна виконати у 2–3-х повторях |

кісне співвідношення алелів. Для збільшення точності можливим є варіант кількісного аналізу двох поліморфних маркерів. У таблиці 3 наведено порівняння кількості необхідних аналізів під час застосування традиційних методів та запропонованого методу.

Висновки

Реалізація методу визначення сортових якостей партій насіння на основі встановлення кількісного співвідношення алелів ДНК-маркерів дає змогу істотно скоротити кількість ПЛР, що значно пришвидшує та з дешевлює аналіз сортових показників якості партій насіння. Іншими перевагами запропонованого методу є те, що кількість локусів, за якими буде проводитись аналіз, можна значно збільшити; за необхідності, тест-система включала локуси, рівномірно розподілені по геному рослин; обсяг вибірки також може бути значно збільшений порівняно з традиційними методами і обмежується тільки розподільною здатністю методу визначення кількісного вмісту алелів у суміші ДНК. Все це значно підвищує достовірність аналізу.

На цьому етапі розроблення методу продемонстровано принципову можливість розрахувати вміст певної ДНК у модельній суміші зі 100 насінин з точністю до 1–2%. Такий метод визначення кількісного вмісту ДНК у зразку за допомогою SSR-маркерів доцільно використовувати у сумішах, де представлено ДНК-фрагменти двох фіксованих SSR-алелів, наприклад для визначення гібридності. Для визначення сортової чистоти або типовості партій насіння, де спектр алелів може бути ширшим, метод потребує додаткового доопрацювання.

Використана література

1. Леонова И. Н. Молекулярные маркеры: использование в селекции зерновых культур для идентификации, интрогрессии и пирамидирования генов / И. Н. Леонова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Том 17, № 2. – С. 314–325.
2. Sivolap Yu. M. Molecular markers and plant breeding / Yu. M. Sivolap // Cytol Genet. – 2013. – Vol. 47, Iss. 3. – P. 188–195. doi: 10.3103/S0095452713030080
3. Plant Molecular Breeding / H. J. Newbury (ed.). – Birmingham, UK : Blackwell Publ., CRC Press, 2003. – 265 p.
4. Rafalski A. Applications of single nucleotide polymorphisms in crop genetics / A. Rafalski // Curr Opin Plant Biol. – 2002. – Vol. 5, Iss. 2. – P. 94–100. [http://dx.doi.org/10.1016/S1369-5266\(02\)00240-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1369-5266(02)00240-6)
5. Becker J. Barley microsatellites: allele variation and mapping / J. Becker, M. Heun // Plant Mol. Biol. – 1995. – Vol. 27, Iss. 4. – P. 835–845. doi: 10.1007/BF00020238
6. Edwards D. Plant genome sequencing: applications for crop improvement / D. Edwards, J. Batley // Plant Biotechnol J. – 2010. – Vol. 8, Iss. 1. – P. 2–9. doi: 10.1111/j.1467-7652.2009.00459.x
7. Gut I. G. Automation in genotyping of single nucleotide polymorphisms / I. G. Gut // Hum Mutat. – 2001. – Vol. 17, Iss. 6. – P. 475–492. doi: 10.1002/humu.1131
8. Созинов А. А. Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции / А. А. Созинов. – М. : Наука, 1985. – 272 с.
9. Анисимова И. Н. Идентификация сортов, линий и гибридов по составу полипептидов гелиантина / И. Н. Анисимова // Сб. науч. трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1987. – Т. 114. – С. 114–126
10. Сиволап Ю. М. ДНК-технології в реєстрації й охороні прав на сорти рослин / Ю. М. Сиволап, Н. Е. Кожухова // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2005. – № 1. – С. 66–74. doi: 10.21498/2518-1017.1.2005.66849
11. Рибалка О. І. Генетична гетерогенність сортів пшениці одеської селекції за алельним складом GLI/GLU локусів / О. І. Рибалка, М. В. Червоніс, М. А. Литвиненко // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 2. – С. 54–59.
12. Диференціація, ідентифікація, визначення типовості та гібридності сільськогосподарських культур за ДНК-профілюванням : методичні рекомендації / М. С. Бальвінська, Н. Е. Волкова, О. О. Колесник [та ін.]. – Одеса : Астропринт, 2015. – 40 с.
13. Генетическая чистота семян – актуальный вопрос современной генетики и селекции растений / Г. Е. Акинина, Ю. Н. Тереняк, Я. Ю. Шарыпина, В. Н. Попов // Фактори экспериментальной эволюции организмов : сб. науч. пр. – К. : УТГіС, 2016. – Т. 18. – С. 56–60.
14. McPherson M. J. PCR / M. J. McPherson, S. G. Moller. – 2nd ed. – New York : Taylor & Francis Group, 2006. – P. 209–232.
15. Cheap, accurate and rapid allele frequency estimation of single nucleotide polymorphisms by primer extension and DHPLC in DNA pools / B. Hoogendoorn, N. Norton, G. Kirov [et al.] // Hum Genet. – 2000. – Vol. 107, Iss. 5. – P. 488–493.
16. Парій М.Ф. Спосіб визначення сортової чистоти та типовості партій насіння сільськогосподарських культур з використанням ДНК-маркерів / Парій М. Ф., Вдовиченко Ж. В., Спиридонов В. Г. // Патент України на винахід 56555, МПК7 А 01Н 1/04. – № у 2007 11049 ; Заявлено 08.10.2007 ; Опубліковано 25.01.2011, Бюл. № 7. 2011.
17. A simple sequence repeat-based linkage map of barley / L. Ramsay, M. Macaulaya, S. degli Ivanisovich [et al.] // Genetics. – 2000. – Vol. 156, No. 4. – P. 1997–2005.
18. A rapid and simple method for small scale DNA extraction in Agavaceae and other tropical plants / M. Keb-Llanes, G. Gonzalez, B. Chi-Manzanero, D. Infante // Plant Mol. Biol. Rep. – 2002. – Vol. 20, No. 3. – P. 299a–299e.

References

1. Leonova, I. N. (2013). Molecular markers: implementation in crop plant breeding for identification, introgression, and gene pyramiding. *Vavilovskij Zhurnal Genetiki i Selekcii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 17(2), 314–325. [in Russian]
2. Sivolap, Yu. M. (2013). Molecular markers and plant breeding. *Cytol Genet.*, 47(3), 188–195. doi: 10.3103/S0095452713030080
3. Newbury, H. J. (Ed.). (2003). *Plant Molecular Breeding*. Birmingham, UK: Blackwell Publ., CRC Press.
4. Rafalski, A. (2002). Applications of single nucleotide polymorphisms in crop genetics. *Curr Opin Plant Biol.*, 5(2), 94–100. doi: 10.1016/S1369-5266(02)00240-6
5. Becker, J., & Heun, M. (1995). Barley microsatellites: allele variation and mapping. *Plant Mol. Biol.*, 27(4), 835–845. doi: 10.1007/BF00020238
6. Edwards, D., & Batley, J. (2010). Plant genome sequencing: applications for crop improvement. *Plant Biotechnol J.*, 8(1), 2–9. doi: 10.1111/j.1467-7652.2009.00459.x
7. Gut, I. G. (2001). Automation in genotyping of single nucleotide polymorphisms. *Hum Mutat.*, 17(6), 475–492. doi: 10.1002/humu.1131
8. Sozinov, A. A. (1985). *Polimorfizm belkov i ego znachenie v genetike i selekcii* [Polymorphism of proteins and its importance in genetics and breeding]. Moscow: Nauka. [in Russian]
9. Anisimova, I. N. (1987). Identification of varieties, lines and hybrids for the composition of helianthine polypeptides. *Sbornik nauchnykh trudov po prikladnoy botanike, genetike i selekcii* [Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding], 114, 114–126. [in Russian]

10. Syvolap, Yu. M., & Kozhukhova, N. E. (2005). DNA techniques in the registration and protection of plant varieties rights. *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslin* [Plant Varieties Studying and Protection], 1, 66–74. doi: 10.21498/2518-1017.1.2005.66849. [in Ukrainian]
11. Rybalka, O. I., Chervonis, M. V., & Lytvynenko, M. A. (2008). Genetic heterogeneity of wheat varieties developed in Odesa for allelic composition of GLI/GLU loci. *Visnyk ahrarynoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 2, 54–59. [in Ukrainian]
12. Balvinska, M. S., Volkova, N. E., Kolesnyk, O. O., Solodenko, A. Ye., & Chebotar, S. V. (2015). *Dyferentsiatsiia, identyfikatsiia, vyznachennia tyrovosti ta hibrydnosti silskohospodarskykh kultur za DNK-profiluvanniam* [Differentiation, identification, determination of typicality and hybridity of cultivated crops for DNA profiling]. Odesa: Astropynt. [in Ukrainian]
13. Akinina, G. E., Terenyak, Yu. N., Sharypina, Ya. Yu., & Popov V. N. (2016). Genetic purity of seeds – actual question of modern genetics and plant breeding. *Fakt. eksp. evol. org.* [Factors in experimental evolution of organisms], 18, 56–60. [in Russian]
14. McPherson, M. J., & Moller, S. G. (2006). *PCR* (pp. 209–232). (2nd ed.). New York: Taylor & Francis Group.
15. Hoogendoorn, B., Norton, N., Kirov, G., Williams, N., Hamshere, M. L., Spurlock, G., ... O'Donovan, M. C. (2000). Cheap, accurate and rapid allele frequency estimation of single nucleotide polymorphisms by primer extension and DHPLC in DNA pools. *Hum Genet.*, 107(5), 488–493.
16. Parii, M. F., Vdovychenko, Zh. V., & Spirydonov, V. H. (2011). *Method for determining varietal purity and typicalness of lots of seed of farm crops using dna-markers*. Ukraine patent for invention, МПК7 А 01Н 1/04. – No. u 2007 11049. [in Ukrainian].
17. Ramsay, L., Macaulaya, M., degli Ivanisovich, S., MacLean, K., Cardle, L., Fuller, J., ... Waugh, R. (2000). A simple sequence repeat-based linkage map of barley. *Genetics*, 156(4), 1997–2005.
18. Keb-Llanes, M., Gonzales, G., Chi-Manzanero, B., & Infante, D. (2002). A rapid and simple method for small scale DNA extraction in Agavaceae and other tropical plants. *Plant Mol. Biol. Rep.*, 20(3), 299a–299e.

УДК 577.21+631.522/.524

Вдовиченко Ж. В., Спиридонов В. Г., Хомутовская С. В., Парий М. Ф.* Метод определения сортовой чистоты (типичности), гибридности, стерильности партий семян на основе установления количественного соотношения аллелей ДНК-маркеров // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 56–62. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88678](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88678)

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборон, 15, г. Киев, Украина, 03041, e-mail: pariimyroslov@gmail.com

Цель. Разработать принципиально новый метод определения сортовой чистоты (типичности), гибридности, стерильности партий семян. **Методы** молекулярной биологии (экстракция геномной ДНК, ПЦР с применением SSR-маркеров, капиллярный электрофорез), генетический и статистически-математический анализ. **Результаты.** Разработан новый метод определения сортовых качеств партий семян, состоящий из следующих этапов: одновременное выделение ДНК из репрезентативной совокупности семян оцениваемого образца; ПЦР и дальнейший анализ продуктов амплификации путем определения качественного и количественного состава аллелей маркерных SSR-последовательностей; расчет сортовых показателей

качества партии семян с использованием экспериментально полученных соотношений аллелей. **Выводы.** Разработанный метод определения сортовых качеств партий семян позволяет значительно сократить расход материалов, времени и труда при выполнении анализа. Последовательное качественное и количественное определение аллелей в совокупном образце партии семян является принципиально новым подходом для установления сортовой чистоты (типичности), гибридности, стерильности.

Ключевые слова: сортовая чистота, типичность, гибридность, стерильность, ДНК-маркеры, SSR-маркеры, контроль качества партии семян, ячмень.

UDC 577.21 + 631.522 / .524

Vdovychenko, Zh. V., Spirydonov, V. H., Khomutovska, S. V., & Parii, M. F.* (2016). Method for determination of varietal purity (typicality), hybridity, sterility of seed lots based on the establishment of the quantitative ratio of alleles of DNA markers. *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslin* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 56–62. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88678](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88678)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine, 03041, e-mail: pariimyroslov@gmail.com

Purpose. To develop a conceptually new method for determination of varietal purity (typicality), hybridity, sterility of seed lots. **Methods** of molecular biology (genomic DNA extraction, PCR with SSR markers application, capillary electrophoresis), genetic, statistical, mathematical analysis. **Results.** New method for determining the varietal qualities of seed lot was developed that consists of the following steps: simultaneous DNA extraction from a representative sample of aggregated seeds; PCR and further analysis of the amplification products by determination of the qualitative and quantitative composition of SSR-markers' alleles; cal-

culatation of values of varietal seed lot quality using experimentally derived allele ratios. **Conclusions.** The developed method for determining varietal qualities of seed lots allows to reduce significantly the consumption of materials, time and labor during the analysis. Consistent qualification and quantification of alleles in the total sample of a seed lot is a conceptually new approach to establish varietal purity (typicality), hybridity, sterility.

Keywords: varietal purity, typicality, hybridity, sterility, DNA markers, SSR markers, quality control of seed lots, barley. *Надійшла 18.10.2016*

Розроблення мультиплексної системи ПЛР для ідентифікації цукрових буряків, толерантних до дії гліфосату

Л. М. Присяжнюк*, Ю. В. Шитікова, О. О. Волчков

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

Мета. Створити мультиплексну систему для ідентифікації толерантних до гліфосату буряків за допомогою ПЛР. **Методи.** Молекулярно-генетичні методи аналізу нуклеїнових кислот. **Результати.** Наведено результати досліджень з визначення параметрів полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) для розроблення мультиплексної системи для ідентифікації структурних елементів трансгенної конструції з геном *ср 4 epsps*, що забезпечує толерантність до гліфосату. Для отримання ампліконів цільових послідовностей ДНК визначено такі значення температурних режимів ПЛР: крок 1 (початкова денатурація) 95 °С – 3 хв; крок 2 (напрацювання специфічних продуктів реакції): денатурація 95 °С – 45 с; гібридизація праймерів 55 °С – 50 с; елонгація 72 °С – 1 хв; кількість циклів – 40; крок 3 (кінцева елонгація) 72 °С – 6 хв. Проведено серію ПЛР з метою добору оптимальної кількості матриці ДНК для ефективної оцінки трансгенних рослин цукрових буряків за наявності специфічних послідовностей. **Висновки.** Для ідентифікації трансгенних цукрових буряків, толерантних до дії гліфосату, доцільно визначати в окремих генотипах 35S промотор та ген *ср 4 epsps*. Встановлено, що в процесі добору температурних параметрів мультиплексної реакції на ідентифікацію гена *als* не впливало збільшення температури гібридизації праймерів на 5 °С, що дало змогу включити специфічні праймери для визначення цієї послідовності як внутрішнього контролю. За результатами пробних мультиплексних реакцій визначено концентрації дНТФ (дезоксинуклеотидтрифосфатів) та іонів Mg²⁺, які дали змогу виключити можливість отримання неспецифічних фрагментів та хибно негативних результатів. Визначено оптимальну кількість матриці ДНК (100–150 нг) для ефективної оцінки трансгенних рослин цукрових буряків за наявності специфічних послідовностей. Отримані результати дали змогу розробити мультиплексну тест-систему для ідентифікації трансгенних цукрових буряків, толерантних до дії гліфосату, за допомогою якої можна одночасно визначити 35S промотор, ген *ср 4 epsps* та ген *als* як внутрішній контроль реакції.

Ключові слова: ген *ср 4 epsps*, 35S промотор, трансгенні цукрові буряки, параметри ампліфікації.

Вступ

Однією з основних світових проблем у ХХІ ст. є глобальна енергетична криза. У зв'язку з цим важливого значення набувають біологічні та біофізичні дослідження, спрямовані на поліпшення властивостей сільськогосподарських культур, стабільність виробництва і зниження його втрат [1]. Такі проблеми сьогодні успішно розв'язують шляхом використання трансгенних рослин. В Україні цукрові буряки (*Beta vulgaris* L. var. *saccharifera* Alef.) є однією з важливих сільськогосподарських культур [2, 3].

На цей час опубліковано ряд робіт з генетичної трансформації *B. vulgaris* за допомогою *Agrobacterium tumefaciens*, біолістичного методу, методом трансформації протопластів із застосуванням поліетиленгліколю

для отримання стійких до гербіцидів ліній та гібридів [4]. Сучасний селекційний процес цукрових буряків ґрунтується на використанні методів гібридної селекції, тому актуальним є розроблення ефективного методу ідентифікації трансформантів, який дасть змогу значно прискорити та підвищити ефективність проведення добору серед різних генотипів цукрових буряків з метою створення гібридів з новими ознакам, зокрема з толерантністю до дії гліфосату [5–7].

Мета досліджень – створити мультиплексну систему ідентифікації толерантних до гліфосату буряків за допомогою ПЛР.

Матеріали та методика досліджень

Досліджувані диплоїдні гібриди були отримані на Ялтушківській дослідно-селекційній станції в лабораторії селекції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН шляхом гетерозисної селекції на основі чоловічостерильних ліній та багатонасінного запилювача, який містить ген, що обумовлює толерантність до дії гліфосату. Матеріалом для роботи були шість гібридів по 30 генотипів кожного для одного аналізу.

Larysa Prysiazhniuk

<http://orcid.org/0000-0003-4388-0485>

Yuliia Shytikova

<http://orcid.org/0000-0002-1403-694X>

Olexandr Volchkov

<http://orcid.org/0000-0002-8324-7142>

Виділення ДНК здійснювали згідно з модифікованою авторами методикою на основі методу [8], з використанням катіонного детергента ЦТАБ із частини листової пластини.

Показники якості нуклеїнових кислот (концентрацію та чистоту) оцінювали на основі відношення поглинання за довжини хвиль 260 нм і 280 нм (260/280 нм) за допомогою спектрофотометра BioPhotometr (Eppendorf, Німеччина) [9, 10].

За сучасними даними, близько 80% трансформованих рослин, що виявляють толерантність до дії гербіцидів, у складі перенесеної генетичної конструкції містять конститутивний промотор вірусу мозаїки цвітної капусти (35S промотор) та термінаторний сигнал гена нопалін синтази (NOS-термінатор) [11].

Для виявлення частин генетичної конструкції у трансгенних рослин цукрових буряків використовували метод ПЛР з подальшим електрофоретичним розділенням продуктів реакції [12, 13]. Для добору параметрів ПЛР, визначення оптимальних концентрацій компонентів реакційної суміші спо-

чатку проводили серії моноплексних реакцій, а потім на основі отриманих даних здійснювали дослідження з розроблення мультиплексної системи.

Підбираючи оптимальні умови проведення ПЛР, визначали такі параметри реакції: склад реакційної суміші – концентрація праймерів, Таq-полімерази, Mg²⁺; програма ампліфікації – температура гібридизації праймерів, тривалість кожного кроку циклу ампліфікації, кількість циклів, тривалість попередньої денатурації. Далі, використовуючи дані, отримані у процесі проведення моноплексних реакцій [14], був підібраний склад реакційної суміші для мультиплексної ПЛР системи, що забезпечує стабільне напрацювання ампліконів [15–20].

Для ідентифікації гена *cp 4 epsps* (ген інтересу), промоторної ділянки генетичної конструкції (промотор 35S вірусу мозаїки цвітної капусти) в рослинах цукрових буряків проводили реакцію ампліфікації з праймерами, специфічними до цільових послідовностей. Як внутрішній стандарт використовували ген ацетолаттатсинтетази (*als*) цукрових буряків (табл. 1) [6].

Таблиця 1

Характеристика праймерів для ідентифікації досліджуваних послідовностей

| Цільові послідовності | Праймери | Нуклеотидна послідовність 5' 3' | Кількість нуклеотидів, п. н. | CG-склад, % | Температура плавлення, °C | Очікуваний розмір ампліконів, п.н. |
|-----------------------|----------|--|---------------------------------|-------------|---------------------------|------------------------------------|
| 35S промотор | 35S-1 | gcTccTAcAAATgccATcA | 19 | 47 | 54,5 | 195 |
| | 35S-2 | gATAgTgggATTgTqcgTcA | 20 | 50 | 57,3 | |
| Ген <i>cp 4 epsps</i> | pr1 | cAccggTCTTTTggAAggTgAAg | 23 | 52 | 60,5 | 1132 |
| | pr2 | AAcgAgAcccATAAcgAggAAgc | 23 | 52 | 59,4 | |
| Ген <i>als</i> | bvpr1 | ggTcAggTTCagccAcAAAcTc | 22 | 55 | 57,2 | 840 |
| | bvpr2 | gAAGAcTcgTTAgcccAAccAAg | 23 | 52 | 57,9 | |

ПЛР проводили на ампліфікаторі TC-Y CreaCon (USA). Реакційна суміш містила 100 нг сумарної рослинної ДНК, сольовий буфер (10 мМ Tris-HCl, pH 9,0; 50 мМ KCl; 0,01% Тритон X-100), 1,5–2,5 мМ MgCl₂; по 200 мкМ дезоксинуклеотидтрифосфатів (дНТФ), по 0,2–1 мкМ кожного з праймерів та 1 одиницю Таq-полімерази. Загальний об'єм суміші становив 20 мкл.

Для кожної пари праймерів застосовували такі температурно-часові параметри ПЛР: крок 1 (початкова денатурація) 95 °C – 2–5 хв; крок 2 (напрацювання специфічних продуктів реакції): денатурація 94–95 °C – 30–60 с; гібридизація праймерів 50–55 °C – 40–60 с; елонгація 72 °C – 30–60 с; кількість циклів – 35–40; крок 3 (кінцева елонгація) 72 °C – 5 хв.

Продукти реакції ампліфікації візуалізували методом електрофорезу в 1–1,5% ага-

рознаму гелі у 1^x ТБЕ (трис-боратний буферний розчин) за загальноприйнятою методикою з бромистим етидієм [12, 13]. Електрофорез проводили протягом 30 хв за напруженості електричного поля 5 В/см.

Результати електрофоретичного розподілу продуктів ПЛР визначали при ультрафіолетовому світлі та фіксували за допомогою системи документування гелів, що складається з транслюмінатора та відеосистеми з цифровою камерою. Розмір отриманих фрагментів визначали за допомогою комп'ютерної програми Totallab 2.0.

Результати досліджень

Встановлено [14], що ідентифікацію трансгенних цукрових буряків толерантних до дії гліфосату, доцільно проводити за 35S промотором, геном *cp 4 epsps* та геном *als* (внутрішній контроль). Концентрація отриманої

ДНК становила 180,4–280,4 мкг/мл, показники чистоти препарату ДНК були в межах 1,75–1,93. Для ідентифікації структурних елементів генетичної конструкції та цільових генів з метою добору генотипів, які містять всі елементи конструкції, проводили ПЛР зі специфічними праймерами окремо для кожної з досліджуваних послідовностей

ДНК. У подальшому цей матеріал використовували для розроблення мультиплексної системи.

Після проведення електрофорезу продуктів ампліфікації під УФ-світлом на агарозному гелі були виявлені амплікони розміром 195 п.н., що відповідають послідовності 35S промотора (рис. 1).

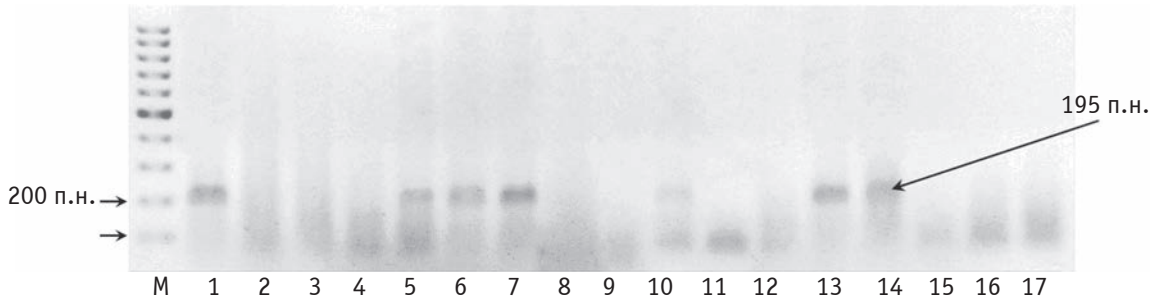


Рис. 1. Ідентифікація 35S промотора: М – маркер молекулярної маси (GeneRuler™ 100bp); 1–3 – ДНК гібрида 12-189; 4–6 – ДНК гібрида 12-190; 7–11 – ДНК гібрида 12-192; 12–16 – ДНК гібрида 12-216; 17 – негативний контроль (ДНК нетрансформованого гібрида)

Відсутність ампліконів на треку № 17 негативного контрольного зразка свідчить про достовірність отриманих даних та відсутність контамінації. Наявність ампліконів розміром 195 п.н. на треках № 1, 5–7, 10, 13–14, які відповідають зразкам досліджуваної ДНК генотипів 12-189/1, 12-190/6, 12-190/7, 12-192/1, 12-192/6, 12-216/2, 12-216/3, свідчить про наявність у цих рослинах 35S промотору. Відсутність амплікону зазначеного розміру на треках № 2–4, 8–9, 11–12, 15–16 з продуктами ампліфікації ДНК гібридів 12-189/3, 12-189/5, 12-190/5, 12-192/2, 12-192/3, 12-192/7 та запилювача 12-216/6, 12-216/8, 12-216/9 вказує на те, що ці генотипи не містять промоторної ділянки або вона не ідентифікована.

ПЛР-аналіз досліджуваних рослин цукрових буряків з метою ідентифікації гена, що зумовлює толерантність до дії гліфосату, виявив наявність ампліконів розміру 1132 п.н.,

які відповідають пошуковій послідовності гена *cp 4 epsps* (рис. 2).

Як видно з рис. 2, ген *cp 4 epsps* було ідентифіковано в зразках 12-189/1, 12-190/7, 12-192/1, 12-192/6, 12-216/2, 12-216/3, 12-216/6 на треках № 1, 6–7, 10, 13–15. Трек № 16, який відповідає зразку негативного контролю, не містить ампліконів, що свідчить про відсутність контамінації та ефективність проведення ПЛР. Відсутність продуктів ампліфікації очікуваного розміру на треках № 2–5, 8–9, 11–12, які відповідають зразкам 12-189/3, 12-189/5, 12-190/5, 12-190/6, 12-192/2, 12-192/3, 12-192/7, 12-216/8, вказує на те, що в цих генотипах наявність гена інтересу не встановлено.

Значення температур гібридизації різнилися для різних праймерів: 50 °С для виявлення гена внутрішнього контролю (ген *als*) [14] та 55 °С – для праймерів, які дають змогу ідентифікувати послідовності 35S промо-

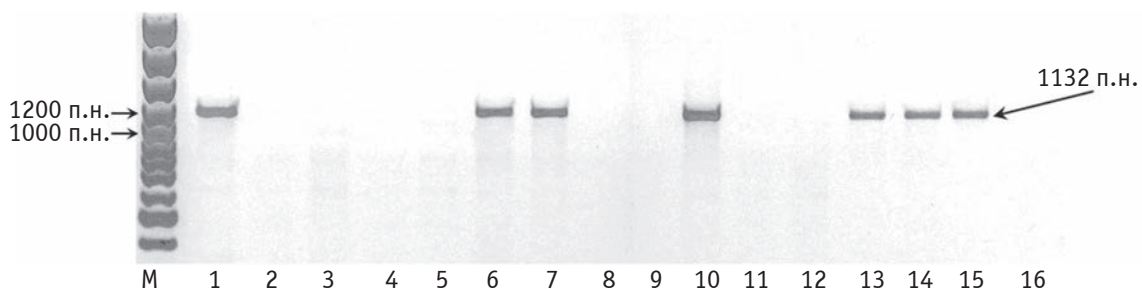


Рис. 2. Ідентифікація гена *cp 4 epsps*: М – маркер молекулярної маси (GeneRuler™ 100 bp Plus DNA Ladder); 1–3 – ДНК гібрида 12-189; 4–6 – ДНК гібрида 12-190; 7–11 – ДНК гібрида 12-192; 12–15 – ДНК гібрида 12-216; 16 – негативний контроль (ДНК нетрансформованого гібрида)

тору та гена інтересу (гена *cp 4 epsps*), тому для ідентифікації гена ацетолактат синтази цукрових буряків ПЛР проводили, використовуючи термоцикли з температурою гібридизації 55 °С. У результаті електрофорезу в агарозному гелі були виявлені амплікони розміром 840 п.н., що відповідають послідовності гена внутрішнього контролю та збігаються з фрагментами, які були отримані за допомогою ампліфікації з даними праймерами за температури гібридизації 50 °С (рис. 3).

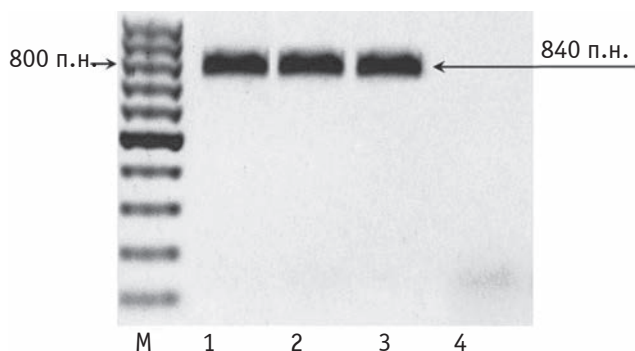


Рис. 3. Ідентифікація гена *als*: М – маркер молекулярної маси (*GeneRuler™ 100 bp DNA Ladder*); 1 – ДНК гібрида 12-189/1 (температура гібридизації 50 °С); 2 – ДНК гібрида 12-189/1 (температура гібридизації 55 °С); 3 – ДНК нетрансформованого гібрида (температура гібридизації 55 °С); 4 – негативний контроль виділення ДНК

За результатами досліджень отримано амплікони очікуваного розміру на треках, що відповідають зразкам, ампліфікацію ДНК яких проводили за температури гібридизації 55 °С. У проведених моноплексних реакціях для ідентифікації гена *als* підвищення температури на 5 °С не вплинуло на можливість визначення гена внутрішнього контролю цукрових буряків, оскільки розміри ампліконів збігались за однакових інших параметрів реакції та концентрації компонентів. У разі застосування як матриці для ампліфікації ДНК нетрансформованого гібрида з температурою гібридизації праймерів 55 °С були отримані амплікони розміром 840 п.н., що свідчить про високу консервативність цієї послідовності та можливість використання її в мультиплексній реакції. Відсутність продуктів реакції на треку негативного контролю (№ 4) свідчить про достовірність отриманих даних, відсутність контамінації при виділенні ДНК та чіткого дотримання процедури приготування реакційної суміші та проведення реакції ампліфікації.

Аналіз даних, отриманих за результатами проведених ПЛР, дав можливість визначити оптимальні параметри роботи розробле-

ної мультиплексної тест-системи: крок 1 (початкова денатурація) 95 °С – 3 хв; крок 2 (напрацювання специфічних продуктів реакції): денатурація 95 °С – 45 с; гібридизація праймерів 55 °С – 50 с; елонгація 72 °С – 1 хв; кількість циклів – 40; крок 3 (кінцева елонгація) 72 °С – 6 хв.

Діапазон робочих концентрацій Mg^{2+} становить 0,5–5,0 мМ, оскільки підвищена концентрація, наприклад, 10 мМ, інгібує полімеразу на 40–50% [12]. Зі збільшенням концентрації Mg^{2+} підвищується температура денатурації ДНК, збільшується кількість продуктів ампліфікації, проте істотно знижується специфічність реакції, що призводить до утворення безлічі неспецифічних продуктів ампліфікації. Таким чином, оптимальну концентрацію іонів Mg^{2+} добирали експериментально, враховуючи особливості послідовностей матриці та праймерів, діапазон концентрацій становив 1,5–2,5 мМ $MgCl_2$.

Діапазон концентрації дНТФ для проведення ПЛР становить від 50 до 500 мкМ. У дослідженнях під час розроблення мультиплексної системи для ідентифікації трансгенних цукрових буряків концентрація дНТФ становила 200 мкМ. Такої кількості достатньо для ампліфікації одночасно трьох фрагментів ДНК з високою точністю синтезу. Зі збільшенням кількості дНТФ у дослідженнях спостерігалась наявність неспецифічних фрагментів ампліфікації. Тому в процесі проведення мультиплексної реакції для ідентифікації цільових послідовностей з метою визначення трансгенних рослин цукрових буряків підвищувати концентрацію дНТФ є недоцільним.

Оскільки для ідентифікації цільових послідовностей у процесі проведення моноплексних реакцій концентрації праймерів, дНТФ та іонів Mg^{2+} були різними, то для проведення мультиплексної реакції в процесі роботи були підібрані оптимальні концентрації компонентів для виявлення трансгенних цукрових буряків, толерантних до гліфосату (табл. 2). Об'єм реакційної суміші становив 20 мкл.

Наступним етапом у дослідженнях було визначення оптимальної кількості матриці ДНК для ефективно оцінки трансгенних рослин цукрових буряків за наявністю специфічних послідовностей. Для проведення мультиплексної реакції використовували сумарну ДНК, отриману з трансгенної рослини цукрових буряків з різною концентрацією. Препарати ДНК тестували після серії послідовних розведень: 50 нг, 100 нг, 150 нг, 200 нг. Після проходження ПЛР проводили електрофорез в 1% агарозному гелі (рис. 4).

Таблиця 2

Склад реакційної суміші ПЛР мультиплексної ампліфікаційної системи

| Цільові послідовності | Праймери | | Концентрація компонентів реакційної суміші | | | |
|-----------------------|------------------------------|-------------------|--|-----------------|------------------------|----------------|
| | позначення | концентрація, мкМ | дНТФ, мкМ | сольовий буфер* | MgCl ₂ , мМ | Taq-полімераза |
| 35S промотор | 35S-1 35S-2 | 0,5 0,5 | 200 | 1 ^x | 2 | 1 од. |
| Ген <i>cp 4 epsps</i> | <i>pr1</i> <i>pr2</i> | 1 1 | | | | |
| Ген <i>als</i> | <i>bvpr1</i> <i>bvpr2</i> | 0,2 0,2 | | | | |

* Сольовий буфер має такий склад та кінцеву концентрацію компонентів: (10 мМ Tris-HCl, pH 9,0; 50 мМ KCl; 0,01% Тритон X-100).

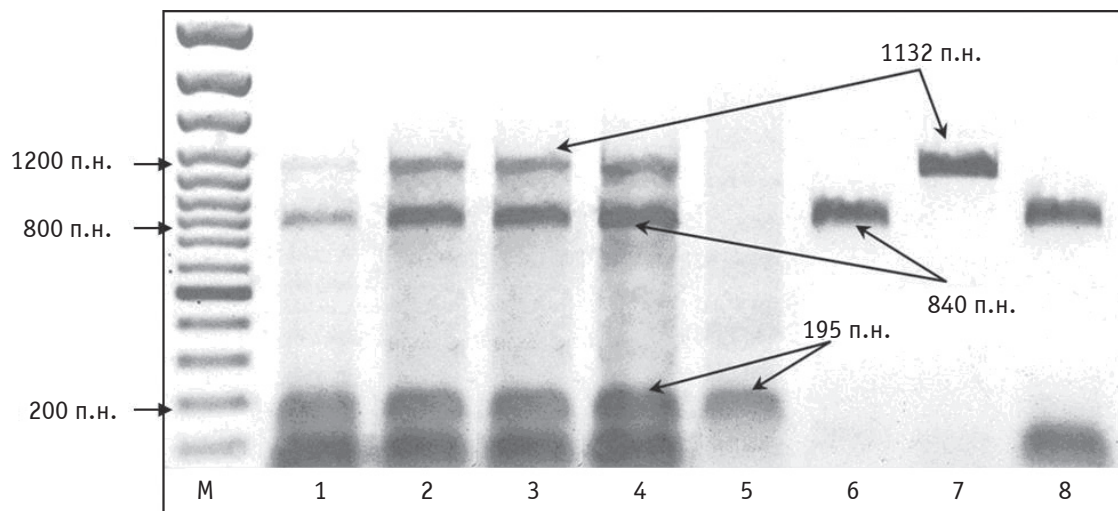


Рис. 4. Електрофореграма мультиплексної ПЛР з визначення генів *cp 4 epsps*, *als* та *35S* промотора. М – маркер молекулярної маси (*GeneRuler™ 100 bp Plus DNA Ladder*); 1–4 – ДНК гібрида 12-189/1 (розведення 50 нг; 100 нг; 150 нг; 200 нг відповідно); 5–7 – ДНК гібрида 12-189/1 (моноплекси); 8 – негативний контроль (ДНК нетрансформованого гібрида)

За використання в мультиплексних реакціях різної кількості матриці ДНК на електрофореграмі зазначено різну інтенсивність сигналів ампліконів ДНК на треках, які відповідають досліджуваним зразкам. Це свідчить про різну кількість отриманих продуктів ампліфікації. При застосуванні в ПЛР 50 нг ДНК відбувалось напрацювання невеликої кількості продуктів реакції, про що свідчить менш інтенсивний сигнал на треку, що відповідає цьому зразку. Після збільшення кількості матриці до 100 нг та 150 нг було отримано достатню кількість продуктів ампліфікації, що дає можливість встановити наявність цільових послідовностей в цих зразках. На треку, який відповідає зразку, в якому було використано 200 нг досліджуваної ДНК, зафіксовано наявність невеликої кількості неспецифічних продуктів ампліфікації розмірами від 200 до 800 п.н. та значне перевантаження нуклеїновими кислотами. Отже, для ідентифікації елементів трансгенної конструкції в рослинах цукрових буряків за використання роз-

робленого мультиплексного підходу доцільно застосовувати 100–150 нг сумарної ДНК на одну реакцію. Прийнятним також є і 50 нг, проте існує ймовірність отримання хибно негативних результатів внаслідок невеликої кількості матриці для ампліфікації.

Висновки

Таким чином, розроблена мультиплексна полімеразна ланцюгова реакція із системою праймерів, гомологічних до послідовностей *35S* промотора, гена *cp 4 epsps* та гена внутрішнього контролю цукрових буряків (*als*), дає змогу мінімізувати кількість реактивів та рослинного матеріалу для проведення аналізу, а також зменшити час для досліджень великої кількості зразків. Для проведення мультиплексної ПЛР з визначення толерантних до дії гліфосату цукрових буряків реакційна суміш має містити (кінцеві концентрації): праймери до *35S* промотору – по 0,5 мкМ; праймери до гена *cp 4 epsps* – по 1 мкМ; до гена *als* – по 0,2 мкМ; дНТФ – 200 мкМ;

1^xсольовий буфер; 2 мМ MgCl₂; 1 од. Таq-полімераза, а також такі значення температурних режимів: крок 1 (початкова денатурація) 95 °С – 3 хв; крок 2 (напрацювання специфічних продуктів реакції): денатурація 95 °С – 45 с; гібридизація праймерів 55 °С – 50 с; елонгація 72 °С – 1 хв; кількість циклів – 40; крок 3 (кінцева елонгація) 72 °С – 6 хв.

Розроблений підхід до ідентифікації елементів трансгенної конструкції, інтеграція якої в геном цукрових буряків забезпечує толерантність до дії гліфосату, дасть можливість проводити індивідуальну оцінку селекційного матеріалу цукрових буряків з метою отримання гібридів зі стабільним рівнем експресії трансгена.

Використана література

1. Романко С. М. Актуальні питання забезпечення екологічної безпеки сільськогосподарської продукції та реалізації законодавства про органічне виробництво / С. М. Романко // Органічне виробництво і продовольча безпека : [матер. III Міжнар. наук.-практ. конф., 23 квітня 2015 р., Житомир]. – Житомир : Полісся, 2015. – С. 186–194.
2. Чирва І. В. Буряківництво в економіці сільськогосподарських підприємств / І. В. Чирва // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2015. – № 3. – С. 186–190.
3. Разработка ДНК-технологий для селекции сахарной свёклы (*Beta vulgaris* L.) / Т. П. Федулова, Н. Н. Богачева, А. С. Хуссейн, А. А. Налбандян // Клеточная биология и биотехнология растений : Междунар. науч.-практ. конф. : тезисы докладов (г. Минск, 13–15 февраля 2013 г.). – Минск : Изд. центр БГУ, 2013. – С. 239.
4. Левенко Б. Трансгенні культури у світі та Україні / Б. Левенко // Вісн. НАН України. – 2011. – № 9. – С. 31–41.
5. Creation of transgenic sugar beet lines expressing insect pest resistance genes *cry1C* and *cry2A* / D. I. Lytvyn, V. V. Syvura, V. V. Kurylo [et al.] // Cytol Genet. – 2014. – Vol. 48, Iss. 2. – P. 69–75. doi: 10.3103/S0095452714020078
6. Кищенко Е. Н. Получение трансгенных растений сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) с помощью *Agrobacterium rhizogenes* / Е. Н. Кищенко, И. К. Комарницкий, Н. В. Кучук // Цитология и генетика. – 2005. – Т. 39, № 1. – С. 9–13.
7. Богомолова Н. М. Разработка метода получения трансгенных растений сахарной свеклы, устойчивых к гербицидам : автореф. дис. ... канд. биол. наук : спец. 06.01.05 «Селекция и семеноводство» / Богомолова Наталья Михайловна ; Всерос. НИИ сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова. – Рамонь, 2002. – 20 с.
8. DNA cloning. Vol. III : A practical approach / D. M. Glover (ed). – Oxford, Washington DC : IRL Press Ltd., 1987. – 254 p.
9. Епринцев А. П. Идентификация и исследование экспрессии генов / А. П. Епринцев, В. Н. Попов, Д. Н. Федорин. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2008. – 63 с.
10. Количественный анализ экспрессии генов / Е. В. Ермилова, Ж. М. Залуцкая, Т. В. Лапина, Т. В. Матвеева. – СПб. : ТЕССА, 2010. – 410 с.
11. Genetically Modified Food and Feed: Authorization in the EU. GMO Compass / GMO Database [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gmo-compass.org/eng/gmo/db/>
12. Визначення молекулярно-генетичного поліморфізму роду *Beta* L. за допомогою полімеразної ланцюгової реакції : метод. рекомендації / М. В. Роїк, Ю. М. Сиволап, Г. П. Петюх [та ін.]. – К. : ПоліграфКонсалтинг, 2007. – 27 с.
13. Остерман Л. А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот. Электрофорез и ультрацентрифугирование / Л. А. Остерман. – М. : Наука, 1981. – 288 с.
14. Присяжнюк Л. М. Особливості прояву та способи оцінки генетичних конструкцій в трансгенних рослинах цукрових буряків : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.05.01 «Селекція і насінництво» / Присяжнюк Лариса Михайлівна ; Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – К., 2015. – 26 с.
15. Акинина Г. Е. Генетическая чистота семян – актуальный вопрос современной генетики и селекции растений / Г. Е. Акинина, Ю. Н. Тереняк, Я. Ю. Шарыпина, В. Н. Попов // Фактори експериментальної еволюції організмів : зб. наук. пр. – К. : Логос, 2016. – Т. 18. – С. 56–60.
16. Маренкова Т. В. Изучение стабильности экспрессии чужеродных генов у трансгенных растений табака (*Nicotiniana tabacum* L.) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.00.15 «Генетика» / Маренкова Татьяна Владиславовна ; Ин-т цитологии и генетики СО РАН. – Новосибирск, 2005. – 16 с.
17. A novel universal primer-multiplex-PCR method with sequencing gel electrophoresis analysis / W. Xu, Z. Zhai, K. Huang [et al.] // PLoS One. – 2012. – Vol. 7, Iss. 1. – e22900. doi: 10.1371/journal.pone.0022900
18. Супрун И. И. Разработка мультиплексной ДНК-маркерной системы идентификации генов устойчивости риса к пирикуляриозу *pi-40* и *pi-b* [Электронный ресурс] / И. И. Супрун, В. С. Ковалев, В. Н. Шиловский // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 94. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/19.pdf>
19. Мультиплексная полимеразная цепная реакция для генотипирования экотипов *Arabidopsis thaliana* с помощью SSLP-маркеров / О. В. Зимина, Е. С. Сытник, М. Ф. Парий, Е. Г. Алхимова // Biotechnologia acta. – 2014. – Т. 7, № 4. – С. 80–84. doi: 10.15407/biotech7.04.080
20. Sint D. Advances in multiplex PCR: balancing primer efficiencies and improving detection success / D. Sint, L. Raso, M. Traugott // Methods Ecol Evol. – 2012. – Vol. 3, Iss. 5. – P. 898–905. doi: 10.1111/j.2041-210X.2012.00215.x

References

1. Romanko, S. M. (2015). Current issues of environmental safety of agricultural products and implementation of the organic farming legislation. In *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka: materialy III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* [Organic production and food security: Collection of materials of III Int. Sci. Conf.] (pp. 186–194). April 23, 2015, Zhytomyr, Ukraine. [in Ukrainian]
2. Chyrva, I. V. (2015). Beet growing in farm economy. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii* [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy], 3, 186–190. [in Ukrainian]
3. Fedulova, T. P., Bogacheva, N. N., Khusseyin, A. S., & Nalbandyan, A. A. (2013). The development of DNA-technologies for sugar beet (*Beta vulgaris* L.) breeding. In *Kletochnaya biologiya i biotekhnologiya rasteniy: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya: tezisy dokladov* [Plant Cell Biology and Biotechnology: Int. Sci. Conf.: Abstracts of Papers] (p. 239). Feb 13–15, 2013, Minsk, Belarus [in Russian].
4. Levenko, B. (2011). Transgenic crops in the world and Ukraine. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* [Herald of National Academy of Sciences of Ukraine], 9, 31–41. [in Ukrainian]
5. Lytvyn, D. I., Syvura, V. V., Kurylo, V. V., Olenieva, V. D., Yemets, A. I., & Blume, Ya. B. (2014). Creation of transgenic sugar beet lines expressing insect pest resistance genes *cry1C* and *cry2A*. *Cytol Genet.*, 48(2), 69–75. doi: 10.3103/S0095452714020078
6. Kishchenko, E. N., Komarnitskii, I. K., & Kuchuk, N. V. (2005). Production of transgenic sugar beet plants (*Beta vulgaris* L.) using *Agrobacterium rhizogenes*. *Tsitol Genet.* [Cytol. Genet.], 39(1), 9–13. [in Russian]
7. Bogomolova, N. M. (2002). *Razrabotka metoda polucheniya transgennykh rasteniy sakharnoy svekly, ustoychivyykh k gerbitsidam* [Development of a method for producing transgenic sugar beet

- plants resistant to herbicides] (Extended Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss.). All-Russian Research Institute of Sugar Beet named after A. L. Mazlumov, Ramon, Russia. [in Russian]
8. Glover, D. M. (Ed.). (1987). *DNA cloning. Vol. III: A practical approach*. Oxford, Washington DC: IRL Press Ltd.
 9. Eprintsev, A. P., Popov, V. N., & Fedorin, D. N. (2008). *Identifikatsiya i issledovanie ekspressii genov* [Identification and research of gene expression]. Voronezh: IPTs VGU. [in Russian]
 10. Ermilova, E. V., Zalutskaya, Zh. M., Lapina, T. V., & Matveeva, T. V. (2010). *Kolichestvennyy analiz ekspressii genov* [Quantitative analysis of gene expression]. St. Petersburg: TESSA. [in Russian]
 11. Genetically Modified Food and Feed: Authorization in the EU. GMO Compass / GMO Database. Retrieved from <http://www.gmo-compass.org/eng/gmo/db/>
 12. Roik, M. V., Syvolap, Yu. M., Petiukh, H. P., Shaiuk, L. V., Babiazh, A. I., & Bilous, N. V. (2007). *Vyznachennia molekuliarno-henetychnoho polimorfizmu rodu Beta L. za dopomohoiu polimeraznoi lantsiuhovoї reaktsii* [Research of molecular-genetic polymorphism of the genus *Beta L.* with PCR-analysis]. Kyiv: PolihrafKonsal'tynh. [in Ukrainian]
 13. Osterman, L. A. (1981). *Metody issledovaniya belkov i nukleinykh kislot. Elektroforez i ultratsentrifugirovaniye* [Methods of research of proteins and nucleic acids. Electrophoresis and ultracentrifugation]. Moscow: Nauka. [in Russian]
 14. Prysiazhniuk, L. M. (2015). *Osoblyvosti proiavu ta sposoby otsinky henetychnykh konstruktiv v transhennykh roslynakh tsukrovyykh buriakiv* [Peculiarities of expression and evaluation methods of genetic constructs in transgenic sugar beet plants] (Cand. Agric. Sci. Diss.). Institute of bioenergy crops and sugar beet of NAAS, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
 15. Akinina, G. E., Tereniak, Yu. N., Sharypina, Ya. Yu., & Popov, V. N. (2016). Genetic purity of seeds – topical question of modern genetics and plant breeding. *Fakt. eksp. evol. org.* [Factors of experimental evolution of organisms], 18, 56–60. [in Russian]
 16. Marenkova, T. V. (2005). *Izuchenie stabilnosti ekspressii chuzherodnykh genov u transgennykh rasteniy tabaka (Nicotiana tabacum L.)* [Study of the stability of foreign gene expression in transgenic tobacco plants] (Extended Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss.). Institute of Cytology and Genetics, Novosibirsk, Russia. [in Russian]
 17. Xu, W., Zhai, Z., Huang, K., Zhang, N., Yuan, Y., Shang, Y., & Luo, Y. (2012). A novel universal primer-multiplex-PCR method with sequencing gel electrophoresis analysis. *PLoS One*, 7(1), e22900. doi: 10.1371/journal.pone.0022900
 18. Suprun, I. I., Kovalev, V. S., & Shilovskiy, V. N. (2013). Development of Multiplex DNA-marker set for identification of rice blast resistance genes *Pi-40* and *Pi-b*. *Naučnyj žurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Scientific Journal of KubSAU], 94. Retrieved from <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/19.pdf> [in Russian]
 19. Zimina, O. V., Sytnik, E. S., Pariy, M. F., & Alkhimova, E. G. (2014). Multiplex polymerase chain reaction for genotyping of *Arabidopsis thaliana* ecotypes using SSLR markers. *Biotechnologia acta*, 7(4), 80–84. doi: 10.15407/biotech7.04.080 [in Russian]
 20. Sint, D., Raso, L., & Traugott, M. (2012). Advances in multiplex PCR: balancing primer efficiencies and improving detection success. *Methods Ecol. Evol.*, 3(5), 898–905. doi: 10.1111/j.2041-210X.2012.00215.x

УДК 633.63/577.213.3

Присяжнюк Л. М., Шитикова Ю. В., Волчков А. А. Создание мультиплексной системы ПЦР для идентификации сахарной свеклы, толерантной к воздействию глифосата // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 63–70. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88686](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88686)

Український інститут експертизи сортів рослин, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Київ, 03041, Україна, * e-mail: prysiazhniuk_l@ukr.net

Цель. Создать мультиплексную систему для идентификации толерантной к глифосату сахарной свеклы с помощью ПЦР. **Методы.** Молекулярно-генетические методы анализа нуклеиновых кислот. **Результаты.** Приведены результаты исследований по определению параметров полимеразной цепной реакции (ПЦР) для разработки мультиплексной системы по идентификации структурных элементов трансгенной конструкции с геном *cp 4 epsps*, что обеспечивает толерантность к глифосату. Для получения ампликонов целевых последовательностей ДНК определены следующие значения температурных режимов ПЦР: шаг 1 (начальная денатурация) 95 °С – 3 мин; шаг 2 (наработка специфических продуктов реакции): денатурация 95 °С – 45 с; гибридизация праймеров 55 °С – 50 с; элонгация 72 °С – 1 мин; количество циклов – 40; шаг 3 (конечная элонгация) 72 °С – 6 мин. Проведена серия ПЦР с целью подбора оптимального количества матрицы ДНК для эффективной оценки трансгенных растений сахарной свеклы по наличию специфических последовательностей. **Выводы.** Для идентификации трансгенной сахарной свеклы, толерантной к воздействию глифосата, целесообразно определять в отдельных генотипах 35S

промотор и ген *cp 4 epsps*. Установлено, что при подборе температурных параметров мультиплексной реакции на идентификацию гена *als* не влияло увеличение температуры гибридизации праймеров на 5 °С, что позволило включить специфические праймеры для определения этой последовательности в качестве внутреннего контроля. По результатам пробных мультиплексных реакций определены концентрации дНТФ (дезоксирибонуклеотидтрифосфатов) и ионов Mg²⁺, которые позволили исключить возможность получения неспецифических фрагментов и ложноотрицательных результатов. Определено оптимальное количество матрицы ДНК (100–150 нг) для эффективной оценки трансгенных растений сахарной свеклы по наличию специфических последовательностей. Полученные результаты позволили разработать мультиплексную тест-систему для идентификации трансгенной сахарной свеклы, толерантной к воздействию глифосата, с помощью которой можно одновременно определить 35S промотор, ген *cp 4 epsps* и ген *als* в качестве внутреннего контроля реакции.

Ключевые слова: ген *cp 4 epsps*, 35S промотор, трансгенная сахарная свекла, параметры амплификации.

UDC 633.63/577.213.3

Prysiazhniuk, L. M.*, **Shytikova, Yu. V.**, & **Volchkov, O. O.** (2016). Development of multiplex PCR system for identification of glyphosate-tolerant sugar beet. *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslin* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 63–70. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88686](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88686)

*Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henera Rodymtseva Str., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: prysiazhniuk_l@ukr.net*

Purpose. To create a multiplex system for identification of glyphosate-tolerant sugar beet by using PCR. **Methods.** Molecular genetic analysis. **Results.** The article presents the results of studies to determine the parameters of the polymerase chain reaction (PCR) in order to develop a multiplex system for identification of the structural elements of the design of transgenic gene *cp 4 epsps*, which provides tolerance to glyphosate. For amplicon target DNA sequences, the following values of temperature conditions of PCR were determined: step 1 (initial denaturation) 95 °C – 3 min; step 2 (specific reaction products accumulation): denaturation 95 °C – 45 s; hybridization of primers 55 °C – 50 s; elongation 72 °C – 1 min; number of cycles – 40; step 3 (final elongation) 72 °C – 6 min. A series of PCR were carried out for the purpose of selecting the optimal amount of DNA matrix for efficient estimate of transgenic sugar beet plants for the presence of specific sequences. **Conclusions.** To identify transgenic glyphosate-tolerant sugar beet, it is advisable to determine 35S promoter and gene *cp 4 epsps* in

individual genotypes. It was found that during the selection of temperature parameters of multiplex reaction a 5 °C rise in primer hybridization temperature did not affect the identification of gene *als* that allowed to include specific primers for determination of this sequence as an internal control. Based on the results of test multiplex reactions, concentrations of dNTPs and Mg²⁺ ions were determined that allowed to exclude the possibility of non-specific fragments and false-negative results. The optimum amount of matrix DNA (100–150 ng) for an efficient estimate of transgenic sugar beet plants for the presence of specific sequences was determined. Obtained results allowed to develop a multiplex test system for identification of transgenic glyphosate-tolerant sugar beet which can be used for simultaneous determination of the 35S promoter, *cp 4 epsps* gene and *als* gene as an internal reaction control.

Keywords: *gene cp 4 epsps, 35S promoter, the transgenic sugar beet, amplification parameters.*

Надійшла 19.10.2016

Особливості накопичення неорганічних елементів у насінні лікарських рослин – гірчиці білої (*Sinapis alba* L.) та гірчиці чорної (*Brassica nigra* L.)

О. І. Рудник-Іващенко¹, Л. М. Михальська², В. В. Швартау²

¹Інститут садівництва НААН України, вул. Садова, 23, м. Київ, 03027, Україна, e-mail: rudnik2015@ukr.net

²Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, вул. Васильківська, 31/17, м. Київ, 03022, Україна

Мета. Дослідити особливості накопичення неорганічних елементів, у тому числі й важких металів, у насінні гірчиці білої та чорної, яку вирощують для отримання лікарських препаратів. **Методи.** Польові досліді, мікрохвильове озолення, ІСР-MS та статистичний аналіз. **Результати.** Визначено вміст неорганічних елементів, у тому числі й важких металів, у насінні гірчиці білої та чорної, вирощеної в умовах Київської області. Виявлено, що у процесі вегетації рослини гірчиці білої здатні накопичувати в насінні такі елементи, як алюміній, барій, стронцій, цинк у концентраціях, що перевищують їхній вміст у насінні гірчиці чорної, а сполуки кальцію, цезію, заліза, магнію, марганцю, калію більшою мірою накопичувалися у насінні гірчиці чорної. **Висновки.** Оскільки в нормативно-правових документах для важливих хімічних елементів не встановлено гранично допустимих меж їхнього вмісту в лікарських рослинах, то актуальною є необхідність започаткування комплексних досліджень із залученням фахівців відповідних профілів для встановлення такої градації. Рослини гірчиці білої та чорної в умовах Київської області накопичували високі рівні таких металів, як Ва, Сu, Fe, Мп, Мо, Sr, Zn, які перевищують відомі показники гранично допустимих концентрацій, що свідчить про часткове забруднення ґрунтів регіону. Таким чином, рослини названих культур можуть бути фіторемедіаторами ґрунтів. Враховуючи те, що у фармацевтичній галузі використовують рафіновану олію з насіння гірчиці, виявлені зміни накопичення металів у насінні не будуть впливати на якість кінцевої лікарської продукції. Результати досліджень свідчать про перспективність вирощування гірчиці білої та чорної в Київській області з метою отримання сировини для переробки на ліки.

Ключові слова: гірчиця, насіння, важкі метали, гранично допустима концентрація (ГДК), ІСР-MS детектування, фіторемедіація.

Вступ

У світовій лікарській практиці на сьогоднішній день є велика кількість високоефективних синтетичних лікарських препаратів, однак лікарські рослини продовжують займати чільне місце в арсеналі лікувальних засобів [1, 2].

Гірчицю використовують у народній та офіційній медицині як ефективну цілющу рослину вже не одне тисячоліття. Історія культури гірчиці є дуже давньою, і хоч види гірчиці вживали ще в Давній Греції та

Римі, батьківщиною їх вважають Азію [3, 4]. Гірчиця є однорічною трав'янистою холодостійкою рослиною, належить до ботаничної родини хрестоцвітих (Cruciferae). Рослина має пряме стебло з великою кількістю жовтих квіток, які розташовані на квітконіжках завдовжки 5–8 мм. Цвітіння відбувається з червня по липень. Рослина формує плоди – стручки, що мають форму човника, в яких розміщені світло-жовті насінини кулястої форми з гладенькою поверхнею. Достигання плодів відбувається у серпні [4, 5].

Лікарською сировиною у гірчиці є її насіння, з якого отримують ефірну гірчичну олію. Знежирену макуху насіння гірчиці використовують як гірчичний порошок [1, 4, 5]. Насіння цієї лікарської рослини багате на жирні кислоти (олеїнову, ерукову, стеаринову та ліноленову), стероїди (брасіка-

Olha Rudnyk-Ivashchenko
<http://orcid.org/0000-0003-2724-9482>

Ludmila Mykhalskaya
<http://orcid.org/0000-0002-0677-5574>

Victor Schwartau
<http://orcid.org/0000-0001-7402-5559>

терин, кампестерин, ситостерин, холестерин, метиленхолестерин).

Накопичення лікарськими рослинами неорганічних елементів є динамічним процесом, що змінюється потягом онтогенезу й залежить від різних чинників довкілля, в тому числі й антропогенних. Внаслідок господарської діяльності в агрофітоценози можуть надходити небезпечні забруднювачі – важкі метали, що мають високу токсичність, здатні включатися в біологічний кругообіг і акумулюватися в організмі людини. Тому актуальною є необхідність вивчення особливостей міграції важких металів у системі «ґрунт–лікарська рослина» для запобігання акумуляції їх в організмі людини.

Мета досліджень – проаналізувати вміст неорганічних елементів, у тому числі й важких металів, у насінні гірчиці білої (*Sinapis alba* L.) та гірчиці чорної (*Brassica nigra* L.) з метою розроблення відповідних санітарно-гігієнічних і господарсько-організаційних заходів, щоб забезпечити необхідний рівень екологічної безпеки та раціонального використання отриманого врожаю. *Об'єктом досліджень* були лікарські рослини гірчиці білої та гірчиці чорної, які вирощують для отримання насіння.

Матеріали та методика досліджень

Полеві досліді проводили в умовах стаціонарного досліді лабораторії квітково-декоративних, лікарських та ефіроолійних культур Інституту садівництва НААН України (Київська область). Аналіз ґрунту проводили в лабораторії агрохімії інституту. Вміст гумусу в орному шарі (0–40 см) становить 2,3%, легкогідролізованого азоту (за Тюрнімом і Коновою) – від 78,4 до 98,0 мг/кг, рухомих форм фосфору (за Кірсановим) – 93,2–180,9 мг/кг, обмінного калію (за Кірсановим) – 106,1–202,8 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину – кисла, рН 5,3–5,8.

Схема досліді передбачала чергування культур у короткоротаційній польовій сівозміні: ехінацея пурпурова (*Echinacea purpurea*), ромашка лікарська (*Matricaria recutita* L.), розторопша плямиста (*Silybum tataricum* L.) Gaertn.) – для гірчиці білої та щириця (*Amaranthus* L.), алтея лікарська (*Althaea officinalis*), тархун (*Artemisia dracunculoides* L.) – для гірчиці чорної. Вирощування зазначених культур не передбачало внесення добрив та обробку пестицидами, щоб мінімізувати надходження ксенобіотиків у фітоценоз лікарських рослин.

Досліді закладали на 4-рядкових ділянках завдовжки 2 м. Сівбу проводили суцільним

рядковим способом. Норма висіву насіння – 10 кг/га, глибина загортання насіння – 4–5 см. Бур'яни у посіві контролювали вручну.

Вміст неорганічних елементів у насінні гірчиці білої та чорної врожаю 2014–2016 рр. визначали в Інституті фізіології рослин і генетики НАН України після зберігання зразків в умовах, визначених Настановою СТ-Н МОЗУ 42-4.5:2012 [6], до липня 2016 р.

Зразки рослин висушували при 105 °С до постійної сухої маси й озольали в азотній кислоті ICP-grade за допомогою мікрохвильової прободготовки Milestone Start D. Отриманий екстракт доводили до об'єму 50 мл водою 1-го класу (18 Мом), підготовленою на системі очищення води Scholar-UV NexUp 1000 (Human Corporation, Корея).

Елементний склад у дослідних зразках визначали методом ICP-MS на емісійному мас-спектрометрі Agilent 7700х. Оскільки в аргонній плазмі елементи з молекулярними масами від 23 (натрій) до 75 (арсен) можуть утворювати хибні піки, наприклад, рівні за масою CaO^{56} та Fe^{56} , чи ArN або ArO з іншими ізотопами заліза тощо, визначення здійснювали у режимі продування гелієм, що ефективно видаляє матричні та елементні інтерференції елементів.

Як калібрувальний стандарт використовували ICP-MS Complete Standard IV-ICPMS-71A, як внутрішній стандарт – 1 ppb розчин Sc (Inorganic Ventures, USA).

Результати обробляли за допомогою програмного забезпечення ICP-MS MassHunter Software та MS Excel 2014.

Результати досліджень

Важкі метали (ВМ) є природними компонентами земної кори і, як правило, містяться в усіх біоценозах. Однак, внаслідок антропогенної діяльності у деяких екосистемах концентрація ВМ зросла у кілька разів. Забруднення довкілля важкими металами продовжує зростати й несе токсикологічні ризики для здоров'я людини [7–9]. Разом з тим, ряд важких металів є компонентами живих організмів як складові редокс-систем, і вони проявляють токсичність лише за високих концентрацій.

Дослідженнями встановлено видову специфіку накопичення неорганічних елементів рослинами. Вміст таких металів, як алюміній, барій, кадмій, стронцій, цинк у насінні гірчиці білої значно переважав їхній вміст у насінні гірчиці чорної (див. таблицю). У таблиці наведено дані аналізів зразків 2014 р., проте близькі величини отримували й за результатами аналізів зразків

2015 та 2016 рр. (дані не наведено). В усі роки досліджень накопичення алюмінію, барію та стронцію рослинами гірчиці білої було вищим за рівень накопичення у насінні гірчиці чорної. Насіння гірчиці білої та гірчиці чорної має низькі рівні накопичення алюмінію. Визначені рівні накопичення барію й стронцію можуть бути пов'язані з особливостями вирощування рослин у регіоні, що зазнає впливів від аварії на Чорнобильській АЕС.

Однак, накопичення кальцію, цезію, заліза, магнію, мангану, калію було більшим у насінні гірчиці чорної порівняно з насінням гірчиці білої. Різниця накопичення кальцію рослинами гірчиці чорної порівняно з гірчицею білою становила 54,65 мг/кг, цезію – 0,007, заліза – 6,55, магнію – 98,5, мангану – 2,41, калію – 404,4 мг/кг та відтворювала-ся в аналізах насіння 2015 і 2016 рр.

Під час вибору агротехнічних елементів вирощування сільськогосподарських культур, насамперед попередників, необхідно враховувати, що протягом своєї вегетації рослини родини Cruciferae є вираженими азотофілами, які поглинають велику кіль-

кість азоту з ґрунту з відповідним накопиченням пулу вуглецю й зольних елементів. При цьому рослини гірчиці чорної засвоюють з ґрунту більшу кількість таких необхідних для рослин елементів, як кальцій, залізо, магній, калій порівняно з рослинами гірчиці білої. Рослини гірчиці білої засвоюють більше сполук таких важких металів, як залізо і марганець порівняно з рослинами гірчиці чорної, що необхідно враховувати під час використання їх насіння у виробництві ліків.

Результати досліджень свідчать про істотну різницю величини накопичення важких металів рослинами гірчиці. Отже, рослини гірчиці здатні не тільки поглинати з ґрунту важливі компоненти для свого росту й розвитку, вони можуть бути фітореemedіаторами ґрунтів щодо ряду металів.

Оскільки для виробництва лікарських препаратів використовують переважно олеїнову, ерукову, стеаринову та ліноленову жирні кислоти, які отримують з олії насіння гірчиці, то в умовах Лісостепу цю культуру, ймовірно, можна вирощувати як лікарську рослину, оскільки у процесі переробки її на рослинну олію вміст важких

Таблиця

Накопичення неорганічних елементів, у тому числі й важких металів, у насінні гірчиці білої та чорної за результатами ICP-MS детектування (Київська область, урожай 2014 р.)

| Неорганічні елементи | Вміст, мг/кг | | ГДК* ВМ у рослинній продукції, (генеративній частині), мг/кг |
|----------------------|--------------|---------------|--|
| | гірчиця біла | гірчиця чорна | |
| Al | 2,87±0,3 | 1,88±0,1 | 20 |
| Ba | 2,54±0,3 | 2,22±0,2 | 0,7 |
| Be | <0,00** | <0,00 | відсутній |
| Bi | <0,00 | <0,00 | відсутній |
| Cd | 0,038±0,001 | 0,011±0,004 | 0,03 (0,3 – WHO, 1998) |
| Ca | 699±1 | 753±1 | відсутній |
| Cs | 0,007±0,001 | 0,014±0,002 | відсутній |
| Cr | 0,060±0,044 | 0,080±0,068 | 0,2 |
| Co | <0,00 | <0,00 | 0,1 |
| Cu | 2,06±0,03 | 2,22±0,02 | 1,0 |
| Fe | 21,22±0,03 | 27,77±0,04 | відсутній |
| Pb | <0,00 | <0,00 | 0,3(10,0 – WHO, 1998) |
| Li | <0,00 | <0,00 | відсутній |
| Mg | 1254±6 | 1353±3 | відсутній |
| Mn | 6,97±0,03 | 9,38±0,04 | 2,1 |
| Mo | 0,20±0,05 | 0,20±0,03 | 0,12 |
| Ni | <0,00 | <0,00 | 0,5 |
| K | 3710±5 | 4115±1 | відсутній |
| Rb | 3,38±0,02 | 3,80±0,08 | відсутній |
| Ag | 0,006±0,007 | 0,006±0,009 | відсутній |
| Na | 27,11±0,9 | 33,01±2,7 | відсутній |
| Sr | 6,51±0,01 | 4,40±0,02 | 1,0 |
| Tl | 0,010±0,005 | 0,010±0,009 | відсутній |
| V | 0,06±0,02 | 0,06±0,02 | відсутній |
| Zn | 16,29±0,02 | 15,92±0,03 | 10,0 |

*Запропоновані рівні гранично допустимих концентрацій неорганічних елементів [1, 2, 7, 8, 9].

**Вміст елементів є нижчим за рівень чутливості ICP-MS Agilent 7700x.

металів у кінцевому продукті буде практично відсутній.

Як свідчать результати досліджень, ґрунти Київської області цілком придатні для вирощування лікарських рослин, оскільки концентрація важких металів, яку вони накопичують в період вегетації, загалом є в межах гранично допустимих рівнів, а наявність елементів, які перевищують зазначені концентрації, можна регулювати традиційними агроекологічними методами та у процесі переробки сировини.

Висновки

Оскільки в нормативно-правових документах для багатьох важливих елементів, які відносять до важких металів, відсутні гранично допустимі концентрації їх вмісту в біосировині лікарських рослин, то актуальним є започаткування проведення комплексних досліджень із залученням фахівців відповідних профілів для встановлення такої градації.

Рослини гірчиці білої та гірчиці чорної в умовах Київської області накопичують такі метали, як Ba, Cu, Fe, Mn, Mo, Sr, Zn, вміст яких перевищує відомі гранично допустимі концентрації, що свідчить про часткове забруднення ґрунтів регіону.

Результати досліджень свідчать про перспективність вирощування лікарських рослин гірчиці білої й гірчиці чорної в Київській області з подальшою переробкою лікарської сировини та на інші цілі.

Використана література

1. Evans W. C. Trease and Evans' Pharmacognosy / W. C. Evans. – 14th ed. – London : W. B. Saunders Co. Ltd, 1996. – P. 36–40.
2. The United States Pharmacopeia, XXXV [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.usp.org/usp-nf>.
3. Вавилов Н. И. Центры происхождения культурных растений / Н. И. Вавилов. – Л. : Тип. им. Гутенберга, 1926. – 248 с.

УДК 546.95: 615.244: 615.322.015 / .016: 665.333.7

Рудник-Иващенко О. И.¹, Михальская Л. Н.², Швартау В. В.² Особенности накопления неорганических элементов в семенах горчицы белой (*Sinapis alba* L.) и горчицы черной (*Brassica nigra* L.) // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 71–75. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88688](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88688)

¹Институт садоводства НААН Украины, ул. Садовая, 23, г. Киев, 03027, Украина, e-mail: rudnik2015@ukr.net

²Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, ул. Васильковская, 31/17, г. Киев, 03022, Украина

Цель. Изучить особенности накопления неорганических элементов, в том числе и тяжелых металлов, в семенах горчицы белой и черной, которые выращивают для получения лекарственных препаратов. **Методы.** Полевые опыты, микроволновое озоление, ICP-MS и статистический анализ. **Результаты.** Определено содержание неорганических элементов, в том числе и тяжелых металлов, в семенах горчицы белой и черной, выращенной в условиях Киевской области. Выявлено, что в процессе вегетации растения горчицы белой способны накапливать в семенах

4. Гірчиця / за ред. П. І. Гадза. – Івано-Франківськ : Нова ера, 2014. – 96 с.
5. Архипенко Ф. М. Гірчиця як олійна та кормова культура / Ф. М. Архипенко, М. В. Войтовик, О. Л. Оксонець // Зб. наук. праць Ін-ту землеробства УААН. – К. : Нора-прінт, 2000. – Вип. 1. – С. 48–51.
6. Лікарські засоби. Належна практика культивування та збирання вихідної сировини рослинного походження. СТ-Н МОЗУ 42-4.5:2012 [Електронний ресурс]. – К. : Міністерство охорони здоров'я України, 2012. – 13 с. – Режим доступу : http://www.moz.gov.ua/docfiles/N118_2013_dod1.pdf.
7. Accumulation of Heavy Metals in Selected Medicinal Plants / H. Sarma, S. Deka, H. Deka, R. R. Saikia // Rev Environ Contam Toxicol. – 2011. – Vol. 214. – P. 63–86. doi: 10.1007/978-1-4614-0668-6_4
8. Установление уровней содержания тяжелых металлов в почвах Украины / Н. П. Вашкулат, В. И. Пальгов, Д. Р. Спектор, В. П. Дудник // Довкілля та здоров'я. – 2002. – № 2. – С. 44–46.
9. Quality control methods for medicinal plant materials / World Health Organization. – Geneva : World Health Organization, 1998. – 115 p.

References

1. Evans W. C. (1996). *Trease and Evans' Pharmacognosy*. (14th ed.) (pp. 36–40). London: W. B. Saunders Co. Ltd.
2. *The United States Pharmacopeia, XXXV; The National Formulary, XXXV* (2016). Retrieved from <http://www.usp.org/usp-nf>.
3. Vavilov, N. I. (1926). *Tsentry proiskhozhdeniya kul'turnykh rasteniy* [Studies on the Origin of Cultivated Plants]. Leningrad: Tipografiya imeni Gutenberga [in Russian]
4. Hadza, P. I. (Ed.). (2014). *Hirchytisia* [Mustard]. Ivano-Frankivsk: Nova era. [in Ukrainian]
5. Arkhypenko, F. M., Voitovyk, M. V., & Oksymets, O. L. (2000). Mustard as oilseed and fodder crop. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN* [Collection of Scientific Papers of the Institute of agriculture UAAS], 1, 48–51. [in Ukrainian]
6. *Likarski zasoby. Nalezna praktyka kultyvuvannya ta zbyrannya vykhidnoi syrovyny roslynnoho pokhodzhennia. ST-N MOZU 42-4.5:2012* [Good practice of cultivation and harvesting of medicinal plant materials of plant origin]. (2012). Retrieved from http://www.moz.gov.ua/docfiles/N118_2013_dod1.pdf [in Ukrainian]
7. Sarma, H., Deka, S., Deka, H., & Saikia, R. R. (2011). Accumulation of Heavy Metals in Selected Medicinal Plants. *Rev Environ Contam Toxicol*, 214, 63–86. doi: 10.1007/978-1-4614-0668-6_4
8. Vashkulat, N. P., Palgov, V. I., Spector, D. R., & Dudnik, V. P. (2002). Establishing levels of heavy metals in soils of Ukraine. *Dovkilia ta zdorovia* [Environment & Health], 2, 44–46. [in Russian]
9. World Health Organization. (1998). *Quality control methods for medicinal plant materials*. Geneva: World Health Organization.

щих профилей для установления такой градации. Растения горчицы белой и черной в условиях Киевской области накапливали высокие уровни таких тяжелых металлов, как Ba, Cu, Fe, Mn, Mo, Sr, Zn, которые превышают известные показатели предельно допустимых концентраций, что свидетельствует о частичном загрязнении почв региона. Таким образом, растения названных культур могут быть фиторемедиаторами почв. Учитывая то, что в фармацевтической отрасли используют рафинированное масло

из семян горчицы, выявленные изменения накопления металлов в семенах не отразятся на качестве конечной лекарственной продукции. Результаты исследований свидетельствуют о перспективности выращивания горчицы белой и черной в Киевской области с целью получения сырья для переработки на лекарство.

Ключевые слова: горчица, семена, тяжелые металлы, предельно допустимая концентрация (ПДК), ICP-MS детектирование, фиторемедиация.

UDC 546.95: 615.244: 615.322.015/.016: 665.333.7

Rudnyk-Ivashchenko¹, O. I., Mykhalska, L. N.², & Schwartz, V. V.² (2016). Features of accumulation of inorganic elements in seeds of white mustard (*Sinapis alba* L.) and black mustard (*Brassica nigra* L.). *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslin* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 71–75. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88688](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88688)

¹Institute of Horticulture NAAS of Ukraine, 23 Sadova Str., Kyiv, 03027, Ukraine, e-mail: rudnik2015@ukr.net

²Institute of Plant Physiology and Genetics NAS of Ukraine, 31/17 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

Purpose. To investigate special aspects of accumulation of inorganic elements including heavy metals in seeds of white and black mustard to be grown for obtaining drugs. **Methods.** Field experiments, microwave digestion, ICP-MS and statistical analysis. **Results.** The content of inorganic elements including heavy metals was determined in the seeds of white and black mustard grown in Kiev Oblast. It was revealed that during the growing season plants of white mustard were able to accumulate such elements as aluminum, barium, strontium, zinc in seeds in concentrations that exceed their content in black mustard seeds, while compounds of calcium, cesium, iron, magnesium, manganese, potassium in a greater degree were accumulated in black mustard seeds. **Conclusions.** As legal and regulatory documents for important chemical elements don't contain the maximum permissible limits of their content in medicinal plants, it would make sense to launch

a comprehensive research with the involvement of specialists of relevant profiles in order to establish such a gradation. Plants of white and black mustard in Kiev Oblast have accumulated high levels of such metals as Ba, Cu, Fe, Mn, Mo, Sr, Zn that exceed the known limits of accumulation, indicating a partial contamination of soils in the region. Consequently, these plants can be used for phytoremediation of soils. Considering the fact that in the pharmaceutical practice refined mustard seed oil is used, revealed alterations of metal accumulation in seeds will not affect the quality of the final drugs. According to the research results, white and black mustard is promising for cultivation in Kiev Oblast with a view to obtain raw material that can be processed into drugs.

Keywords: mustard, seed, heavy metals, maximum permissible limit, ICP-MS detection, phytoremediation.

Надійшла 6.07.2016

Сортові особливості активності лектинів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) на ранніх етапах онтогенезу

Л. В. Чеботарьова

Полтавський краєзнавчий музей імені Василя Кричевського, вул. Конституції, 2, м. Полтава, 36000, Україна,
e-mail: poltava_local_museum@ukr.net

Мета. Вивчити динаміку активності лектинів пшениці м'якої озимої у зернівках та на ранніх етапах онтогенезу сортів селекції Полтавської державної аграрної академії, а також дослідити сортові відмінності залежно від динамічного рН середовища. **Методи.** Лабораторний, метод реакції гемаглютинації (РГА), аналітичний, статистичний. **Результати.** Визначено зміну активності лектинів у зразках пшениці м'якої озимої 14 сортів у зернівках та на ранніх етапах онтогенезу (на третю, сьому, десяту та дванадцятую добу проростання). Висока активність лектинів спостерігалася у зразках семи- і десятидобових проростків. Це свідчить про активне включення цих білків у фізіолого-біохімічні процеси під час утворення вузла кущіння пшениці, що може мати значення для формування адаптивних реакцій до дії стресу. Вперше встановлено коливання активності лектинів пшениці у діапазоні рН від 4,0 до 8,0 залежно від сорту. **Висновки.** За гемаглютинувальною здатністю лектинів пшениці сорти були розподілені на три групи: з високою – 4 сорти; з середньою – 9; з низькою – 1 сорт. Сортова варіабельність за досліджуваною ознакою може бути використана в селекційних програмах як маркерна ознака. У більшості сортів спостерігалися коливання гемаглютинації при розведеннях від 1:2 до 1:256. Встановлено наявність двох максимумів аглютинації лектинів у кислому й лужному середовищі для проростків.

Ключові слова: проростки пшениці м'якої озимої, лектини, активність лектинів, гемаглютинація, сортова варіабельність.

Вступ

Рослинні лектини виконують широкий спектр ендегенних і екзогенних функцій, механізми дії яких уже декілька десятиліть залишаються актуальною темою наукових дискусій. У пшениці лектини є чистими білками, зв'язують N-ацетил-D-глюкозамін і хітинові олігосахариди [1, 2]. Вони беруть участь у процесах поділу, розтягу, диференціювання клітин і підтримання гомеостазу [3, 4]. Виконують мітогенну й трансформаційну дію [5, 6], беруть участь у міжклітинному розпізнаванні та створенні контакту між клітинною стінкою та цитоскелетом [3, 6]. Доведено й те, що вони зумовлюють спокій зернівок, індукують їх формування та досягання [3]. Вони залучаються у транспорт, обмін, акумуляцію вуглеводів та білків; відповідають за захист від хітиновмісних патогенів [4, 5, 7]. Ці біологічно активні речовини здійснюють активацію захисних систем рослини та формування відповіді на несприятливу дію абіотичних чинників середовища [3, 6, 8]. Важливо й те, що лектини пшениці взаємодіють із патогенною та симбіотичною мікрофлорою [9]. Вважають, що лектини сприяють колонізації рослиною корисних для неї мікробів, а також формуванню стійких і

ефективних симбіозів [10]. З огляду на спектр дії лектинів у рослинному організмі та велике значення їх у пристосувальних реакціях до стресу, актуальність цього дослідження не викликає сумніву.

У доступній літературі дослідження відмінності сортів пшениці за вмістом та активністю лектинів є досить обмеженими. Так, група грузинських учених на чолі з Е. А. Рапавою [11] вивчила залежність аглютинувальної активності лектинів різних видів пшениці від ступеня їх плоідності. Вчені Саратовського державного університету та Інституту сільськогосподарської мікробіології УААН [12] проводили дослідження з виявлення контрастних сортів (33 сорти ярої пшениці) за вмістом аглютиніну зародка пшениці (АЗП), виведених у двох різних селекційних центрах. Також оцінювали модифікаційну мінливість сорту 'Саратовская 29'. Встановлено, що найбільша варіабельність властива сортам саратовської селекції. М. А. Ханадеева зі співавторами [9] провели оцінку 25 сортів ярої та озимої пшениці за вмістом АЗП у насінні. З'ясовано, що найбільша варіабельність за вмістом лектину спостерігалася у сортів пшениці м'якої ярої. У зв'язку з цим великого значення набуває оцінка сортів за ознакою «вміст та активність лектинів», яка може зумовити використання лектинів пшениці як маркерів у селекційно-генетичних дослідженнях.

Ljudmyla Chebotarova
<http://orcid.org/0000-0001-7152-5259>

Мета досліджень – вивчити активність лектинів у зернівках і проростках пшениці озимої сортів селекції Полтавської державної аграрної академії (ПДАА) та встановити сортові відмінності активності аглютининів залежно від віку проростків та динамічного рН середовища.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили в 2010–2013 рр. в умовах навчально-виробничого підрозділу із селекції та насінництва ПДАА та лабораторії кафедри землеробства та агрохімії імені В. І. Сазанова ПДАА. Для вивчення активності лектинів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) використовували 14 її сортів селекції ПДАА різного генетичного походження [13]. Для цього насіння пророщували в чашках Петрі, а для аналізів брали надземну масу три-, семи-, десяти- та дванадцятидобових рослин. Зернівки подрібнювали лабораторним млинком. Лектини виділяли шляхом кислотного гідролізу рослинного матеріалу та подальшого низькотемпературного етанольного фракціонування за модифікованою методикою [1, 14]. Активність лектинів визначали методом реакції гемаглютинації (РГА) шляхом внесення в лунки імунологічного планшета 0,05 мл фосфатно-цитратного буфера Мак-Львейна (у діапазоні рН 4,0–8,0) та 2% суспензії нативних еритроцитів I(0) групи крові людини [14, 15]. Отримані дані були представлені у вигляді середнього балу аглютинації (СБА), який обчислювали як середнє арифметичне активності лектинів у діапазоні рН 4,0–8,0 по кожному сорту. Статистичну обробку результатів проводили за критерієм Стьюдента (за Б. А. Доспеховым) [16].

Результати досліджень

Відомо, що значна кількість лектинів міститься в насінні, де рівень їх досягає 10–15% загального вмісту запасних білків [17]. Але у пшениці вони не підлягають протеолітичному руйнуванню в ендоспермі, а транспортуються в осьові органи рослини на ранніх стадіях проростання [18]. При цьому активність лектинів у меристематичних тканинах зростає. За результатами дослідів встановлено, що аглютинини пшениці виявляють активність у широкому діапазоні рН. На рисунку 1 представлено графічне зображення динаміки гемаглютинації у зернівках пшениці й рослинах на десяту добу після проростання насіння. Можна зробити висновок, що активність лектинів у зернівках стосовно проростків була переважно нижчою, за винятком сортів 'Вільшана', 'Кармелюк' і 'Сидір Ковпак', де

при рН 6,5–7,5 вона зростала й досягала найвищого значення – 8,7, 9,0 і 6,7 бала відповідно. У сортів 'Вільшана' та 'Кармелюк' були два піки в кислій і лужній зоні, що нехарактерно для інших сортів.

У зразках надземної маси десятидобових рослин спостерігалася висока активність у переважній більшості сортів. При цьому гемаглютинувальна здатність виявлялась за високих розведень – 1:125 і 1:256. Лише сорт 'Манжелія' характеризувався низькими значеннями активності – у лужній зоні до 3,5 бала, аглютинація спостерігалась за розведення 1:4. Також звертало на себе увагу те, що лектини, виділені з десятидобових рослин, мали виражений пік активності при рН 4,5 та зростання активності при рН 6,5–8,0, що відрізнялося від динаміки рН-активності лектинів зернівок. Можна зробити припущення, що вже на початкових етапах онтогенезу починається синтез аглютининів, які відрізняються за властивостями від АЗП.

Відомо, що у рослинах пшениці лектини беруть участь у сигнальній регуляції ростових процесів (диференціюванні тканин і клітин), у зв'язку з чим можуть зумовлювати морфологічні зміни рослин в онтогенезі [19]. Доказом цього є динаміка активності цих білків, причому вона залежить не тільки від їх локалізації і функціонального стану органів, а й змінюється на рівні сорту. У ході порівняльного аналізу активності лектинів пшениці досліджуваних сортів були отримані результати, представлені на рисунку 2. Після обстеження зразків надземної маси проростків усі протестовані сорти можна було поділити на три групи – з високою, середньою та низькою активністю лектинів. Зокрема, на третю добу високу активність лектинів мали сорти 'Кармелюк' і 'Говтва'. При цьому гемаглютинувальна здатність проявлялась за високих розведень – 1:256 у діапазоні рН 6,5–8,0. До групи з низькою активністю увійшов лише один сорт 'Манжелія', білки аглютинували за розведення 1:4 (рН 7,0–8,0). Всі інші 11 сортів займали проміжне місце, адже мали середні показники аглютинації (за розведення екстрактів 1:16–1:32) – від 2 до 4 СБА.

Аналіз лектинової активності зразків семи-добових проростків досліджуваних сортів свідчить, що до групи з низькою активністю не належить жоден сорт. Натомість, спостерігалася висока гемаглютинувальна здатність лектинів у сортів 'Вільшана', 'Кармелюк', 'Сагайдак', 'Сидір Ковпак', 'Оржиця', 'Соната'. Серед них найвищий показник мав сорт 'Сидір Ковпак' – його СБА становив 5,9. Хоч кінцеві розведення екстракту, що виявляли

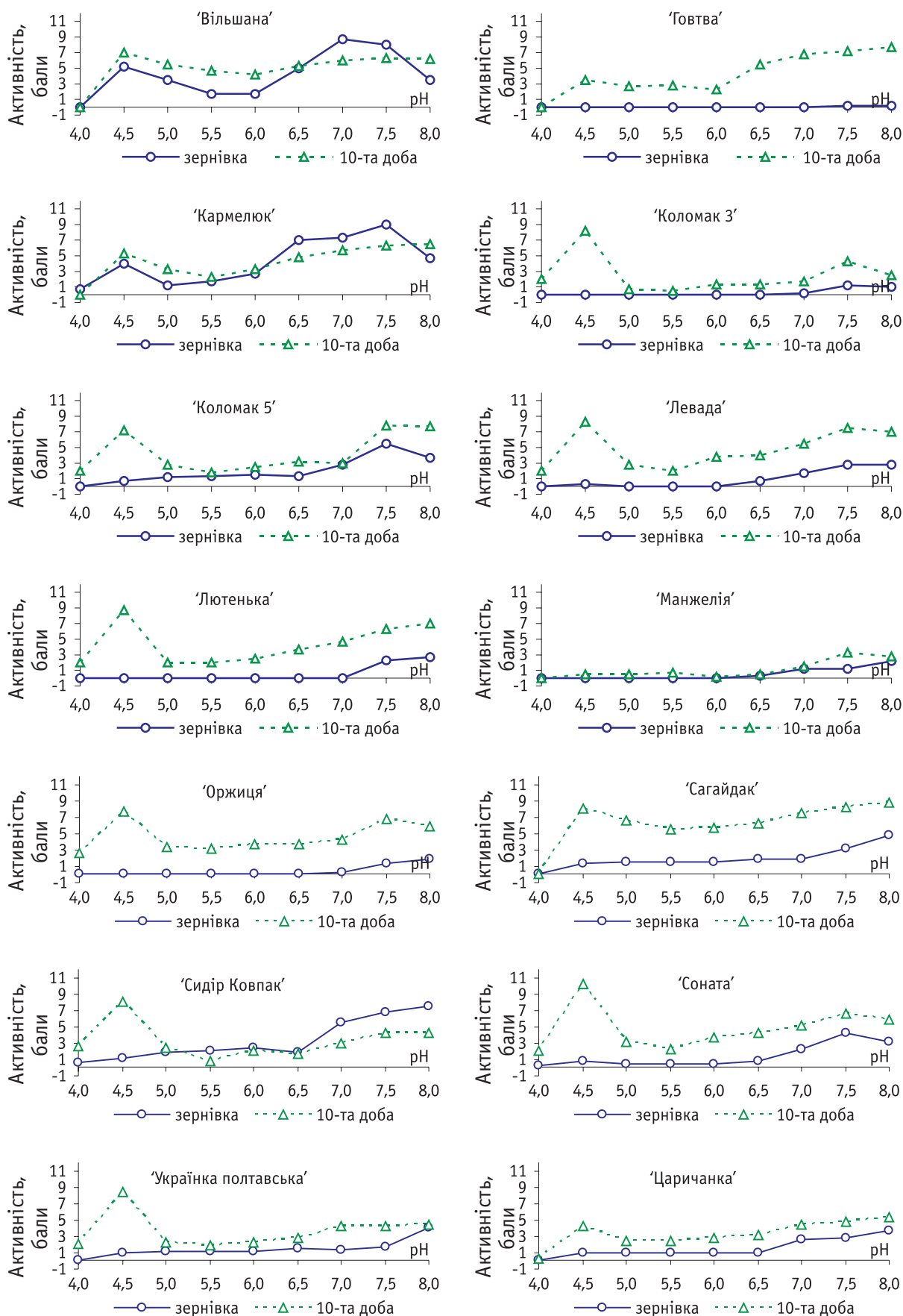


Рис. 1. Активність лектинів сортів пшениці м'якої озимої залежно від динамічного рН (середнє за 2010–2013 рр.)

тестований білок, варіювали в межах 1:16 і 1:32, активність проявлялася в усьому досліджуваному діапазоні рН. Решта сортів ('Говтва', 'Коломак 3', 'Коломак 5', 'Левада', 'Лютенька', 'Манжелія', 'Українка полтавська', 'Царичанка') склали групу із середніми показниками гемаглютинації.

У зразках десятидобових проростків до групи сортів з високою активністю лектинів було віднесено дев'ять сортів: 'Вільшана', 'Левада', 'Оржиця', 'Соната', 'Лютенька', 'Коломак 5', 'Кармелюк', 'Говтва', 'Сагайдак'. Максимальне значення СБА – 6,3 – було у сорту 'Сагайдак' за високого розведення 1:64 і 1:125 при рН 4,5–5,5 і 7,0–8,0. До групи з низькою активністю увійшов сорт 'Манжелія' із СБА 1,1. Решта сортів виявляли середні показники за розведення 1:8 і 1:16. Варто зазначити, що на дванадцятю добу онтогенезу в проростках встановлено загальну тенденцію зменшення СБА усіх сортів. При цьому до групи з високою активністю увійшов лише один сорт 'Лютенька', СБА якого становив 4,0. Кінцеві розведення екстрактів, за яких відбувалась аглютинація цього сорту, становили 1:16 і 1:128 у кислій (рН 4,5) і лужній (рН 8,0) зонах відповідно. Натомість, у проростках сортів 'Левада', 'Коломак 3', 'Коломак 5', 'Манжелія', 'Оржиця' спостерігались невисокі бали аглютинації. Зокрема, найменшим він був у сорту 'Левада' (значення СБА – 0,6). Всі інші сорти ('Вільшана', 'Говтва', 'Кармелюк', 'Сагайдак', 'Сидір Ковпак', 'Соната',

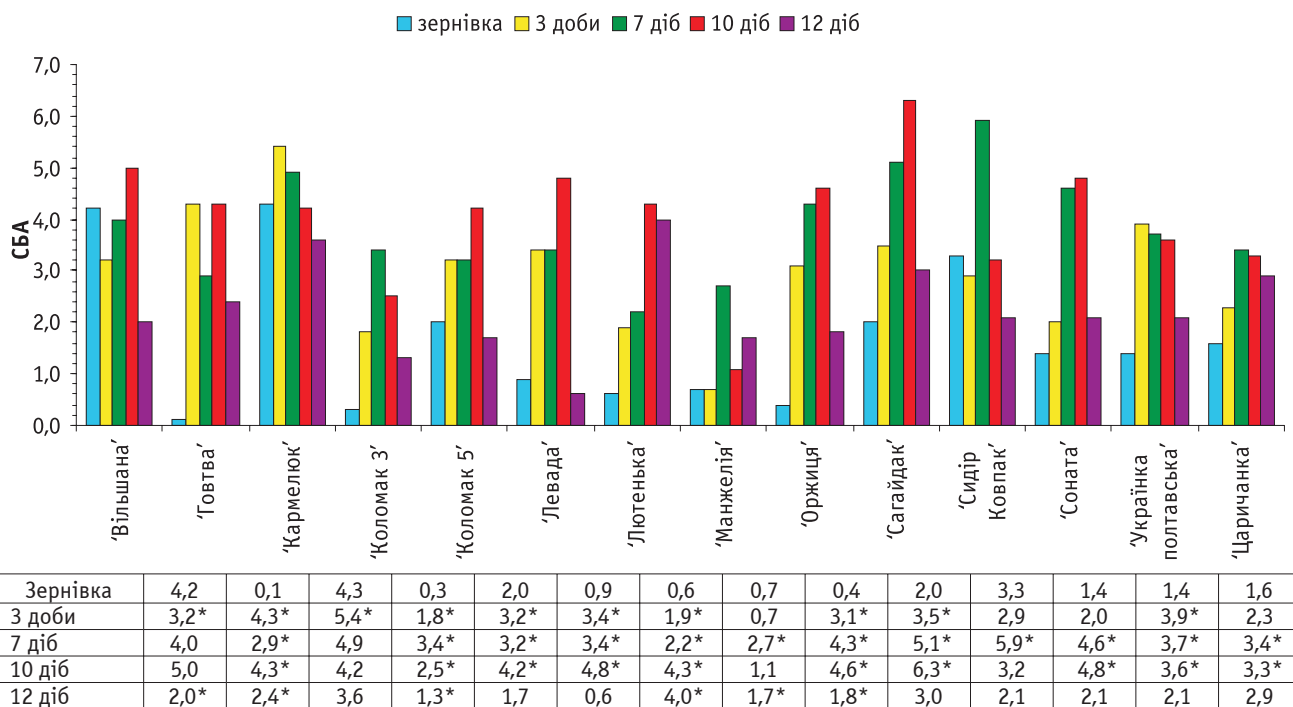
'Українка полтавська', 'Царичанка') склали групу з середньою активністю лектинів у межах СБА 2,0–4,0.

Отже, висока активність лектинів спостерігалася у зразках семи- й десятидобових проростків. Це свідчить про активне включення цих білків у фізіолого-біохімічні процеси під час утворення вузла куштиння пшениці, що відіграє важливу роль у формуванні адаптивних реакцій до дії стресу.

Після перевірки активності лектинів у зернівках досліджуваних сортів їх було розподілено на групи з низькою, середньою та високою активністю лектинів. Найвищі показники СБА продемонстрували сорти 'Вільшана', 'Кармелюк', 'Сидір Ковпак' з максимальними балами 4,2, 4,3, 3,3 відповідно. Низьку активність проявляли зразки 7 сортів, СБА яких не перевищував одиницю. У зразках решти сортів активність коливалася від 1 до 3 СБА. Сорт 'Манжелія' продемонстрував найнижчу активність і в проростках, і в зернівках. Сім'янки пшениці мають досить високу гемаглютинувальну активність на сортовому рівні, це дає змогу проводити скринінг і рекомендувати для профілактичного та фармацевтичного застосування сорти з високою активністю лектинів для створення продуктів підвищеної біологічної активності.

Висновки

Проведені дослідження дали можливість встановити, що аглютиніни, виділені із зер-



*Різниця порівняно з активністю лектинів у зернівках статистично є достовірною на рівні $t_{0,05}$.

Рис. 2. Активність лектинів сортів пшениці м'якої озимої (середнє за 2010–2013 рр.)

нівок і надземної частини пшениці м'якої озимої, мають властивість змінювати свою активність залежно від рН середовища. Встановлено наявність двох максимумів аглютинації лектинів у кислій та лужній зоні. Аналіз рН-активності лектинів 14 сортів пшениці селекції ПДАА дав змогу розподілити їх на три групи: з високою, середньою й низькою гемаглютинувальною здатністю білків. До першої групи віднесено сорти 'Вільшана', 'Кармелюк', 'Сагайдак', 'Сидір Ковпак'; до другої – 'Говтва', 'Коломак 3', 'Коломак 5', 'Левада', 'Соната', 'Оржиця', 'Українка полтавська', 'Царичанка', 'Лютенька', до сортів з низькою активністю лектинів – сорт 'Манжеля'. Сортова варіабельність за досліджуваною ознакою може бути використана в селекційних програмах як маркерна ознака.

Використана література

1. Антонюк В. О. Лектини та їх сировинні джерела / В. О. Антонюк. – Львів : ПП «Кварт», 2005. – С. 108–124.
2. Луцик М. Д. Лектины / М. Д. Луцик, Е. Н. Панасюк, А. Д. Луцик. – Львов : Вища школа, 1981. – 156 с.
3. Шакирова Ф. М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция / Ф. М. Шакирова. – Уфа : Гилем, 2001. – 160 с.
4. Van Damme E. J. M. Plant Lectins / E. J. M. Van Damme, L. Nausicaa, W. J. Peumans // *Advances in botanical research* / J. C. Kader, M. Delseny (eds). – San Diego : Elsevier LTD, 2008. – Vol. 48. – P. 107–209.
5. Марков Е. Ю. Лектины растений: предполагаемые функции / Е. Ю. Марков, Э. Е. Хавкин // *Физиология растений*. – 1983. – Т. 30, № 5. – С. 852–867.
6. Ямалева А. А. Лектины растений и их биологическая роль / А. А. Ямалева. – Уфа : Изд-во Башкирского ун-та, 2001. – 204 с.
7. Участие агглютинаина зародыша пшеницы в регуляции деления клеток апикальной меристемы корней проростков / М. В. Безрукова, А. Р. Кильдибекова, А. М. Авальбаев, Ф. М. Шакирова // *Цитология*. – 2004. – Т. 46, № 1. – С. 35–38.
8. Singh P. S. Wheat germ agglutinin (WGA) gene expression and ABA accumulation in the developing embryos of wheat (*Triticum aestivum*) in response to drought / P. S. Singh, P. Bhaglal, S. S. Bhullar // *Plant Growth Regulation*. – 2000. – Vol. 30. – P. 145–150. doi: 10.1023/A:1006317302405
9. Создание коллекции сортов пшеницы по признаку «содержание лектина в семенах» / М. А. Ханадеева, Н. И. Старичкова, Е. Ф. Соболева [и др.] // *Фундаментальные и прикладные аспекты биотехнологии: матер. Всерос. науч.-практ. конф. (г. Иркутск, 25–27 июня 2015 г.)*. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2015. – С. 334–340.
10. Кириченко Е. В. Влияние растительно-бактериальной композиции на продуктивность яровой пшеницы / Е. В. Кириченко, А. В. Жеймода, С. Я. Коць // *Агрохимия*. – 2005. – № 10. – С. 41–47.
11. Плоидность разных видов пшеницы и лектиновая активность белков их семян / Э. А. Рапава, Р. Г. Ахалкаци, Л. В. Кекенадзе [и др.] // *Сообщения Академии наук Грузинской ССР*. – 1988. – Т. 129, № 1. – С. 161–163.
12. Оценка перспективных сортов яровой пшеницы по содержанию лектина / Н. И. Старичкова, Е. В. Надкерничная, Л. И. Крапивина [и др.] // *Известия Саратовского ун-та. Серия : Химия, биология, экология*. – 2010. – Т. 10, Вып. 1. – С. 35–40.
13. Тищенко В. Н. Генетические основы адаптивной селекции озимой пшеницы в зоне Лесостепи / В. Н. Тищенко, Н. М. Чекалини. – Полтава : РВВ Полтавської держ. аграрної академії, 2005. – 271 с.
14. Чеботарьова Л. В. Методологічні аспекти виділення та визначення активності лектинів пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) / Л. В. Чеботарьова // *Вісник ЖНАЕУ*. – 2013. – Вип. 2, Т. 1. – С. 211–219.
15. Пospelov С. В. Углеводная специфичность лектинов и совершенствование методов ее определения / С. В. Пospelov, В. М. Самородов // *Наук. праці Полтавського СГІ : зб. наук. пр.* – Полтава : ПСГІ, 1995. – Т. 17. Продуктивність і якість сільськогосподарської продукції. – С. 184–188.
16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
17. Кириченко О. В. Вплив екзогенного специфічного лектину на лектинову активність у проростках та листках пшениці / О. В. Кириченко, О. М. Тищенко // *Укр. біохім. журнал*. – 2005. – Т. 77, № 4. – С. 133–137.
18. Комарова Э. Н. Активность лектиноподобных белков клеточных стенок и внешних мембран органелл и их связь с эндогенными лигандами в проростках озимой пшеницы при холодной адаптации / Э. Н. Комарова, Э. И. Выскребенцева, Т. И. Трунова // *Физиология растений*. – 2003. – Т. 50, № 4. – С. 511–516.
19. Quatrano R. S. Control of the synthesis and localization of wheat germ agglutinin during embryogenesis / R. S. Quatrano, R. Hopkins, N. V. Raikhel // *Chemical Taxonomy, molecular biology, and function of plant lectins* / I. J. Goldstein, M. E. Etzler (eds). – New York : Alan R. Liss, 1983. – P. 117–130.

References

1. Antoniuk, V. O. (2005). *Lektyny ta yikh syrovynni dzherela* [Lectins and their raw material sources]. Lviv: Kwart. [in Ukrainian]
2. Lutsik, M. D., Panasyuk, E. N., & Lutsik, A. D. (1981). *Lektyny* [Lectins]. Lvov: Vyshcha shkola. [in Russian]
3. Shakirova, F. M. (2001). *Nespetsificheskaya ustoychivost rasteniy k stressovym faktorom i ee regulyatsiya* [Nonspecific plant resistance to stress factors and its regulation]. Ufa: Gilem. [in Russian]
4. Van Damme, E. J. M., Nausicaa, L., & Peumans, W. J. (2008). Plant Lectins. In J. C. Kader, & M. Delseny (Eds.) *Advances in botanical research* (Vol. 48, pp. 107–209). San Diego: Elsevier Ltd.
5. Markov, E. Yu., & Khavkin, E. E. (1983). Plant lectins: expected functions. *Fiziologiya rasteniy* [Plant Physiology], 30(5), 852–867. [in Russian]
6. Yamaleeva, A. A. (2001). *Lektyny rasteniy i ikh biologicheskaya rol* [Plant lectins and their biological role]. Ufa: Izd-vo Bashkirkского universiteta. [in Russian]
7. Bezrukova, M. V., Kil'dibekova, A. R., Aval'baev, A. M. & Shakirova, F. M. (2004). Participation of wheat germ agglutinin in the regulation of cell fission of apical meristem of seedling roots. *Tsitologiya* [Cytology], 46(1), 35–38. [in Russian]
8. Singh, P. S., Bhaglal, P., & Bhullar, S. S. (2000). Wheat germ agglutinin (WGA) gene expression and ABA accumulation in the developing embryos of wheat (*Triticum aestivum*) in response to drought. *Plant Growth Regulation*, 30, 145–150. doi: 10.1023/A:1006317302405
9. Khanadeeva, M. A., Starichkova, N. I., Soboleva, E. F., Evseeva, N. V., & Antonyuk, L. P. (2015). Creation of a collection of wheat varieties based on the "lectin content in the seeds" trait. In *Fundamental'nye i prikladnye aspekty biotekhnologii: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Fundamental and practical aspects of biotechnology: materials of All-Russian scientific and practical conference] (pp. 334–340). June 25–27, 2015, Irkutsk, Russia. [in Russian]
10. Kirichenko, E. V., Zheymoda, A. V., & Kots, S. Ya. (2005). The influence of plant-bacterial composition on spring wheat productivity. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 10, 41–47. [in Russian]
11. Rapava, E. A., Akhalkatsi, R. G., Kekenadze, L. V., Balavadze, M. V., & Aleksidze, N. G. (1988). Ploidy of different wheat species and lectin activity of their seed protein. *Soobshcheniya Akademii nauk Gruzinskoy SSR* [Bulletin of the Academy of Sciences of the Georgian SSR], 129(1), 161–163. [in Russian]

12. Starichkova, N. I., Nadkernichnaya, E. V., Krapitvina, L. I., Bezverkhova, N. V., & Antonyuk, L. P. (2010). Appraisal of promising spring wheat varieties according to the lectin content. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Seriya: Khimiya, biologiya, ekologiya* [Izvestiya of Saratov University. Series: Chemistry. Biology. Ecology], 10(1), 35–40. [in Russian]
13. Tishchenko, V. N., & Chekalin, N. M. (2005). *Geneticheskie osnovy adaptivnoy selektsii ozimoy pshenitsy v zone Lesostepi* [Genetic Basis of Winter Wheat Adaptive Breeding in the Forest-Steppe Zone]. Poltava: RVV Poltavskoi derzhavnoi ahranoi akademii. [in Ukrainian]
14. Chebotarova, L. V. (2013). Methodological aspects of the extraction and activity determination of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) lectins. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekologichnoho universytetu* [Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University], 1(2), 211–219. [in Ukrainian]
15. Pospelov, S. V., & Samorodov, V. M. (1995). Carbohydrate specificity of lectins and improvements of methods for its defining. *Naukovi pratsi Poltavskoho silskohospodarskoho instytutu* [Scientific works of Poltava Agricultural Institute], 17, 184–188. [in Ukrainian]
16. 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)]. (5th ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
17. Kyrychenko, O. V., & Tyshchenko, O. M. (2005). Effect of exogenous specific lectin on lectin activity in wheat seedlings and leaves. *Ukrainskyi biokhimichnyi zhurnal* [The Ukrainian Biochemical Journal], 77(4), 133–137. [in Ukrainian]
18. Komarova, E. N., Vyskrebentseva, E. I., & Trunova, T. I. (2003). Activity of lectin-like proteins of the cell walls and the outer organelle membranes and their relationship to endogenous ligands in seedlings of winter wheat in case of cold adaptation. *Fiziologiya rasteniy* [Plant Physiology], 50(4), 511–516. [in Russian]
19. Quatrano, R. S., Hopkins, R., & Raikhel, N. V. (1983). Control of the synthesis and localization of wheat germ agglutinin during embryogenesis. In I. J. Goldstein, & M. E. Etzler (Eds.), *Chemical Taxonomy, molecular biology, and function of plant lectins* (pp. 117–130). New York: Alan R. Liss.

УДК 581.1

Чеботарева Л. В. Сортовые особенности активности лектинов пшеницы мягкой озимой (*Triticum aestivum* L.) на ранних этапах онтогенеза // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 76–81. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88689](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88689)

Полтавський краєведческий музей імені Василя Кричевського, ул. Конституції, 2, г. Полтава, 36000, Україна, e-mail: poltava_local_museum@ukr.net

Цель. Изучить динамику активности лектинов пшеницы мягкой озимой в зерновках на ранних этапах онтогенеза сортов селекции Полтавской государственной аграрной академии, а также исследовать сортовые различия в зависимости от динамической pH среды. **Методы.** Лабораторный, метод реакции гемагглютинации (РГА), аналитический, статистический. **Результаты.** Определено изменение активности лектинов в образцах пшеницы мягкой озимой 14 сортов в зерновках и на ранних этапах онтогенеза (на третьи, седьмые, десятые и двенадцатые сутки прорастания). Высокая активность лектинов наблюдалась в образцах семи- и десятисуточных проростков. Это свидетельствует об активном включении этих белков в физиолого-биохимические процессы при образовании узла кущения пшеницы, что может иметь значение для

формирования адаптивных реакций к действию стресса. Впервые установлены колебания активности лектинов пшеницы в диапазоне pH от 4,0 до 8,0 в зависимости от сорта. **Выводы.** По гемагглютинирующей способности лектинов пшеницы сорта были разделены на три группы: с высокой – 4 сорта; со средней – 9; с низкой – 1 сорт. Сортовая вариабельность по исследуемому признаку может быть использована в селекционных программах как маркерный признак. У большинства сортов наблюдались колебания гемагглютинации при разведениях от 1:2 до 1:256. Установлено наличие двух максимумов агглютинации лектинов в кислой и щелочной среде для проростков.

Ключевые слова: проростки пшеницы мягкой озимой, лектины, активность лектинов, гемагглютинация, сортовая вариабельность.

UDC 581.1

Chebotarova, L. V. (2016). Varietal features of lectin activity of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) at the early stages of ontogenesis. *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslin* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 76–81. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88689](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88689)

The Vasyl Krychewsky Poltava Local Lore Museum, 2 Konstytutsii Str., Poltava, 36000, Ukraine, e-mail: poltava_local_museum@ukr.net

Purpose. To study the dynamics of soft winter wheat lectin activity in caryopsis and at the early stages of ontogenesis of varieties developed by Poltava State Agrarian Academy as well as investigate varietal differences depending on dynamic pH medium. **Methods.** Laboratory analysis, method of hemagglutination reaction, analytical approach, statistical evaluation. **Results.** A change in lectin activity was determined in samples of 14 soft winter wheat varieties in caryopsis and at the early stages of ontogenesis (on the third, seventh, tenth and twelfth day of seedlings emergence). High lectin activity was observed in samples of seven and ten days seedlings. This could be evidence of active participation of proteins in physiological and biochemical processes at the time of emerging wheat tillering node that can be important in forming adap-

tive reactions to stress. Wheat lectin activity variation for pH ranging between 4,0 and 8,0 that depended on a variety was defined for the first time. **Conclusions.** According to hemagglutination ability of wheat lectins, all varieties were divided into three groups: of high ability – 4 varieties, middle – 9 varieties, low – 1 variety. Varietal variability for the investigated trait can be used in breeding programs as marker trait. In most varieties variation of hemagglutination was observed at dilutions ranging between 1:2 and 1:256. Availability of two lectin agglutination peaks in acidic and alkaline media for seedlings was fixed.

Keywords: soft winter wheat seedlings, lectins, lectin activity, hemagglutination, varietal variability.

Надійшла 8.09.2016

Нові сорти пшениці ярої 'Панянка' та 'Діана'

О. А. Демидов, С. О. Хоменко, І. В. Федоренко, М. В. Федоренко, Р. М. Близнюк

Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., 08853, Україна, e-mail: mwheats@mail.ru

Мета. Створити нові конкурентоспроможні сорти пшениці ярої. **Методи.** Польовий, лабораторний. **Результати.** За результатами конкурсного сортопробування виділено лінію пшениці м'якої ярої 'Лютесценс 07-26', що характеризується високими показниками таких ознак, як стійкість проти грибних хвороб, якість зерна (вміст білка 15,0%), маса 1000 зерен (44,6 г), продуктивність (3,92 т/га), стійкість до вилягання (9 балів). У 2011 р. її було передано на Державне сортопробування (ДСВ) як сорт 'Панянка'. Лінія пшениці твердої ярої 'Леукурум 08-11' мала ряд позитивних ознак: досить високу продуктивність (3,05 т/га), низькорослість (79 см), стійкість проти грибних хвороб та вилягання (9 балів) і була передана у 2011 р. на Державне сортопробування під назвою 'Діана'. За результатами ДСВ (2012–2014 рр.), у 2015 р. сорти пшениці ярої 'Панянка' та 'Діана' внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. **Висновки.** Для господарств лісостепової та польської зон України створено сорти пшениці м'якої та твердої ярої селекції Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України, що проявляють досить високий потенціал продуктивності та адаптивності до стресових умов. Це свідчить про те, що вирощування вітчизняних сортів пшениці ярої сприятиме формуванню високих і якісних урожаїв зерна.

Ключові слова: пшениця яра, сорт, продуктивність.

Вступ

Дослідження з селекції основних зернових культур в Україні та результати практичного впровадження свідчать про значний біологічний потенціал сортів вітчизняної селекції. Тому очевидною є роль наукового підходу до розв'язання проблем підвищення рівня виробництва продукції рослинництва, зокрема пшениці ярої.

За розрахунками вчених НААН України, посівна площа пшениці ярої в країні має становити близько 1 млн га, в т. ч. м'якої – 650 тис. га, твердої – 350 тис. га. Якщо пшениці м'якій ярій відводиться роль страхової хлібної культури (на випадок загибелі озимої від несприятливих умов перезимівлі), то

тверду яру завжди недооцінювали, хоч вона є якісною сировиною для макаронних виробів і круп високої харчової цінності [1]. Вітчизняні сорти пшениці ярої є більш адаптованими до місцевих умов, ніж сорти зарубіжної селекції, які лише в оптимальні за гідротермічними умовами роки наближаються за рівнем продуктивності до національного стандарту, а в посушливіших умовах є неконкурентоспроможними [2].

Основною функцією селекції є створення нових сортів і гібридів сільськогосподарських рослин для збільшення виробництва та поліпшення якості вирощеної продукції [3]. На сучасному етапі основними напрямками в селекції пшениці є підвищення врожайності та якості продукції, стійкості до хвороб, шкідників і несприятливих умов зовнішнього середовища (посухостійкість, стійкість до вилягання тощо), створення сортів, придатних для вирощування за інтенсивними технологіями з повною механізацією всіх процесів [4, 5]. Сорти пшениці української селекції є цілком конкурентоспроможними на світовому ринку і за багатьма параметрами господарсько-цінних ознак переважають зарубіжні аналоги [6]. Зокрема, нині у Державному реєстрі сортів

Oleksandr Demydov
<https://orcid.org/0000-0002-5715-2908>
Svitlana Khomenko
<https://orcid.org/0000-0002-6047-7711>
Fedorenko Iryna
<http://orcid.org/0000-0001-5471-6475>
Fedorenko Maryna
<https://orcid.org/0000-0002-3021-3643>
Blyzniuk Ruslan
<https://orcid.org/0000-0002-8645-2539>

рослин, придатних для поширення в Україні, налічують 40 сортів пшениці м'якої ярої, з них 18 – української селекції та 11 – пшениці твердої ярої [7]. Потенціал продуктивності сучасних вітчизняних сортів пшениці ярої становить 5–8 т/га, проте реалізується він у виробничих умовах лише на 35–40%, переважно через недотримання технології вирощування або через використання сортів, які не підходять для конкретної зони [8].

Отже, сорт є одним з основних чинників стабільного виробництва зерна пшениці. Для вирощування пшениці ярої необхідно використовувати сорти, у яких потенціал продуктивності та адаптивності до стресових умов за несприятливих гідротермічних умов вегетації є досить високим.

Мета досліджень – створити нові конкурентоспроможні сорти пшениці ярої.

Матеріали та методика досліджень

Сорт пшениці ярої досліджували протягом 2008–2011 рр. у лабораторії селекції ярої пшениці Миронівського інституту пшениці (МІП) імені В. М. Ремесла НААН України. Сівбу проводили в оптимальні строки на дослідних полях селекційної сівозміни сівалкою СН-10 Ц, повторність – чотириразова. Площа посівної ділянки – 10 м². За стандарт пшениці м'якої ярої використовували сорт 'Елегія миронівська', твердої ярої – 'Харківська 27'. Фенологічні спостереження здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик [9, 10].

Результати досліджень

У період проведення досліджень погодні умови відрізнялися від середніх багаторічних показників за температурним режимом, кількістю атмосферних опадів та їхнім розподілом в окремі місяці, що сприяло всебічній оцінці ліній конкурсного сортовипробування.

Основним методом селекції в МІП є внутрішньовидова гібридизація за еколого-географічним і генетичним походженням сортів пшениці ярої з подальшим спрямованим добором елітних рослин. За результатами конкурсного сортовипробування (2008–2011 рр.) виділено лінію пшениці м'якої ярої 'Лютесценс 07-26', отриману від схрещування у 2000 році 'Quattro'/'Рання 93' (комбінація № 00363). Приріст урожайності до стандарту в середньому становив 0,84 т/га (табл. 1).

За роки вивчення у лінії 'Лютесценс 07-26' показники стійкості проти грибних хвороб, якості зерна та маси 1000 зерен, стійкості до вилягання були високими. У 2011 р. вона була передана на Державне сортовипробування (ДСВ) як сорт 'Панянка'. За результатами ДСВ (2012–2014 рр.) сорт 'Панянка' у 2015 р. внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Сорт є високоврожайним, інтенсивного типу, його рекомендовано для вирощування в Лісостепу, Поліссі та Степу.

Лінія пшениці твердої ярої 'Леукурум 08-11' перевищувала стандарт на 0,37 т/га в середньому за три роки вивчення (2009–2011 рр.)

Таблиця 1

Характеристика сорту пшениці м'якої ярої 'Панянка' ('Лютесценс 07-26') у конкурсному сортовипробуванні (МІП, середнє за 2008–2011 рр.)

| Показник | Одиниця виміру | 'Елегія миронівська' – національний стандарт | 'Панянка' ('Лютесценс 07-26') | Відхилення від стандарту 'Елегія миронівська', ± |
|--------------------------------|----------------|--|-------------------------------|--|
| Урожайність | т/га | 3,08 | 3,92 | + 0,84 |
| Висота рослин | см | 81,9 | 81,8 | - 0,1 |
| Стійкість проти вилягання | бал | 9 | 9 | – |
| Ураження на природному фоні: | | | | |
| борошнистою росю | % | 5 | 1 | - 4 |
| бурою листовою іржею | % | 0 | 0 | – |
| септоріозом листя | % | 10 | 5 | - 5 |
| Ураження на інфекційному фоні: | | | | |
| борошнистою росю | % | 15 | 7 | - 8 |
| бурою листовою іржею | % | 7 | 4 | - 3 |
| септоріозом листя | % | 10 | 7 | - 3 |
| кореневими гнилями | % | 3 | 1 | - 2 |
| твердою сажкою | % | 15 | 7 | - 8 |
| фузаріозом колоса | % | 25 | 15 | - 10 |
| Період сходи–колосіння | діб | 75 | 75 | – |
| Маса 1000 зерен | г | 44,5 | 44,6 | + 0,1 |
| Вміст білка в зерні | % | 15,9 | 15,0 | - 0,9 |
| Вміст сирої клейковини | % | 30 | 39 | + 9 |
| Седиментація | мл | 52 | 54 | + 2 |

Характеристика сорту пшениці твердої ярої 'Діана' ('Леукурум 08-11') у конкурсному сортовипробуванні (МІП, середнє за 2009–2011 рр.)

| Показник | Одиниця виміру | 'Харківська 27' – національний стандарт | 'Діана' ('Леукурум 08-11') | Відхилення від стандарту 'Харківська 27', ± |
|--------------------------------|----------------|---|----------------------------|---|
| Урожайність | т/га | 2,68 | 3,05 | + 0,37 |
| Висота рослин | см | 85 | 79 | - 6 |
| Стійкість проти вилягання | бал | 9 | 9 | – |
| Ураження на природному фоні: | | | | |
| борошнистою росю | % | 10 | 3 | - 7 |
| бурою листовою іржею | % | 3 | 0 | - 3 |
| септоріозом листя | % | 5 | 5 | – |
| Ураження на інфекційному фоні: | | | | |
| борошнистою росю | % | 5 | 0 | - 5 |
| бурою листовою іржею | % | 7 | 1 | - 6 |
| септоріозом листя | % | 10 | 7 | - 3 |
| кореневими гнилями | % | 5 | 5 | – |
| твердою сажкою | % | 0 | 0 | – |
| фузаріозом колоса | % | 10 | 3 | - 7 |
| Період сходи–колосіння | дїб | 71 | 75 | + 4 |
| Маса 1000 зерен | г | 45,2 | 43,5 | - 1,7 |

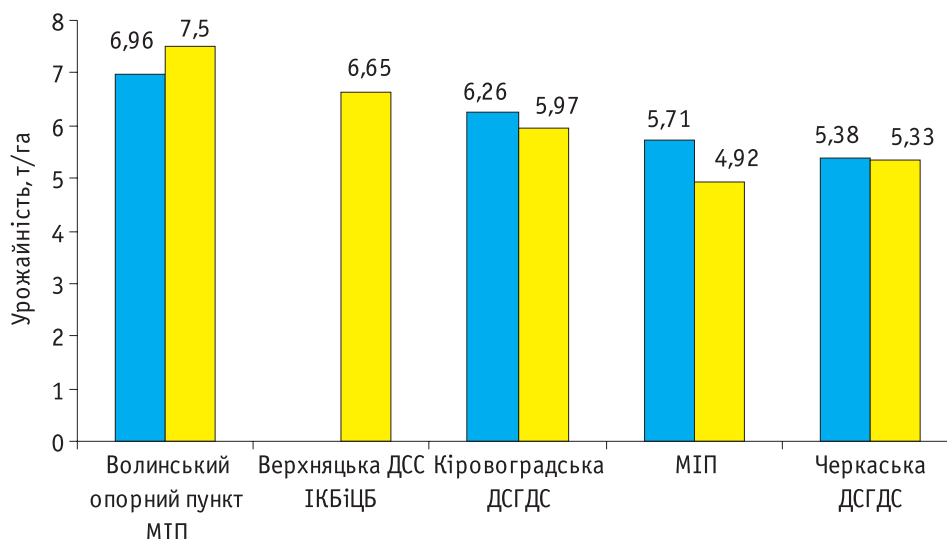


Рис. Урожайність сортів пшениці ярої 'Панянка' та 'Діана' на демонстраційних полігонах України (2015 р.)

у конкурсному сортовипробуванні, характеризувалася рядом позитивних ознак і була передана у 2011 р. на Державне сортовипробування під назвою 'Діана' (табл. 2).

Лінію отримано від міжвидового озимоярого схрещування у 1999 р. 'Миронівська 808' (PPD1)/'Кієвлянка' (комбінація № 9991) у групі мутагенезу лабораторії селекції інтенсивних сортів озимої пшениці. За результатами ДСВ (2012–2014 рр.), сорт 'Діана' з 2015 р. внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Рекомендовано для вирощування в Лісостепу та Поліссі. Сорт напівінтенсивного типу.

У 2015 р. сорти миронівської селекції були представлені на різних демонстраційних полігонах України (див. рисунок).

Висновки

Для господарств лісостепової, поліської зон України створено сорт пшениці м'якої ярої 'Панянка' та твердої ярої 'Діана' селекції МІП, що відповідають сучасним загальним вимогам: є досить стійкими проти вилягання, осипання та проростання зерна в колосі, мають вище середньої стійкість проти основних грибних хвороб (борошнистої роси, бурої листової іржі, септоріозу листя, корневих гнилей, твердої сажки та фузаріозу колоса), за несприятливих гідротермічних умов вегетації проявляють досить високий потенціал продуктивності та адаптивності до стресових умов. Таким чином, вирощування вітчизняних сортів пшениці ярої

сприятиме формуванню високих та якісних урожаїв зерна.

Використана літератури

1. Рослинництво з основами кормовиробництва / С. М. Каленська, М. Я. Дмитришак, Г. І. Демидась [та ін.]. – Вінниця : Нілан, 2014. – 649 с.
2. Методические рекомендации по определению потенциальной и реальной продуктивности пшеницы / Ф. М. Куперман, В. В. Мурашѐв, И. П. Щербина [и др.]. – М. : Изд-во ВАСХНИЛ, 1980. – 40 с.
3. Медведовський О. К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві / О. К. Медведовський, П. І. Іваненко. – К. : Урожай, 1988. – 208 с.
4. Лихочвор В. В. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур / В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко. – Львів : Українські технології, 2006. – 730 с.
5. Лихочвор В. В. Зерновиробництво / В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, П. В. Івашук. – Львів : Українські технології, 2006. – 730 с.
6. Жемела Г. М. Якість зерна озимої пшениці / Г. П. Жемела. – К. : Урожай, 2003. – 183 с.
7. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2016 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://vet.gov.ua/sites/default/files/reestr%2014.04.2016.pdf>
8. Николаев Е. В. Резервы увеличения производства зерна сильной и ценной пшеницы / Е. В. Николаев. – К. : Урожай, 1991. – 232 с.
9. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур. Вип. 1. Загальна частина / ред. В. В. Волкодав ; Держ. коміс. України по випробуванню та охороні сортів рослин. – К. : [б. в.], 2000. – 100 с.
10. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ / Л. Т. Бабаянц, А. Мештерхази, Ф. Вехтер [и др.]. – Прага : [б. и.], 1988. – 322 с.

References

1. Kalenska, S. M., Dmytryshak, M. Ya., Demydas, H. I., Mokriienko, V. A., Yunnyk, R. V., & Kovalenko, R. V. (2014). *Roslynnystvo z*

2. Kuperman, F. M., Murashev, V. V., Shcherbina, I. P., Ananyeva, L. V., Yaroshevskaya, A. S., & Bykova, M. S. (1980). *Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu potentsialnoy i realnoy produktivnosti pshenitsy* [Guidelines for evaluation of the potential and real productivity of wheat]. Moscow: VASKhNIL. [in Russian]
3. Medvedovskiy, O. K., & Ivanenko, P. I. (1988). *Enerhetychnyi analiz intensyvnykh tekhnolohii v silskohospodarskomu vyrobnytstvi* [Energy analysis of intensive technologies in agriculture]. Kyiv: Urozhai. [in Ukrainian]
4. Lykhochvor, V. V., & Petrychenko, V. F. (2006). *Roslynnystvo. Suchasni intensyvni tekhnolohii vyroshchuvannya osnovnykh polovykh kultur* [Plant growing. Modern intensive technologies of cultivation of staple crops]. Lviv: Ukrainski tekhnolohii. [in Ukrainian]
5. Lykhochvor, V. V., Petrychenko, V. F., & Ivashchuk, P. V. (2006). *Zernovyrobnytstvo* [Grain production]. Lviv: Ukrainski tekhnolohii. [in Ukrainian]
6. Zhemela, G. M. (2003). *Yakist zerna ozymoi pshenytsi* [Quality of winter wheat grain]. Kyiv: Urozhai. [in Ukrainian]
7. *Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini v 2016 rotsi* [State Register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2016]. (2016). Retrieved from <http://vet.gov.ua/sites/default/files/reestr%2014.04.2016.pdf> [in Ukrainian]
8. Nikolaev, E. V. (1991). *Rezervy uvelicheniya proizvodstva zerna silnoy i tsennoy pshenitsy* [Reserves to increase the production of strong and valuable wheat grain]. Kiev: Urozhai. [in Russian]
9. Volkodav, V. V. (Ed.). (2000). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannya silskohospodarskykh kultur. Vypusk 1. Zahalna chastyna* [Methods of State variety testing of agricultural crops. Issue 1. General part]. Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
10. Babiants, L., Mesterhazy, A., Wachter, V., Neklesa, N., Dubinina, L., Omelchenko, L., ... & Bartosh, P. (1988). *Metody selektsii i otsenki ustoychivosti pshenitsy i yachmenya k boleznyam v stranakh-chlenakh SEV* [Methods of Breeding and Evaluating Wheat and Barley for Resistance to Disease in COMECON countries]. Prague: N.p. [in Russian]

УДК 633.11:631.526.32

Демидов А. А., Хоменко С. О., Федоренко И. В., Федоренко М. В., Блызнюк Р. Н. Новые сорта пшеницы яровой 'Панянка' и 'Диана' // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 82–86. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88690](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88690)

Мироновский институт пшеницы им. В. М. Ремесло НААН Украины, с. Центральное, Мироновский р-н, Киевская обл., 08853, Украина, e-mail: mwheats@mail.ru

Цель. Создать новые конкурентоспособные сорта пшеницы яровой. **Методы.** Полевой, лабораторный. **Результаты.** По результатам конкурсного сортоиспытания выделена линия пшеницы мягкой яровой 'Лютесценс 07-2б', которая характеризовалась высокими показателями таких признаков, как устойчивость против грибных болезней, качество зерна (содержание белка 15,0%), масса 1000 зерен (44,6 г), продуктивность (3,92 т/га), устойчивость к полеганию (9 баллов). В 2011 г. она была передана на Государственное сортоиспытание (ГСИ) как сорт 'Панянка'. Линия пшеницы твердой яровой 'Леукурум 08-11' имела ряд положительных признаков: достаточно высокую продуктивность (3,05 т/га), низкорослость (79 см), устойчивость против грибных болезней и полегания (9 баллов) и была передана в 2011 г. на Государственное

сортоиспытание под названием 'Диана'. По результатам ГСИ (2012–2014 гг.), в 2015 г. сорта пшеницы яровой 'Панянка' и 'Диана' внесены в Государственный реестр сортов растений, пригодных для распространения в Украине. **Выводы.** Для хозяйств лесостепной и полеской зон Украины созданы сорта пшеницы мягкой и твердой яровой селекции Мироновского института пшеницы имени В. М. Ремесло НААН Украины, которые проявляют достаточно высокий потенциал продуктивности и адаптивности к стрессовым условиям. Это свидетельствует о том, что выращивание отечественных сортов пшеницы яровой будет способствовать формированию высоких и качественных урожаев зерна.

Ключевые слова: пшеница яровая, сорт, продуктивность.

UDC 633.11:631.526.32

Demydov, O. A., Khomenko, S. O., Fedorenko, I. V., Fedorenko, M. V., & Blyzniuk, R. M. (2016). New spring wheat varieties 'Panianka' and 'Diana'. *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslin* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 82–86. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88690](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88690)

The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS of Ukraine, Tsentralne village, Myronivka district, Kyiv region, 08853, Ukraine, e-mail: mwheats@mail.ru

Purpose. To create new competitive spring wheat varieties. **Methods.** Field study, laboratory test. **Results.** Based on the competitive variety trial, bread spring wheat line 'Lutescens 07-26' has been selected due to high values of such traits as resistance to fungal diseases, grain quality (protein content accounted for 15.0%), 1000 kernel weight (44.6 g) productivity (3.92 t/ha) and lodging resistance (9 points). In 2011, it was submitted to the State variety testing as 'Panianka' variety. Durum spring wheat line 'Leukurum 08-11' was characterized by a number of positive traits: quite a high productivity (3.05 t/ha), short stem (79 cm), resistance to fungal diseases and lodging (9 points), and in 2011 it was submitted to the State vari-

ety testing as 'Diana' variety. According to the results of the State variety testing in 2012–2014, spring wheat varieties 'Panianka' and 'Diana' in 2015 were put on the State Register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine. **Conclusions.** For farms in Forest-Steppe and Polissia zones of Ukraine, bread and durum spring wheat varieties were bred by V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS of Ukraine that demonstrated rather high potential of productivity and adaptability to stress conditions. This goes to prove that cultivation of domestic spring wheat varieties will promote formation of high and quality grain yields.

Keywords: *spring wheat, variety, productivity.*

Надійшла 8.08.2016

Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень (присвячено 100-річчю заснування Дослідної станції лікарських рослин)

Дем'янюк О. С.¹, Глущенко Л. А.²

¹Інститут агроєкології і природокористування НААН, вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна, e-mail: demolena@ukr.net

²Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроєкології і природокористування НААН, с. Березоточа, Лубенський р-н, Полтавська обл., 35537, Україна, e-mail: l526@ukr.net

Здійснено історичний огляд становлення й розвитку наукових досліджень Дослідної станції лікарських рослин за період 1916–2016 рр. Висвітлено основні етапи формування дослідної справи за напрямом «лікарське рослинництво» в Україні. Розкрито роль і значення Дослідної станції лікарських рослин у науково-методичному забезпеченні таких наукових напрямів, як селекція, насінництво, технології вирощування, фармакогнозія в лікарському рослинництві. Для потреб галузі в установі вивчено понад 100 видів інтродукованих лікарських рослин та розроблено технології їх вирощування, створено більше ніж 50 сортів лікарських культур, сконструйовано машини й пристосування для вирощування, збирання та первинної обробки сировини й насіння найважливіших лікарських культур. Наведено інші наукові досягнення установи та окреслено перспективні напрями досліджень лікарських рослин в Україні.

Ключові слова: лікарські рослини, досягнення, технології вирощування, сорти, Дослідна станція лікарських рослин, етапи розвитку, перспективи.

Одній з найстаріших спеціалізованих наукових установ України – Дослідній станції лікарських рослин Інституту агроєкології і природокористування (ДСЛР ІАП) НААН України виповнилося 100 років. Створення й діяльність установи тісно пов'язані з розвитком знань про лікарські рослини, з багатьма політичними та економічними подіями у житті країни.

Використання, збирання й вирощування лікарських рослин на Посуллі були невід'ємною частиною традиційних знань і умінь місцевого населення. Перші промислові заготівлі й культивування лікарських рослин в Україні датують початком XVIII ст. – після указів Петра I про припинення незаконної торгівлі лікарськими засобами, про знищення так званих «трав'яних» лавок та відкриття казенних «запасних аптек» у Глухові (1706 р.) та Лубнах (1709 р.). При них з часом організовують аптекарські сади. Зростання площ ріллі та скорочення запасів дикорослих лікарських рослин потребувало розширення асортименту й площ, зайнятих культивованими лікарськими рослинами, що, в свою чергу, спонукало до проведення всебічних наукових досліджень.

Зокрема, в 1886 р. заклав дослідні з вивчення можливостей вирощування англійської м'яти 'Мітчам' професор Харківського університету Анастасій Єгорович Зайкевич на спеціальному дослідному полі в с. Снітин Лубенського повіту на Полтавщині.

З початком першої світової війни і закриттям російського кордону постачання ліків іноземного виробництва припинилося, що спричинило гостру їх нестачу, особливо на фронті.

З цього приводу в березні 1915 р. при Департаменті землеробства відбулася позавідомча нарада «Об улучшении производства в России лекарственных растений», основною метою якої була оцінка стану заготівель, вирощування, переробки та збуту сировини лікарських рослин. Саме на цій історичній нараді професор агрономії Харківського університету Зайкевич А. Є. обґрунтував необхідність започаткування дослідного вивчення лікарських рослин на Лубенщині. Лубенське товариство сільського господарства проводило значну роботу з організації збуту лікарської сировини й поліпшення культури лікарських рослин.

Отже, не випадковим є створення першої наукової установи з вивчення й культивування лікарських рослин на Лубенщині. Це питання порушив агроном і одночасно секретар Лубенського товариства сільського господарства Петро Іванович Гавсевич у своїй доповіді «До питання організації дослідного вивчення лікарських рослин у м. Лубни». До доповіді було подано обґрунтоване клопотання з короткою історією розвитку промислу лікарських рослин та результатами, досягнутими Товариством за попередній період. Подане клопотання було частково задоволене 26 листопада 1915 р., коли Міська Дума дала згоду на виділення 4,5 десятини землі під організацію Лубенської дослідної станції лікарських рослин.

Проект розсадника і план його роботи розробив П. І. Гавсевич, ймовірно, з участю А. Є. Зайкевича. Перша дослідна станція лікарських рослин була розміщена на околиці Лубен і почала працювати з 1916 р. Директором був призначений її ініціатор та організатор П. І. Гавсевич. Перші польові дослідження з 16 видами рослин було закладено в березні 1916 р., поглиблено вивчали три види – ромашку, валеріану та м'яту.

Через рік був складений і опублікований звіт про виконану роботу, який є офіційним свідченням започаткування системного наукового вивчення лікарських рослин та діяльності спеціалізованої наукової установи.

Про значущість розробок у цій галузі свідчить прийнятий у 1921 р. Радою народних комісарів декрет «О сборе и культуре лекарственных растений», яким було задекларовано перехід збирання й вирощування лікарських рослин на державні рейки. З цього часу збирали, вирощували й торгували лікарською рослинною сировиною виключно державні установи: «Высший совет народного хозяйства» (1921), «Центрсоюз» (1922), «Юготрав» (1922), з 1923 р. «Укрмедторг» відновив експортні поставки сировини з України. Найінтенсивніше зростали площі під м'ятою перцевою, в 1927 р. культура займала площу 4500 га, її сировину переробляли на 18 заводах.

Лубенська, а з 1925 р. – Українська станція лікарських і ефіроолійних рослин, очолювана Миколою Олександровичем Львовим, входила до складу Наркомзему України й зосередила науковий і виробничий потенціал на вивченні агротехніки, селекційних дослідженнях, виробництві насіння, садивного матеріалу та сировини 35 видів лікарських рослин. Пожвавлення міжнародної торгівлі потребувало нарощення темпів виробництва

сировини та забезпечення спеціалізованих господарств садивним матеріалом і насінням.

Для розширення дослідних площ у 1925 р. Дослідна станція лікарських рослин була переведена із Лубен до с. Березоточі Лубенського повіту, що сприяло як поглибленню досліджень, так і збільшенню обсягів виробництва продукції. Отримані результати переконливо свідчили про необхідність проведення науково-дослідної роботи з механізації процесів вирощування культур та захисту посівів від шкідників і хвороб.

Плідна праця науковців сприяла тому, що на початок 40-х років площі під сортовими посівами лікарських культур збільшились, зокрема м'ята перцева займала 12 тис. га, валеріана лікарська – 8, маруна цінерарієлиста – 10 тис. га, а під іншими культурами площі становили від десятків до сотень гектарів.

Розглядаючи пройдений установою шлях, можна стверджувати, що протягом усього періоду, починаючи з моменту заснування установи П. І. Гавсевичем, основними напрямками були дослідження з фітохімії, агротехніки, селекції й насінництва та створення на цій основі технологій та адаптованих до умов вирощування сортів лікарських культур. Саме тому особливістю Дослідної станції лікарських рослин, яка виділяла її поміж інших науково-дослідних закладів, був комплексний підхід, який давав можливість визначати перспективні напрями досліджень для забезпечення галузі лікарсько-рослинництва.

Загалом, 30-ті рр. ХХ ст. стали періодом формування колективу кваліфікованих і досвідчених науковців та фахівців. До наукового процесу долучилося багато молодих здібних учених, дослідження яких принесли установі світове визнання.

Найвидатнішими у довоєнний період були досягнення в агротехніці та агрохімії: розроблено рекомендації з вирощування 30 видів лікарських рослин, системи удобрення для валеріани лікарської (автор Морганський В. Е.) беладони (автори Мишалов М. І., Брагілевська А. І.), васильок камфорних (автори Хайкін І. А., Марехін В. І.), наперстянки пурпурової (автор Германов О. О.). Започатковані в 20-х рр. дослідження з ентомології (Рубан Г. І.) та фітопатології (Верговський В. І.) лікарських рослин покладено в основу розроблення заходів захисту 23 лікарських культур від шкідників і хвороб (автори Погода С. І., Наливайко А. Г., Товстолес Т. О., Губенко В. Г.). Розроблена й впроваджена у виробництво розсадосадильна ма-

шина ДПРС, що агрегатувалася з трактором ХТЗ 15/30, машина для висаджування коре-невищ м'яти, ромашкозбиральна машина УДР-1 та машина БУ-1,0 для збирання васильок камфорних були рекомендовані до серійного випуску в 1939 р. Вивчено особливості накопичення біологічно активних речовин такими видами, як ромашка лікарська, беладона, м'ята, васильки камфорні, інсектицидна ромашка та ін. Розроблено методи аналізування якості лікарської рослинної сировини на вміст ефірної олії, алкалоїдів, зокрема умови екстракції атропіну із сировини беладони (Кузнецов Н. В., Лібізов Н. І., Царьов М. В.). У створеному в 1916 р. колекційному ботанічному розсаднику вивчали біологічні та екологічні особливості лікарських видів, проводили інтродукційне дослідження, встановлювали хімічний склад рослин.

У селекції лікарських рослин започатковано сортовипробування й географічне випробування м'яти, у 1926 р. методом клонової селекції було створено сорт м'яти перцевої 'Клон 4' (автори Львов М. О., Яковлева С. В.), виведено високоврожайні гібриди ружі '№ 412' і '№ 413' (автор Яковлева С. В.), у 30-х рр. виділено цитральну '№ 2273' та тимольну '№ 2202' форми васильок камфорних (автор Ласький А. І.), методом синтетичної селекції створено сорт м'яти перцевої '№ 541' (автори Кучмай Г. М., Баньковський О. І., Лібізов М. І.), у 1934 р. уперше було проведено штучну міжвидову й внутрішньовидову гібридизацію в селекції м'яти, в 1936 р. передано у виробництво ліналоольний сорт м'яти '№ 117' (автори Львов М. О., Кучмай Г. М.), зібрано вихідний матеріал та розпочато селекційну роботу з маком снотворним.

Друга світова війна не оминула Полтавщину. Після звільнення почалася тяжка праця з відродження Дослідної станції лікарських рослин. У повоєнні роки була продовжена селекційна робота з маком снотворним, яка дала можливість вивести ряд цінних сортів, методом багаторазового індивідуального добору в 1948 р. створено сорт 'Новинка 198' (автор Чубарова Т. Я.), який до 1968 р. був єдиним районованим сортом зони макосіяння (Україна, Казахстан, Башкирія, Куйбишевська, Ульяновська й Воронежська області РФРСР) і продемонстрував високу екологічну пластичність в умовах високогір'я Болгарії та 10 років залишався європейським стандартом. Паралельно було проведено роботу з вивчення динаміки накопичення морфіну, глікозидів, ефірної олії, піретрину

(Громов В. П., Козловська Т. А.). Удосконалено ромашкозбиральну машину УДР-1 та виготовлено пристосування на кінській тязі для впровадження у виробництво. Розроблено й запропоновано коренемийні машини безперервної дії, кінські й тракторні культиватори, випробувано й запропоновано виробництву різноманітні типи сошників для лікарських культур. З 1947 р. розпочато роботи з хімічного скринінгу сировини лікарських рослин для пошуку джерел біологічно активних речовин, досліджено 2700 видів природної флори та інтродуцентів, виявлено 296 джерел алкалоїдів, 63 – серцевих глікозидів, 15 – хінонів, 38 – сапонінів, 31 – флавоноїдів. У 241 виду вперше виявлено наявність алкалоїдів (Погудіна Д. Т., Недюшева Е. С., Вітковський Д. Р.).

На початок 50-х років площі під лікарськими культурами було не лише відновлено, а й розширено. У подальшому розвитку лікарського рослинництва провідну роль відіграла Українська зональна дослідна станція Всесоюзного інституту лікарських і ефіроолійних рослин (нині Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроєкології і природокористування НААН України), яка забезпечувала господарства сортовим насінням і садивним матеріалом, організовувала теоретичну й практичну підготовку кадрів для спеціалізованих господарств. У 1946 р. дослідна станція започатковує публікування результатів досліджень таких культур, як наперстянка пурпурова, ревінь тангуцький, ромашка лікарська та беладона (31–34 випуски праць дослідної станції за редакції М. П. Перепічко), в 1947 р. видано колективний збірник «Лікарське рослинництво». В повоєнний період були розроблені профілактичні та агротехнічні прийоми захисту лікарських культур від шкідників, хвороб та бур'янів (Товстолес Т. О., Пітерська А. М., Парвова О. В., Мілянський С. С.), створено машину для пошарового внесення гранульованої органо-мінеральної суміші для удобрення лікарських рослин (Германов А. А.).

У 50–60-х рр. у колишньому Радянському Союзі частка України у збиранні культивованої рослинної сировини становила 40%. Станція на той час мала сучасні наукові й виробничі приміщення, використовувала найсучасніше лабораторне обладнання та машинно-тракторний парк, збрала велику науково-довідкову бібліотеку та гербарний фонд. Щорічно станцію відвідували численні закордонні делегації, студенти вищих навчальних закладів усіх союзних республік СРСР виборювали право проходити практи-

ку з фармакогнозії в Українській зональній дослідній станції лікарських рослин. Ґрунтовно вивчено хімічний склад біологічно активних сполук у 350 видів лікарських рослин для створення препаратів судинорозширювальної дії. Удосконалено методики аналізу на вміст морфіну, жиру, алкалоїдів, лупаніну, спартеїну, сапоніну та ефірної олії (Прогресов Н. Н., Чиріков Ю. Ф., Івашина А. П.). Введення в культуру в 50–60-х рр. 16 видів нових лікарських рослин зумовило розроблення технологій вирощування, в т. ч. системи захисту від шкідників, хвороб та бур'янів (Єлагіна А. К., Місько Л. О.). У 50-х рр. розпочато ресурсознавчі дослідження дикорослих лікарських рослин Карпат (1953–1966), Поділля (1956–1966), Полісся (1956–1966), Криму (1956–1957), Донбасу (1955–1957), Лівобережного Лісостепу (1953–1966). Виявлено, здійснено картування та оцінено запаси 45 видів фармацевтичної сировини, розроблено режими невиснажливої заготівлі для 10 видів (Івашин Д. С., Кондратенко Б. С.). Селекціонери створили високопродуктивні сорти основних лікарських культур, зокрема маку олійного, м'яти перцевої, валеріани лікарської, ромашки, наперстянки. Мак снотворний 'Новинка 198' став матеріалом для створення продуктивних сортів 'Лубенський-6' та 'Лубенський-7' (автори Тараніч О. П., Чубарова Т. Я.), які були отримані методом багаторазового індивідуального добору. Розроблено й впроваджено у виробництво технології вирощування 12 нових культур, які базувалися на комплексній механізації всіх процесів, якості й безпечності продукції. Проведено випробування сільськогосподарських машин для догляду, збирання та первинної обробки сировини лікарських рослин, розроблено й переобладнано серійну сільськогосподарську техніку для потреб лікарського рослинництва (Черних С. Д., Українець В. П., Сапа М. П., Пархоменко І. М.). Наукові розробки з селекції, насінництва, агротехніки, захисту рослин та механізації проходили апробацію на полях експериментальної бази та спеціалізованих господарств. Експериментальна база являла собою комплексне госпрозрахункове господарство, яке щорічно виробляло до 600 т лікарської сировини для фармацевтичних підприємств, насіння й садивний матеріал для спеціалізованих господарств СРСР та країн Соціалістичної співдружності.

У 70-х рр. в Українській зональній дослідній станції здійснено цикл досліджень з розроблення спеціальних сівозмін (Філіпов О. І., Коломієць М. І.) та систем удобрення м'яти

перцевої, пасльону частинкового, астрагалу шерстистоквіткового, цмину піскового, омани високого та інших лікарських культур (Бойченко Е. С., Евтушенко Л. О.). Розроблено, виготовлено й випробувано експериментальний зразок навісної ромашкозбиральної машини (Чашин М. І., Українець В. П., Тананін Ю. В.), валеріанозбирального комбайну (Пархоменко І. М., Перебейніс В. С. та ін.). Створено сорти маку снотворного 'Голубий ювілейний' з підвищеним вмістом морфіну (автори Тараніч О. П., Філіпов О. І., Чубарова Т. Я.), 'Лубенський 76' з високим вмістом наркотину (автори Тараніч О. П., Кондратенко Л. М.) та 'Северная звезда' з підвищеним вмістом морфіну й кодеїну (автори Тараніч О. П., Кондратенко Л. М., Іванова Р. М.).

У 70–80-х рр. установа набула загальнодержавного значення. Наприклад, у цей період, крім започаткованих раніше напрямів досліджень, розширено роботи зі створення та перегляду нормативно-технічної документації на лікарську рослинну сировину – розроблено 11 і переглянуто 10 нормативно-технічних документів, які використовували у фармвиробництві для виготовлення фітопрепаратів: корінь вовчугу, трава осоки парвської, кореневища з коренями валеріани свіжі, листя подорожника великого свіже та інші. Було встановлено терміни зберігання для 78 видів сировини методом прискореного старіння, розроблено 22 тимчасові фармакопейні статті на лікарську рослинну сировину та фітопрепарати, а також новий метод кількісного визначення мінорину в рослинах барвінку малого та ін. (Стіхін В. О., Горлачов В. О., Куцик П. Г., Перебейніс Л. І., Денисенко Л. І., Українець О. І.).

Після здобуття Україною незалежності Дослідна станція лікарських рослин увійшла до системи Української академії аграрних наук. У цей період змінився статус установи, за розпорядженням Кабінету Міністрів України на базі станції створено Інститут лікарських рослин, який стає головною установою в галузі лікарського рослинництва. Незважаючи на зміну назви і підпорядкувань установи, колектив продовжує пошукові дослідження з виявлення нових джерел біологічно активних сполук, розробляє лікувально-профілактичні засоби з лікарської сировини та нормативну документацію на неї, працює над створенням сортів та розробленням технологій лікарських рослин.

Нині Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроєкології і природокористування НААН, яка протягом 100 років була й

залишається єдиною в Україні, де комплексно досліджують лікарські рослини, є безперечним лідером за кількістю та значущістю наукових розробок у цій галузі. Її колектив наполегливо працює над створенням для незалежної України потужної сировинної бази лікарських рослин. Науковий потенціал дослідної станції – 20 науковців, серед яких 5 кандидатів наук, 6 аспірантів та 2 докторанти.

За їх участю та під безпосереднім керівництвом проводять комплексні наукові дослідження з ресурсознавства, інтродукції, селекції, насінництва, насіннезнавства, механізації, агрохімії, рослинництва та фітохімії. Новітні наукові розробки впроваджували у виробничих умовах на полях установи. Провідним напрямом досліджень залишається селекція.

Протягом століття вивчено 75 видів лікарських рослин (Львов М. О., Яковлева С. В., Кучмай Г. М., Ласький Г. М., Чубарова Т. Я., Ветчиніна М. П., Бойченко І. В., Тараніч О. П., Кондратенко Л. М., Горбань А. Т., Шелудько Л. П., Перепелова О. М., Перебейніс Л. І., Рак В. О., Куценко Н. М., Горбань Н. В., Марченко Н. І., Куценко Н. І., Колосович М. П., Куценко О. М., Деркач В. О. та ін.). Науковці-селекціонери вивели понад 50 сортів, які в різні роки були внесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні (далі – Державний реєстр сортів), 34 поліпшені популяції, отримано ряд перспективних зразків, які використовують науковці в селекційному процесі як у ДСЛР ІАП, так і в інших установах. Сорт м'яти 'Лідія' відзначено срібною медаллю на Міжнародній виставці садівництва «Експо-93» (м. Штутгарт, Німеччина). Нині понад 70% сортів лікарських і ефіроолійних культур, які внесено до Державного реєстру сортів станом на 2016 р., створили селекціонери дослідної станції.

Дослідна станція лікарських рослин є оригіном переважаючої більшості сортів лікарських рослин, розвиває насінництво сортів власної селекції й виробляє насіння та садивний матеріал лікарських культур. Сортний ресурс перспективних лікарських видів селекції ДСЛР ІАП представлений на полях Виставково-інноваційного центру НААН України. Нині селекціонери працюють з традиційними культурами, зокрема м'ятою перцевою, валеріаною лікарською, нагідками лікарськими та новими лікарськими видами – лопухом справжнім, розторопшею плямистою, шавлією мускатною, собачою кропивою п'ятилопатевою та ін. Щорічно в

рамках Державного сортопробування оцінюють новостворені сорти. Фахівці з насіннезнавства розробляють стандарти на насіння лікарських культур та вдосконалюють методи аналізу посівного і садивного матеріалу. Значний обсяг робіт проводять з насінництва 30 сортів, які належать до 29 видів лікарських культур. Схеми насінництва розробляють відповідно до сучасного рівня розвитку виробництва.

Не менш переконливими є й інші здобутки. Так, у напрямі технологій вирощування лікарських культур розроблено: рекомендації та технологічні карти з вирощування близько 100 видів лікарських культур, системи добрив для 50 культур, системи захисту від шкідників та хвороб для 60 культивованих лікарських видів (Германов А. А., Гризлов В. П., Верещако Ф. А., Івашенко А. Н., Перепічко М. П., Коломієць М. І., Богарада А. П., Кривуненко В. П., Бабій Ф. Ф., Губаньов О. Г., Ганькевич Н. М., Бойченко Е. С., Бойко В. С., Горошко В. В., Рубан І. І., Погода С. І. Наливайко А. Т., Товстолес О. Т., Губенко В. Г. та ін.). Наукові здобутки з механізації технологічних процесів вирощування лікарських культур полягають у розробленні вихідних вимог на 10 машин для лікарського рослинництва, конструкторської документації на 5 машин для збирання й первинної обробки сировини (Скрипник С. С., Пинчук П. Д., Дидук В. В., Пархоменко І. М., Брижин А. І., Українець В. П., Сухенко Р. Ф., Кодацький І. М., Сапа М. П., Бородин А. І., Перебейніс В. С., Кривуненко Л. В. та ін.). Сьогодні у планах – розроблення та вдосконалення прийомів вирощування лікарських культур, дослідження особливостей ґрунтового живлення та імунітету рослин в умовах краплинного зрошення, вдосконалення методів безпечного захисту рослин від бур'янів, шкідників і хвороб.

Досить результативним є й екологічний напрям досліджень, зокрема з невиснажливого використання природних ресурсів лікарських видів, ресурсознавства, інтродукції та генетичних ресурсів. Ботаніки-ресурсознавці одночасно з пошуком нових джерел біологічно активних сполук серед природних видів лікарських рослин визначають запаси та розробляють способи раціональної експлуатації дикорослих видів. Розроблено режими невиснажливої заготівлі для 17 дикорослих видів (Івашин Д. С., Пакалн Д. А., Кондратенко Б. С., Рябенко (Марченко) Н. І., Ванярха (Сивоглаз) Л. М., Раджапова (Порада) О. А., Глуценко Л. А. Здійснено інтродукційне вивчення понад 165 видів лікар-

ських рослин вітчизняної й зарубіжної флори та рекомендовано для вирощування у відкритому ґрунті 96 видів (Львов О. М., Івашин Д. С., Кондратенко Б. С., Порада О. А., Іванов В. Б., Шевченко Т. Л., Горбань Н. І., Гулега Л. М., Калініна М. А. та ін.). На території колекційного розсадника вивчають понад 300 видів лікарських рослин, у дендропарку – 100 видів. Колекції ботанічного розсадника установи та гербарій є складовими національного надбання України.

Традиційні для установи фітохімічні дослідження спрямовані на оцінку якості лікарської рослинної сировини, вдосконалення методів визначення біологічно активних речовин, розроблення нормативно-технічної документації на лікарську рослину сировину нових рослин, перегляд фармакопейних статей на сировину, оцінка якості сировини, яку отримують в дослідках з селекції, агротехніки, захисту рослин, пошук нових джерел біологічно активних сполук. За результатами досліджень розроблено 14 фармакопейних статей, нормативно-аналітичну документацію, технічні умови на сировину й препарати. Науковці фітохіміки та ресурсознавці зібрали відомості про застосування понад 550 рослин у народній медицині, узагальнення їх дало змогу рекомендувати понад 80 видів для фармакопейного вивчення

(Баньковський А. І., Кузнецов Н. В., Лібізов Н. І., Царьов М. В., Громов В. П., Козловська Т. А., Погудіна А. А., Недьошева Е. С., Куцик П. І., Закордонець А. І., Стіхін В. О., Горлачов В. О., Середа О. В., Куцик Г. В., Середа Л. О., Куцик Т. П., Філенко С. В., Бушуєва Г. І. та ін.).

Не менш важливим напрямом у діяльності установи є обслуговування дослідницького процесу, виробнича перевірка і впровадження наукових розробок. Щорічно установка вирощує близько 7 т лікарської сировини та 0,6 т елітного та репродукційного насіння понад 10 видів лікарських культур.

Подальший розвиток діяльності Дослідної станції лікарських рослин спрямований на поглиблення творчого співробітництва з усіма установами, які вивчають лікарські рослини як в Україні, так і за її межами. Співпраця з науковцями, виробничниками, практиками різних сфер діяльності, спрямована на збільшення обсягів виробництва лікарської сировини, кращого та ширшого її використання, була й залишається серед основних завдань установи. Науковці докладають максимальних зусиль для поліпшення виробництва «цілющої» сировини, створення нових фітопрепаратів, чаїв, зборів, БАД та інших лікарських засобів для зміцнення здоров'я населення нашої незалежної держави.

УДК 631.5:633.88

Дем'янюк Е. С.¹, Глущенко Л. А.² Лекарственные растения: традиции и перспективы исследований (посвящено 100-летию основания Опытной станции лекарственных растений) // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 87–93. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88691](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88691)

¹Інститут агроекології та природопользовання НААН, ул. Метрологическая, 12, г. Киев, 03143, Украина, e-mail: demolena@ukr.net

²Опытная станция лекарственных растений Институт агроекології та природопользовання НААН, с. Березоточа, Лубенский р-н, Полтавская обл., 35537, Украина, e-mail: l526@ukr.net

Проведен исторический обзор становления и развития научных исследований Опытной станции лекарственных растений за период 1916–2016 гг. Освещены основные этапы формирования опытного дела по направлению «лекарственное растениеводство» в Украине. Раскрыта роль и значение Опытной станции лекарственных растений в научно-методическом обеспечении таких научных направлений, как селекция, семеноводство, технологии выращивания, фармакогнозия в лекарственном растениеводстве. Для нужд отрасли в учреждении изучено более 100 видов интродуцированных лекарственных растений и

разработаны технологии их выращивания, создано более 50 сортов лекарственных культур, сконструированы машины и приспособления для выращивания, уборки и первичной обработки сырья и семян наиболее важных лекарственных культур. Приведены другие научные достижения учреждения и намечены перспективные направления исследований лекарственных растений в Украине.

Ключевые слова: лекарственные растения, достижения, технологии выращивания, сорта, Опытная станция лекарственных растений, этапы развития, перспективы.

UDC 631.5:633.88

Demianiuk, O. S.¹, & Hlushchenko, L. A.² (2016). Medicinal plants: traditions and study prospects (devoted to the 100th anniversary of establishing the Experimental Station of Medicinal Plants). *Sortovivčennâ ohor. prav sorti ros-lin* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 87–93. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88691](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88691)

¹*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, 12 Metrolohichna Str., Kyiv, 03143, Ukraine, e-mail: demolena@ukr.net*

²*Experimental Station of Medicinal Plants of the Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, 16-A Pokrovska Str., vill. Berezotocha, Lubny region, Poltava Oblast, 35537, Ukraine, e-mail: l526@ukr.net*

Historical review was done concerning the formation and development of scientific research of the Experimental Station of Medicinal Plants over the period 1916–2016. The main stages of experimenting in the direction of “medicinal plant cultivation” in Ukraine were covered. Role and importance of the Experimental Station of Medicinal Plants in the scientific and methodological support of such scientific directions as breeding, seed production, cultivation technologies, pharmacognosy in medicinal plant cultivation were shown. For the needs of the branch, over 100 species of introduced medicinal plants were studied at the Station and

agricultural techniques of their growing were developed, in addition, more than 50 varieties of medicinal plants were created, a number of machines and devices for growing, harvesting and initial treatment of raw materials and seeds of the most important medicinal plants was designed. Other scientific achievements of the Station were mentioned and promising areas of medicinal plant research in Ukraine were outlined.

Keywords: *medicinal plants, achievements, growing technologies, varieties, Experimental Station of Medicinal Plants, stages of development, prospects.*

Надійшла 29.06.2016

Академік М. М. Гришко – видатний український вчений-сортознавець

В. М. Самородов¹, О. М. Байрак^{2*}, Н. В. Чувікіна³, Д. Б. Рахметов³,
С. В. Клименко³, Л. І. Буюн³, Ю. В. Буйдін³

¹Полтавська державна аграрна академія, вул. Сквороди, 1/3, м. Полтава, 36003, Україна

²Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, вул. В. Липківського, 35а, м. Київ, 03035, Україна, *e-mail: elena-bayrak@mail.ru

³Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України, вул. Тімірязєвська, 1, м. Київ, 03004, Україна

Проаналізовано творчу та організаційну роль академіка М. М. Гришка у вивченні генофонду рослин України та створенні колекційних фондів Національного ботанічного саду НАН України, який з 1991 р. носить ім'я цього видатного українського вченого. Висвітлено дослідження з інтродукції, акліматизації та селекції рослин, починаючи з повоєнних років і до цього часу. Наведено відомості про підсумки інтродукції та селекції рослин станом на початок 50-х рр. ХХ ст. за даними М. М. Гришка та сучасні показники видового й сортового різноманіття культивованих рослин: декоративних, плодово-ягідних, субтропічних, сільськогосподарських (енергетичних, кормових, овочевих, пряноароматичних, ефіроолійних, технічних, сидеральних, медоносних).

Ключові слова: академік М. М. Гришко, Національний ботанічний сад НАН України, інтродукція, селекція, видове й сортове різноманіття рослин.

**«Це ж для людства – навіть ще не вчора!»
Максим Рильський**

Початок 2016 р. ознаменувався знаковою датою – 6 січня виповнилося 115 років від дня народження академіка М. М. Гришка. Закінчується 2016 р. теж вікопомною подією, пов'язаною з увічненням в Україні пам'яті про цю непересічну людина, – 25-річчям присвоєння його імені Національному ботанічному саду НАН України (рис. 1).

Відомо, що Микола Миколайович був дуже різноплановим ученим-біологом: ботаніком, генетиком, селекціонером, а також сортознавцем. Щодо останнього напрямку його досліджень, то в доступній авторам літературі він висвітлений поверхнево. З огляду на це, користуючись нагодою відзначення знаменних дат, пов'язаних з ім'ям ученого, автори вирішили проаналізувати саме цей аспект діяльності М. М. Гришка.

До вивчення сортів польових культур Микола Миколайович долучився зі студентської лави під керівництвом В. І. Сазанова, професора Полтавського агрокооперативного політехнікуму (нині Полтавська державна аграрна академія). В подальшому, працюючи в різних установах, він збирав сортови



Рис. 1. Академік М. М. Гришко (1901–1964)

колекції, які використовував як викладач та науковець. Спершу це були генетичні ресурси вівса, картоплі, пшениці м'якої та ріпаку ярого. Молодий фахівець вивчав біологічні особливості, виділивши найпродуктивніші їх культивари. Згодом він ретельно та цілеспрямовано почав збирати їхні кращі місцеві зразки та форми, особливо вівса [1, 2].

Зазначимо й те, що у своїй сортознавчій роботі М. М. Гришко приділяв велику увагу збагаченню культурної флори Північного Лісостепу України, сортовивченню таких культурних рослин цієї зони, як кольза (ріпак ярий) і південна форма конопель, пшениця місцевих сортів і форм для добору найкращих чистих ліній [3]. Вивчаючи інтродуковані та місцеві сорти, наполегливо впроваджуючи кращі з них на поля, Микола Миколайович, який поділяв ідеї М. І. Вавилова, водночас наголошував на необхідності збереження й залучення місцевого матеріалу до селекційного процесу [1]. Так, у праці «Матеріали до вивчення культурної флори Лісостепу України» (1930) вчений зазначав: «Культурна флора України є найважливішим селекційним фондом, проте його ще мало використовують наші селекційні установи. Більше того, ще й досі недостатньо вивчена наша

культурна рослинність, що склалася в процесі природного добору найвитриваліших генотипів протягом багатьох десятиріч, чому і являє собою дуже цінний вихідний матеріал для селекції» [3].

За ініціативою та безпосередньою участю М. М. Гришка в Майнівському сільськогосподарському технікумі в 1928 р. було закладено інтродукційний пункт Всесоюзного інституту прикладної ботаніки та нових культур (нині Всеросійський інститут рослинництва імені М. І. Вавилова). Тут вивчали місцевий сортовий матеріал, на його основі добирали кращі чисті лінії, які потім використовували в гібридизації [1].

Подальша діяльність Миколи Миколайовича була пов'язана з вивченням конопель у Всесоюзному науково-дослідному інституті конопель (нині Дослідна станція луб'яних культур Інституту сільського господарства північного сходу НААН) у Глухові. У цій царині він проявив себе як науковець світового виміру: сортознавець, селекціонер та генетик, неперевершений авторитет у дослідженні складного питання статі конопель [1, 2]. Його праці з цього питання були вагомим внеском не тільки в розроблення теоретичних основ селекції рослин, а й мали велике практичне значення для народного господарства. Перший виведений ним сорт з одночасним визріванням чоловічих і жіночих рослин 'ОСО-72', який за виходом волокна на 35–40% перевищував культивовані тоді сорти, давав можливість механізувати збирання конопель. Це була знакова та пріоритетна розробка, визнана державою, за що М. М. Гришка у 1936 р. було нагороджено орденом. Крім того, йому було присуджено (без захисту дисертації) науковий ступінь доктора сільськогосподарських наук [2]. Все це сприяло розширенню сортознавчої діяльності М. М. Гришка у галузі коноплярства, створенню власної школи учнів та послідовників, згодом відомих провідних селекціонерів конопель, серед яких – доктори сільськогосподарських наук, професори Г. Й. Арінштейн, Є. С. Гуржій, Г. І. Сенченко. У подальшому вони гідно продовжили дослідження Миколи Миколайовича у зв'язку з його переїздом із Глухова до Києва, оскільки в 1939 р. М. М. Гришка було обрано дійсним членом (академіком) Академії наук Української РСР і членом її Президії та призначено директором Інституту ботаніки [1, 2].

Працюючи з березня 1944 р. директором Центрального республіканського Ботанічного саду АН УРСР (нині Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН Украї-

ни, далі НБС), М. М. Гришко вважав, що ця установа має «... бути центральним республіканським заповідником видових, а з багатьох рослин – і сортових скарбів» (рис. 2) [1].

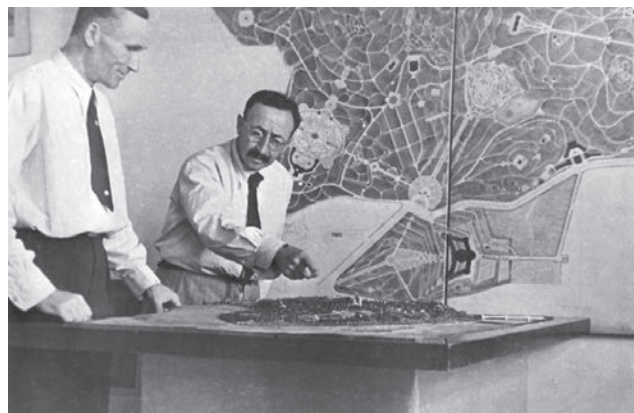


Рис. 2. М. М. Гришко та І. О. Дрига над планом Ботанічного саду АН УРСР (1945 р.)

У цьому Микола Миколайович мав рацію, адже сьогодні НБС є провідною науково-дослідною установою України в галузі інтродукції та селекції рослин [4, 5]. Нині тут на площі 130,2 га зібрано й зберігається понад 13 тис. видів і форм рослин з усіх куточків земної кулі. Становлення й вивчення їх значною мірою пов'язані з ім'ям М. М. Гришка – доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка АН УРСР, першого повоєнного директора головного Ботанічного саду України, який керував його розбудовою з 1944 по 1958 рр. [5].

Вже у 1944 р. під керівництвом М. М. Гришка були розроблені основні концептуальні положення та сформульовані завдання Ботанічного саду АН УРСР як центру науково-дослідної роботи з теорії та практики інтродукції рослин, питань зеленого будівництва, декоративного садівництва й квітництва та селекції нових для України культур [6]. Під його керівництвом була проведена величезна робота зі створення колекційного фонду рослин [5]. Завдяки особистій участі вченого у 1946–1947 рр. були організовані експедиції до радянської окупаційної зони (зокрема Німеччини, Угорщини), де було придбано 167 тис. одиниць посадкового матеріалу. Зазначимо, що лише з Німеччини було завезено 800 сортів троянд і 80 сортів бузку, які поклали початок таким всесвітньо відомим моносадам, як Розарій (Сад троянд) та Сірінгарій (Сад бузку) НБС (рис. 3) [5]. Цікаво, що Микола Миколайович активно долучився до вивчення троянд. Він очолив виконання теми з їх селекції, розробивши всі її сортознавчі та селекційні особливості (рис. 4) [7].



Рис. 3. М. М. Гришко (праворуч), професор Л. І. Рубцов та архітектор О. В. Власов (ліворуч) оглядають новостворений Сад бузку

Сьогодні ці моносади є найбільшими в Україні як за площею, так і за видовим і сортовим складом, а також за кількістю відвідувачів та екскурсантів. Крім цього, були здійснені ботанічні експедиції в різні регіони колишнього Радянського Союзу, звідки було привезено сотні кілограмів насіння, у т. ч. ендемів і реліктів [1, 5].

Працюючи в НБС, М. М. Гришко високо оцінив інтродукційну й селекційну роботу, започатковану М. Ф. Кащенком в Акліматизаційному саду, зокрема з добору та гібридизації перших форм персика, відносно стійких до місцевих умов [8]. М. М. Гришко дуже популяризував культуру персика для вирощування в північних районах України. Він продовжив роботу із селекції цієї культури, вивівши новий сорт 'Слава Китаю' (рис. 5), а також був ініціатором передачі кращих форм персика до Державного сортовипробування.



Рис. 5. М. М. Гришко біля виведеного ним сорту персикового дерева 'Слава Китаю' (1954 р.)

Внаслідок акліматизаційної та селекційної роботи науковці Ботанічного саду в ті



Рис. 4. М. М. Гришко оглядає новий гібрид троянди

роки вивели 10 сортів персика; 15 сортів винограду, які зимували у відкритому ґрунті на півночі України; були започатковані акліматизаційні та селекційні роботи з абрикосом, кизилом, айвою, аличею, хеномелесом, акти-

нідією, лимонником. Активно впроваджувалися в сільськогосподарське виробництво сорти таких культур, як майоран, дагуса, великоплідна гречка, рис, чуфа, олійний молочай, кенаф та ін., виведені в Ботанічному саду. Було створено понад 300 сортів троянд, жоржин, гладіолусів, ірисів, флоксів і дельфініумів. Усі згадані напрями безпосередньо очолював М. М. Гришко, формуючи по кожному з них наукову школу своїх учнів. Тому не дивно, що в цій царині він підготував 40 кандидатів та докторів наук.

Підводячи підсумки інтродукційної та селекційної роботи на початку першої половини 50-х рр., М. М. Гришко писав про велике різноманіття вихідного матеріалу, зібраного в Ботанічному саду станом на 1 січня 1952 р. Загалом його колекційний фонд на той час налічував 9569 таксонів (видів, гібридів, форм та сортів), зокрема: дерев та кущів – 1450; винограду – 290; плодово-ягідних рослин – 725; субтропічних (лимон, апельсин, чайні кущі, гранатові та кавові дерева, фісташки, авокадо, інжир та ін.) – 120; технічних (волокнисті, каучуконоси, олійні, лікарські, дубильні та інші) – 1050; кормових – 252; харчових – 1457; багаторічних і однорічних квіткових рослин – 2350, у т. ч. троянд – 600 сортів, жоржин – 220, гладіолусів – 284, ірисів – 150, тюльпанів – 110, айстр багаторічних – 52 сорти; оранжерейних рослин – 875 форм; дикорослих трав'янистих рослин – понад 1000 видів [9]. Зазначена колекція вже на початку 1950-х рр. становила основу для створення нових форм рослин, тобто початку селекційної роботи. Під керівництвом М. М. Гришка, продовжуючи здобутки академіка М. Ф. Кащенка, науковці розпочали величезну роботу зі створення нових сортів декоративних, плодкових, кормових, овочевих та пряноароматичних рослин. Перші авторські свідоцтва на нові сорти рослин співробітники Саду отримали у 1965 р. (на жаль, вже після смерті М. М. Гришка).

Нині в Ботанічному саду успішно тривають селекційні дослідження, започатковані М. М. Гришком, його учнями та колегами [4].

Розпочата ними робота перетворила НБС імені М. М. Гришка на найбільший в Україні центр з інтродукції декоративних трав'янистих рослин. У колекціях відділу квітково-декоративних рослин сьогодні налічують 5553 зразки, які репрезентовані 4136 культиварами, 915 видами, 502 перспективними селекційними номерами, які представлені 334 родами, 77 родинами, 3 класами, 2 відділами. Крім того, тут зростає близько 2500 гібридів і селекційних форм, створених безпосередньо у відділі. Найчисленнішою є колекція півоній (близько 600 видів і культиварів), яка має статус Національного надбання України. Разом з нею виділяються колекції однорічних рослин (понад 1000 колекційних зразків), малопоширених багаторічників (понад 600 видів і сортів), ірисів (понад 400 таксонів), хризантеми дрібноквіткової й жоржини садової (понад 300 культиварів у кожній колекції). Вчені-селекціонери відділу створили понад 200 нових оригінальних сортів. Починаючи з 1965 р., 167 з них захищено авторськими свідоцтвами, в тому числі: 50 сортів півонії (Горобець В. Ф.), 52 – хризантеми дрібноквіткової (Горобець В. Ф., Завідова Л. Г.), 25 – жоржини (Яценко М. П., Дудик Ф. С.), 16 – айстри однорічної (Чередниченко Н. І., Горай Г. О., Єременко Л. П.), 15 – флокса волотистого (Горобець В. Ф.), 14 – гладіолуса (Тимченко О. Д), 7 – ірисів (Харченко К. Д.), 4 сорти астильби (Буйдін Ю. В.).

Серед декоративних деревних рослин найчисленнішими є колекції троянд (27 видів, 11 форм, 470 сортів) [7] та бузку (22 види, 23 форми та 134 сорти). Цим колекціям у 2006 р. теж надано статус Національного надбання України. Селекціонери Ботанічного саду створили 4 сорти троянд (Рубцова О. Л., Чижанькова В. І.) та 4 – бузку (Рубцов Л. І., Жоголева В. Г., Ляпунова Н. О., Горб В. К.).

Колекційно-селекційний фонд плодкових культурних і дикорослих рослин НБС включає близько 700 видів і сортів. Науковці відділу акліматизації плодкових рослин проводять селекцію південних (абрикос, айва, алича, персик), нових (азиміна трилопатева, актинідія, лимонник китайський, жимолость блакитна, каштан їстівний, лох багатоквітковий, шефердія, хеномелес, хурма), малопоширених культур (нетрадиційних) – бузина, глід, ожина, калина, кизил, горобина,

унабі, шовковиця та ін. У зазначених культур оцінено репродуктивну здатність, стійкість до абіотичних і біотичних чинників плодкових культур тощо. Селекціонери відділу створили близько 100 нових сортів інтродукованих плодкових культур, до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні (Державний реєстр сортів), занесено 55 сортів, зокрема: 5 сортів айви, 14 – дерену, 4 – хеномелеса (С. В. Клименко, О. М. Недвига); 11 – персика і 1 – підщепи для персика, 2 – абрикоси, 1 – аличі, сорт голоплідного персика – Нектарин київський – районовано, його вирощують у Придністров'ї та Молдові (І. М. Шайтан, Л. М. Чуприна); 14 сортів актинідії, 1 – лимонника китайського, 1 сорт винограду (І. М. Шайтан, Р. Ф. Клєєва, О. Ф. Клименко, Н. В. Скрипченко, П. А. Мороз).

Фондові колекції тропічних та субтропічних рослин, які зібрано зусиллями кількох поколінь науковців однойменного відділу, нині включають 3972 таксони (види, різновиди, сорти), що належать до 880 родів, 169 родин і 6 відділів (у 1999 р. колекції надано статус Національного надбання України). В передмові до книги М. М. Гришка і О. І. Соколовського «Ботанічний сад і його колекції» (1951) автори зазначали, що на 1 січня 1941 р. фонди оранжерейних рослин включали 1000 форм [9]. Створення колекції відділу тропічних рослин розпочалося у 1946 р., коли з Дрездена та Кримітшау (Німеччина) були привезені рослини, що належали до 540 видів, форм і сортів, серед яких були цікаві екземпляри бромелієвих, орхідних, значна кількість рододендронів, азалій, камелій. В каталозі за 1950 р. наведено майже 50 сортів *Camellia japonica* L. та 35 сортів *Rhododendron indicum* L. У сучасній колекції азалії індійської збереглися рослини 25 давніх німецьких сортів селекції 20–30 рр. XX ст. ('Professeur Wolters', 'Paul Schame', 'Advent glockchen', 'Coccinea', 'Apollo', 'Celestinum'). З них власне розпочалася сортознавча робота, за результатами якої було створено 29 сортів та гібридів (С. М. Приходько). В 2001 р. 5 сортів рододендрона індійського було занесено до Державного реєстру сортів (автори сортів С. М. Приходько, Р. П. Головка, М. К. Параненко).

У НБС створено крапці в Україні колекції тропічних представників родин *Araceae* Juss. (234 види, різновиди та сорти) і *Orchidaceae* Juss. (450 природних видів та різновидів і близько 200 сортів), а також одна з найбільших у країні колекція сукулентних рослин (понад 850 таксонів).

Колекційний фонд корисних рослин НБС (близько 1500 таксонів) включає цінні культури енергетичних рослин (467 видів та форм), кормових (284 таксонів), пряноароматичних (200 видів), ефіроолійних (103 таксони), овочевих інтродуцентів (202 таксони), газонних трав (92 таксони). На основі 56 нових та малопоширених культур внаслідок багаторічної селекційної роботи науковці відділу культурної флори НБС створили понад 100 високопродуктивних сортів. Станом на 2016 р. до Державного реєстру сортів включено 92 сорти корисних рослин, виведені у відділі культурної флори, серед яких кормових рослин – 31, енергетичних – 30, пряноароматичних – 13, овочевих – 8, газонних трав – 9, ефіроолійних – 1 сорт.

Пам'ять про Миколу Миколайовича Гришка глибоко шанують усі покоління співробітників НБС. 6 травня 1991 р. відбулися збори його працівників, які активно й обґрунтовано підтримали пропозицію про присвоєння саду імені М. М. Гришка.

У постанові Кабінету Міністрів України № 323 від 15 листопада 1991 р. «Про присвоєння імен інститутам Академії наук України», зазначено: «... імені українського вченого, академіка Академії наук України Миколи Миколайовича Гришка Центральному республіканському ботанічному саду Академії наук України» (рис. 6). У жовтні 1999 р. указом Президента України ботанічному саду було надано статус національного.



Рис. 6. Меморіальна дошка М. М. Гришку в партерній частині ботанічного саду

25 років поспіль колектив Національного ботанічного саду НАН України гідно продовжує втілювати у практику завдання з інтродукції, сортознавства та селекції рослин, окреслені академіком М. М. Гришком, результатами виконання яких є одна з найбільших у Європі колекцій видового й сор-

тового різноманіття рослин. Сад та його колекції – краще підтвердження імперативу творчої індивідуальності М. М. Гришка, його глибокого впливу на стан та розвиток сортознавства в Україні.

Використана література

1. Коханова Л. Л. Микола Миколайович Гришко / Л. Л. Коханова, Г. Г. Костюк. – К. : Наук. думка, 1977. – 54 с.
2. Черевченко Т. М. Академік Микола Миколайович Гришко – життєвий і творчий шлях / Т. М. Черевченко, Н. В. Чувікіна // Інтродукція рослин. – 2009. – № 1. – С. 102–110.
3. Гришко М. М. Матеріали до вивчення культурної флори північного Лісостепу України / М. М. Гришко // Вісник прикладної ботаніки. – 1930. – № 3/4. – С. 104–114.
4. Каталог сортів рослин, створених у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН України / Т. М. Черевченко, Д. Б. Рахметов, Н. В. Чувікіна [та ін.]. – К. : Нора-прінт, 2004. – 32 с.
5. Чувікіна Н. В. Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України: історія створення, становлення та розвитку : автореф. дис. ... канд. історич. наук : 07.00.07 «Історія науки й техніки» / Н. В. Чувікіна ; В.о. НАН України, Центр досліджень наук.-тех. потенціалу та історії науки ім. Г. М. Доброва. – К., 2007. – 20 с.
6. Гришко М. М. Завдання і напрями роботи ботанічного саду АН УРСР / М. М. Гришко // Труды ботанічного саду АН УРСР. – К. : Вид-во АН УРСР, 1949. – Т. 1. – С. 3–20.
7. Рубцова О. Л. Роль М. М. Гришка у створенні колекцій і експозицій троянд у Національному ботанічному саду НАН України // Наукова спадщина академіка М. М. Гришка : матер. Всеукр. наук.-практ. конфер., присвяченої пам'яті М. М. Гришка – видатного селекціонера, генетика, ботаніка та громадського діяча (Глухів, 13–14 квітня 2005 р.). – Глухів : ГДПУ, 2005. – С. 31–32.
8. Гришко М. М. Академік М. Ф. Кащенко – видатний біолог-мічурінець / М. М. Гришко. – К. : Вид-во АН УРСР, 1951. – 20 с.
9. Гришко М. М. Ботанічний сад і його колекції / М. М. Гришко, О. І. Соколовський. – К. : Вид-во АН УРСР, 1950. – 115 с.

References

1. Kokhanova, L. L., & Kostyuk, H. H. (1977). *Mykola Mykolaiovych Hryshko*. Kyiv: Naukova dumka. [in Ukrainian]
2. Cherevchenko, T. M., & Chuvikina, N. V. (2009). The academician M. Hryshko – the way of live and creative work. *Introduktsiia roslyn* [Plant Introduction], 1, 102–110. [in Ukrainian]
3. Hryshko, M. M. (1930). Materials for studying the flora of the North Forest-Steppe zone of Ukraine. *Visnyk prykladnoi botaniky* [Bulletin of Applied Botany], 3/4, 104–114. [in Ukrainian]
4. Cherevchenko, T. M., Rakhmetov, D. B., Chuvikina, N. V., Moroz, P. A., & Haponenko, M. B. (2004). *Kataloh sortiv roslyn, stvorenykh u Natsionalnomu botanichnomu sadu imeni M. M. Hryshka NAN Ukrainy* [Catalogue of plants bred at the M. M. Hryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine]. Kyiv: Nora-print. [in Ukrainian]
5. Chuvikina, N. V. (2007). *Natsionalnyi botanichnyi sad imeni M. M. Hryshka NAN Ukrainy: istoriia stvorennia, stanovlennia ta rozvytku* [M. M. Hryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine: the history of establishment, formation and development] (Extended Abstract of Cand. History Sci. Diss.). Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
6. Hryshko, M. M. (1949). Tasks and areas of work at the botanical garden of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. *Trudy botanichnoho sadu AN URSR* [Proceedings of the botanical garden of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR], 1, 3–20. [in Ukrainian]
7. Rubtsova, O. L. (2005). The role of M. M. Hryshko in the creation of collections and display of roses at the National Botanical Garden, NAS of Ukraine. In *Naukova spadshchyna akademika M. M. Hryshka: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi*

konferentsii, prysviachenoj pamiaty M. M. Hryshka – vydatnoho selektsionera, henetyka, botanika ta hromadskoho diiacha [Scientific heritage of academician M. M. Hryshko: materials of All-Ukrainian science-to-practice conference devoted to the memory of M. M. Hryshko as an outstanding breeder, geneticist, botanist and public figure] (pp. 31–32). April 13–14, 2005, Hlukhiv, Ukraine. [in Ukrainian]

8. Hryshko, M. M. (1951). *Akademik M. F. Kashchenko – vydatnyi bioloh-michurinets* [Academician M. F. Kashchenko is a prominent biologist-Michurinite]. Kyiv: Vyd-vo AN URSSR. [in Ukrainian]
9. Hryshko, M. M., & Sokolovskiy, O. I. (1950). *Botanichnyi sad i yoho kolektsii* [Botanical garden and its collections]. Kyiv: Vyd-vo AN URSSR. [in Ukrainian]

УДК 631.52.(092)

Самородов В. М.¹, Байрак Е. Н.^{2*}, Чувикина Н. В.³, Рахметов Д. Б.³, Клименко С. В.³, Буюн Л. И.³, Буйдин Ю. В.³ Академик Н. Н. Гришко – выдающийся украинский ученый-сортвед // Сортвовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2016. – № 4. – С. 94–99. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88696](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88696)

¹Полтавська державна аграрна академія, ул. Сквороды, 1/3, г. Полтава, 36003, Україна

² Государственная экологическая академия последипломного образования и управления, ул. В. Липкивского, 35а, г. Киев, 03035, Украина, *e-mail: elena-bayrak@mail.ru

³Национальный ботанический сад имени Н. Н. Гришко НАН Украины, ул. Тимирязевская, 1, г. Киев 03004, Украина

Проанализирована творческая и организационная роль академика Н. Н. Гришко в изучении генофонда растений Украины и создании коллекционных фондов Национального ботанического сада НАН Украины, который с 1991 г. носит имя этого выдающегося украинского ученого. Освещены исследования по интродукции, акклиматизации и селекции растений, начиная с послевоенных лет и до настоящего времени. Приведены сведения об итогах интродукции и селекции растений по состоянию на на-

чало 50-х годов XX в. по данным Н. Н. Гришко и современные показатели видового и сортового разнообразия культивируемых растений: декоративных, плодово-ягодных, субтропических, сельскохозяйственных (энергетических, кормовых, овощных, пряноароматических, эфиромасличных, технических, сидеральных, медоносных).

Ключевые слова: академик Н. Н. Гришко, Национальный ботанический сад НАН Украины, интродукция, селекция, видовое и сортовое разнообразие растений.

UDC 631.52.(092)

Samorodov, V. M.¹, Bairak, O. M.^{2*}, Chuvikina, N. V.³, Rakhmetov, D. B.³, Klymenko, S. V.³, Buiun, L. I.³, & Buidin, Yu. V.³ (2016). Academician M. M. Hryshko – the prominent Ukrainian expert in plant variety investigation. *Sortovivčennâ ohor. prav sorti roslin* [Plant Varieties Studying and Protection], 4, 94–99. [http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4\(33\).2016.88696](http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.4(33).2016.88696)

¹Poltava State Agrarian Academy, 1/3 Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine

²State Environmental Academy of Postgraduate Education and Management, 35a V. Lypkivskiyi Str. Kyiv, 03035, Ukraine, *e-mail: elena-bayrak@mail.ru

³M. M. Hryshko National Botanical Garden of Ukrainian National Academy of Sciences, 1 Timiriazevska Str. Kyiv, 03004, Ukraine

The creative and organizational role of academician M. M. Hryshko was analyzed in studying the gene pool of plants in Ukraine and creating collection funds of the National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine, which has been named after this famous scientist since 1991. Investigations on introduction, acclimatization and breeding of plants were described embracing the period from post-war years to the present day. Information was given that concerns the results of the introduction and plant

breeding in the early 1950s as reported by M. M. Hryshko and recent data on species and varietal diversity of cultivated ornamental, fruit, subtropical, agricultural (including energy, feed, vegetable, spice aroma, aromatic, technical, green manure, nectariferous) plants.

Keywords: academician M. M. Hryshko, National Botanical Garden NAS of Ukraine, introduction, breeding, species and varietal diversity of plants.

Надійшла 18.08.2016

ПОКАЖЧИК СТАТЕЙ

у науково-практичному журналі

«Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин» за 2016 рік

СОРТОВИВЧЕННЯ ТА СОРТОЗНАВСТВО

В. М. Меженський.

До питання впорядкування українських назв рослин деяких таксонів підтриби Malinae Reveal (повідомлення 6). – № 1 (30). – С. 5–11.

Н. В. Лещук

Застосування варіаційної статистики для встановлення стабільності морфологічних та господарсько-цінних характеристик сорту *Lactuca sativa* var. *longifolia* L. 'Скарб'. – № 1 (30). – С. 12–16.

О. К. Мороз, І. Л. Дениско

Комплексне оцінювання перспективності інтродукції троянд серії «Romantica» в умовах Правобережного Лісостепу України. – № 1 (30). – С. 17–22.

Ю. В. Буйдін

Оцінювання деяких господарсько-біологічних ознак інтродукованих сортів роду *Astilbe* Buch.-Ham ex D. Don. – № 1 (30). – С. 23–30.

О. Л. Рубцова, В. І. Чижанькова

Підсумки інтродукції старовинних троянд у Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України. – № 2 (31). – С. 5–9.

В. М. Меженський

До питання впорядкування українських назв рослин. Повідомлення 7. Написання назв сортів рослин. – № 3 (32). – С. 5–12.

С. В. Васківська, В. І. Чижанькова

Колекція чайно-гібридних троянд у Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України. – № 4 (33). – С. 5–9.

СЕЛЕКЦІЯ ТА НАСІННИЦТВО

В. К. Рябчун, В. С. Мельник, Т. Б. Капустіна, О. Є. Щеченко

Урожайність тритикале ярого та її стабільність залежно від генотипу та умов середовища. – № 1 (30). – С. 37–44.

О. В. Тригуб

Формування та ведення колекції генетичних ресурсів рослин роду гречки (*Fagopyrum* Mill.). – № 1 (30). – С. 45–49.

Г. М. Ковалишина, Т. І. Муха, Л. А. Мурашко, О. А. Заїма, Ю. М. Судденко

Характеристика сортів пшениці озимої за стійкістю проти збудників хвороб та шкідників. – № 1 (30). – С. 50–56.

О. А. Демидов, С. О. Хоменко, І. В. Федоренко, Р. М. Близнюк, Є. А. Кузьменко

Оцінка адаптивної здатності ліній пшениці ярої в умовах Лісостепу України. – № 1 (30). – С. 57–61.

О. Л. Гайдаш

Оцінка комбінаційної здатності за врожайністю зерна самозапилених сімей *S₅* кукурудзи (*Zea mays* L.) змішаної зародкової плазми. – № 1 (30). – С. 62–66.

М. М. Ключевич

Фузаріоз колосу на сортах тритикале озимого в умовах Лісостепу України. – № 1 (30). – С. 67–73.

О. З. Щербина, В. Г. Михайлов, О. О. Тимошенко, С. О. Ткачик

Селекційна цінність популяцій другого покоління сої за ознакою «період вегетації». – № 1 (30). – С. 74–78.

Л. М. Присяжнюк, О. О. Шовгун, Л. В. Король, І. І. Коровко
Оцінка показників стабільності й пластичності нових гібридів кукурудзи (*Zea mays* L.) в умовах Полісся та Степу України. – № 2 (31). – С. 16–21.

Л. В. Герус

Методичні аспекти оцінювання селекційного матеріалу винограду. – № 2 (31). – С. 22–26.

С. М. Холод

Результати вивчення інтродукованих зразків зернобобових культур в Устимівському інтродукційно-карантинному розсаднику. – № 2 (31). – С. 27–33.

Г. В. Щипак, В. Г. Матвієць, В. М. Плакса, В. Г. Щипак

Селекція гексаплоїдних тритикале на посухостійкість. – № 2 (31). – С. 34–39.

G. Bentivenga, M. Camerini, A. Belocchi, M. Fornara, S. Melloni, A. Spina, F. Quaranta, K. Ammar

Agronomic evaluation of Fusarium Head Blight (FHB) resistance in Italian durum wheat cultivars and screening of advanced lines MAS selected for FHB resistance. – № 3 (32). – С. 30–41.

Ю. О. Люта, Н. О. Кобиліна

Характеристика нових сортів помідора (*Solanum lycopersicum* L.). – № 3 (32). – С. 42–46.

В. М. Кір'ян, М. В. Кір'ян, Р. С. Вискуб

Генетичні ресурси як вихідний матеріал для створення нових сортів пшениці м'якої озимої. – № 4 (33). – С. 10–17.

Я. Д. Фучило, О. О. Афонін, М. В. Сбитна

Селекційні основи виведення нових сортів родини Вербові (*Salicaceae* Mirb.) для створення енергетичних плантацій. – № 4 (33). – С. 18–25.

ГЕНЕТИКА

Н. Е. Волкова

Цис-, інтра-, субгенез, геномне редагування – передові технології модифікації геномів сільськогосподарських культур. – № 1 (30). – С. 31–36.

М. О. Корнєєва, О. В. Ненька

Генетична обумовленість високої продуктивності експериментальних гібридних комбінацій цукрових буряків (*Beta vulgaris* L.). – № 2 (31). – С. 10–15.

Г. І. Сліщук, Т. Ю. Жернаков, Н. Е. Волкова

Біоінформатичний аналіз гена кукурудзи, що кодує ензим розгалуження крохмалю SBEIIb. – № 3 (32). – С. 13–18.

О. О. Kolesnyk, O. M. Khokhlov, S. V. Chebotar

Associations of alleles of microsatellite markers with agronomical traits of modern bread winter wheat varieties in Southern Ukraine. – № 3 (32). – С. 19–29.

Ю. О. Гончаров, Т. М. Сатарова, Б. В. Дзюбецький, В. Ю. Черчель

Алельний стан ключових генів каротиногенезу за ДНК-маркерами у ліній кукурудзи та їхніх гібридів. – № 4 (33). – С. 26–32.

Н. Е. Волкова

Банки ДНК рослин для збереження генетичних ресурсів (огляд). – № 4 (33). – С. 33–38.