

# PLANT VARIETIES STUDYING AND PROTECTION

ISSN 2518-1017

Журнал — фаховий

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

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

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



УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ЕКСПЕРТИЗИ СОРТІВ РОСЛИН

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

Журнал виходить чотири рази на рік  
Заснований у 2005 р.

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

За достовірність викладених  
у публікаціях фактів відповідають  
автори

**Рекомендовано до друку**  
Вченою радою Українського інституту  
експертизи сортів рослин  
(Протокол № 12 від 26.12.2019)

**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](mailto:journal@sops.gov.ua)  
тел.: +38 044 258 34 56,

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

Підписано до друку 28.12.2019  
Формат 60×84 1/8. Папір офсетний.  
Ум. др. арк.  
Наклад 100 прим. Зам.

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

Передплатний індекс 89273  
ISSN 2518–1017

Мова видання:  
українська, англійська, російська

© Український інститут експертизи  
сортів рослин, оформлення, оригінал  
макет, 2019

© Селекційно генетичний інститут –  
Національний центр насіннєзнавства  
та сортівивчення, 2019

© Інститут фізіології рослин і генетики  
НАН України, 2019



**Journal – specialized publications**

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

**EDITORIAL BOARD**

**S. Kalenska** (Head editor)

**D. Rakhmetov** (Deputy leading editor)

**V. Fait** (Deputy leading editor)

**S. Melnyk** (Editor in Chief)

**L. Hudolii** (Executive Secretary)

B. Barnabas (Hungary)

J. Brindza (Slovak Republic)

R. Vozhehova

N. Volkova

M. Havryliuk

O. Halaiev

B. Dziubetskyi

O. Dubrovna

Z. Kyienko

Y. Kordium

V. Mezhenskyi

V. Morhun

A. Morgunov (Turkey)

L. Prysiazhniuk

O. Prysiazhniuk

O. Rybalka

V. Sokolov

S. Tkachyk

L. Khotylova (Republic of Belarus)

S. Chebotar

V. Cherchel

V. Shvartau

UKRAINIAN INSTITUTE FOR PLANT  
VARIETY EXAMINATION

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

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

Published 4 times a year

Founded in 2005  
State registration certificate  
KB 21882–11782П of 23.02.2016

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

Recommended for publication by  
Academic Board of the Ukrainian  
Institute for Plant Variety Examination  
(Record No. 12, Dec 26, 2019)

Editorial Board contacts:  
Ukrainian Institute for Plant Variety  
Examination

15 Henerala Rodymtseva St.,  
03041 Kyiv, Ukraine

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

Science  
editors: B. V. Sorochynskyi  
O. I. Prysiazhniuk

Literary editor Yu. A. Kravchenko  
Technical editor O. Yu. Polovynchuk

Computer aided  
makeup A. I. Boyko

Signed to print 28.12.2019  
Format 60×84 1/8. Offset Paper.  
Conventional printed sheet.  
100 numbers of copies. Order 617/2019

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

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

Languages of publication:  
Ukrainian, English, Russian

© Ukrainian Institute for Plant Variety  
Examination, formatting, makeup, 2019

© Plant Breeding & Genetics Institute –  
National Center of Seeds and Cultivar  
Investigation, 2019

© Institute of Plant Physiology and  
Genetics, National Academy of Sciences  
of Ukraine, 2019

## ЗМІСТ

### СОРТОВИВЧЕННЯ ТА СОРТОЗНАВСТВО

**В. М. Меженський**

До питання впорядкування українських назв рослин.  
Повідомлення 11. Тритикале  
(×*Triticosecale* Wittmack ex A. Camus)

**В. М. Меженський, Н. П. Костенко, С. П. Лікар,  
М. Б. Душар**

Розроблення нової методики проведення експертизи  
сортів японської айви (*Chaenomeles* Lindl.)  
на відмінність, однорідність і стабільність

**М. І. Кулик, Д. Б. Рахметов, І. І. Рожко,  
Н. О. Сиплива**

Вихідний матеріал проса прутоподібного (*Panicum  
virgatum* L.) за комплексом господарсько цінних ознак  
в умовах Центрального Лісостепу України

**І. П. Штанько**

Аналіз української колекції сортів хмелю звичайного  
(*Humulus lupulus* L.) для виділення сортів  
з еталонними ознаками

### СЕЛЕКЦІЯ ТА НАСІННИЦТВО

**В. Л. Жемойда, Л. М. Присяжнюк,  
С. А. Красновський, Н. В. Башкірова,  
Ю. В. Шитікова, С. І. Мельник**

Оцінка інбредних ліній кукурудзи  
за ознакою холодостійкості та SSR маркерами

### РОСЛИННИЦТВО

**О. В. Вишневська, О. П. Пікіч, Н. А. Захарчук,  
М. В. Рязанцев**

Урожайність та насіннева продуктивність  
добазової насінневої картоплі  
залежно від елементів технології вирощування

**Н. О. Кононюк**

Особливості формування продуктивності гібридів  
буряків цукрових

**Н. В. Новицька, С. М. Каленська, О. І. Присяжнюк,  
В. В. Мельниченко**

Активация росту та розвитку буряків цукрових  
на мікростадіях 00–09 за внесення добрив  
з нанорозмірними елементами

**Я. Д. Фучило, Б. В. Зелінський**

Особливості росту вітчизняних сортів верби  
прутоподібної (*Salix viminalis* L.) в енергетичних  
плантаціях на торфово болотних ґрунтах  
Київського Полісся

**В. В. Швартау, Л. М. Михальська, В. В. Дудченко,  
В. О. Скидан**

Вміст неорганічних елементів у зерні рису  
залежно від способів зрошення

## CONTENTS

### VARIETY STUDYING AND VARIETY SCIENCE

**V. M. Mezhenskyj**

325 On the issue of streamlining Ukrainian plant names.  
Information 11. Triticale  
(×*Triticosecale* Wittmack ex A. Camus)

**V. M. Mezhenskyj, N. P. Kostenko, S. P. Likar,  
M. B. Dushar**

337 Development of new guidelines for the conduct  
of tests for distinctness, uniformity and stability  
of Japanese quince (*Chaenomeles* Lindl.) cultivars

**M. I. Kulyk, D. B. Rakhmetov, I. I. Rozhko,  
N. O. Syplyva**

354 The study of the varietal specimens of switchgrass  
(*Panicum virgatum* L.) on a complex of useful signs  
in the Central Forest Steppe of Ukraine conditions

**I. P. Shtanko**

365 Analysis of the Ukrainian collection of common hop  
varieties (*Humulus lupulus* L.) to highlight varieties  
with reference characters

### BREEDING AND SEED PRODUCTION

**V. L. Zhemoida, L. M. Prysiashniuk,  
S. A. Krasnovskyi, N. V. Bashkirova,  
Yu. V. Shytikova, S. I. Melnyk**

372 The estimation of corn inbred lines  
by cold resistance and SSR markers

### PLANT PRODUCTION

**O. V. Vyshnevskaya, O. P. Pikich, N. A. Zakharchuk,  
M. V. Riazantsev**

382 Yield and seed productivity of pre basic seed material  
depending potatoes on growing technology elements

**N. O. Kononiuk**

390 Features of the formation of sugar beet hybrids  
productivity

**N. V. Novytska, S. M. Kalenska, O. I. Prysiashniuk,  
V. V. Melnychenko**

403 Activation of growth and development of sugar beet  
at microstages 00–09 with application of nanoscale  
fertilizer elements

**Ya. D. Fuchylo, B. V. Zelinskyi**

410 Features of the growth of domestic varieties  
of *Salix viminalis* in the energy plantations  
on peat bog soils of Kyiv Polissia

**V. V. Schwartau, L. M. Mykhalska, V. V. Dudchenko,  
V. O. Skydan**

417 Content of inorganic elements in rice grain depending  
on irrigation methods

## БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОБЕЗПЕКА

**Т. Є. Шкопинська, Ю. В. Коломієць, І. П. Григорюк,  
Н. І. Куценко**

Господарсько цінні ознаки перспективних селекційних зразків та сорту 'Чорнолиста' *Mentha piperita* L. після їх оздоровлення й мікророзмноження *in vitro*

## ГЕНЕТИКА

**К. В. Ведмедева, Т. В. Махова**

Вплив генів, що обумовлюють форму листка та висоту рослин, на господарські ознаки гібридів соняшника (*Helianthus annuus* L.)

**Ю. М. Ланкастер, С. І. Кондратенко, С. В. Лиманська,  
Ю. М. Тереняк, Г. Є. Чернишенко, В. М. Попов**

Дослідження генетичного поліморфізму зразків кабачка (*Cucurbita pepo* L.) методом ISSR аналізу

## BIOTECHNOLOGY AND BIOSAFETY

**T. Ye. Shkopynska, Yu. V. Kolomiets, I. P. Hryhoriuk,  
N. I. Kucenko**

424 Economic valuable traits of promising breeding samples and 'Chornolysta' variety of *Mentha piperita* L. after *in vitro* sanitation and micropropagation

## GENETICS

**K. V. Vedmedieva, T. V. Machova**

434 The influence of genes which responsible for leaf shape and lines height on the economic qualities of *Helianthus annuus* hybrids

**Yu. M. Lankaster, S. I. Kondratenko, S. V. Lymanska,  
Yu. M. Tereniak, H. E. Chernyshenko, V. M. Popov**

442 Studies on the genetic polymorphism of courgette (*Cucurbita pepo* L.) accessions by ISSR analysis

## До питання впорядкування українських назв рослин. Повідомлення 11. Тритикале (*×Triticosecale* Wittmack ex A.Camus)

В. М. Меженський<sup>1,2</sup>

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

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

**Мета.** Аналіз практики найменувань гібридів між пшеницею та житом. **Результати.** Кожний ботанічний таксон у певних межах може мати лише одну правильну назву, яка є найранішою і відповідає правилам Міжнародного кодексу ботанічної номенклатури для водоростей, грибів та рослин. Для гібридів *Secale × Triticum* такою назвою є *×Triticosecale*. Людвіг Вітмак ефективно оприлюднив цю назву 1899 року, опублікувавши в матеріалах наукового товариства. Публікація не містила вказівок на латинські назви батьківських родів, тому назва стала дійсно оприлюдненою лише в 1927 році, коли цей недолік було виправлено Емі Камю. Інші назви (*×Triticale*, *×Tritisecale*, *×Secalotricum*, *×Secalotriticum*) поступаються пріоритетом *×Triticosecale*, бо оприлюднені пізніше і тому є надлишковими. Проте назва *Triticale* значно поширилась і стала загальною назвою для нової культури – тритикале. В українській та російській фаховій літературі термін *тритикале* використовується контрверсійно, як слово чоловічого, жіночого або середнього роду, тому назви сортів узгоджуються з різними граматичними родами. Селекціонери успішно провели прямі і зворотні схрещування декількох видів пшениці і жита, надавши гібридам тритикале численних латинських назв. Багато з цих назв формально подібні до видових, але, як правило, не відповідають вимогам номенклатурного кодексу і є незаконними. Лише декілька із запропонованих назв є дійсно оприлюдненими, але вони не набули поширення в агрономічній практиці. Тим часом практика надавання створеним гібридам тритикале нових незаконних назв, які не відповідають номенклатурним вимогам, триває, що збільшує плутанину. **Висновки.** Згідно з правилами української мови слово тритикале граматично належить до середнього роду. Воно позначає нову польову культуру, яка має ното родову назву *×Triticosecale*. Переважна більшість запропонованих селекціонерами назв видового і підвидового рівня для тритикале не відповідають вимогам Міжнародного кодексу ботанічної номенклатури для водоростей, грибів та рослин. Для упорядкування сортового розмаїття тритикале варто застосовувати рекомендації Міжнародного кодексу номенклатури культурних рослин, який регулює назви сортів та їхніх сукупностей.

**Ключові слова:** номенклатура; *×Triticosecale*; *тритикале*; *жито пшеничні гібриди*; *пшенично житні гібриди*.

### Вступ

Тритикале (жито-пшеничні/пшенично-житні гібриди) набуло значення для сільського господарства всього світу і, зокрема, України. Воно має значення як харчова, кормова та енергетична культура, вирізняючись високими адаптивними властивостями до умов вирощування та генетичним потенціалом урожайності й якості зерна, за якими переважає традиційні зернові. До Державного реєстру сортів рослин України на 2019 рік станом на 13 травня занесено 39 сортів озимого і 20 сортів ярого тритикале [1].

Volodymyr Mezhenskyj  
[http://orcid.org/0000\\_0002\\_3154\\_1120](http://orcid.org/0000_0002_3154_1120)

Під час роботи з тритикале та реєстрації сортів важливим і потрібним є правильне найменування таксонів нової культури. Систематизування і класифікування є складними процесами, нерідко мають місце контрверсійні погляди, що ускладнює найменування тритикале. Поява нових гібридів веде до створення нових назв, які найчастіше є неправильними і незаконними, але використовуються агрономами, збільшуючи плутанину.

### Результати

#### Походження тритикале

Перше повідомлення про отримання гібридів між пшеницею і житом було зроблено в 1875 р. на засіданні ботанічного товариства

в Единбурзі (Шотландія) [2]. На жаль, гібриди були стерильними через нежиттєздатний пилок. У США внаслідок схрещування 1883 р. було отримано рослини, деякі з яких були частково плодовиті [3]. Однак, стабільного пшенично-житнього гібрида створити не вдалося [4]. Уперше фертильний гібрид було отримано внаслідок схрещувань, здійснених 1888 р. в Німеччині [5]. Гібрид гексаплоїдної пшениці і диплоїдного жита, створений Рімпау був октоплоїдний, маючи 56 хромосом [6–8].

Упродовж наступного сторіччя в багатьох країнах світу проводилися роботи зі створення різноманітних гібридів між пшеницею і житом та представниками інших родів. Було з'ясовано, що найоптимальнішим рівнем плоідності для тритикале є гексаплоїдний та створено комерційні сорти [9, 10]. Хоча тритикале вважається штучно створеною культурою, виявлено спонтанні тетраплоїдні гібриди, які можуть мати багатотисячолітню історію [11].

#### *Triticale vis Tritico-secale*

Латинські назви таксонів регулюються Міжнародним кодексом номенклатури водоростей, грибів та рослин (раніше Міжнародний кодекс номенклатури рослин) [12]. Кожний таксон у певних межах має лише одну правильну назву, яка є найстарішою і відповідає правилам, тобто є ефективно і дійсно оприлюдненою. Законною є тільки дійсно оприлюднена назва, що відповідає усім номенклатурним правилам.

120 років тому, 21 березня 1899 р. на засіданні Берлінського товариства дослідників природи Людвіг Вітмак [13] сповістив, що Вільгельму Рімпау вдалося схрестити пшеницю із житом. Він запропонував для гібридів назву, утворивши її сполученням латинських назв батьківських родів *×Tritico-secale* (від *Triticum* – пшениця і *Secale* – жито). Ця назва є ефективно оприлюдненою, бо її надруковано у «Звітах засідань Берлінського товариства дослідників природи», але автор не навів латинських назв вихідних родів, вказавши тільки їхні тривіальні назви німецькою. Дійсно оприлюдненою назва стала тільки після публікації Емі Камю 1927 р. [14]. Тому назву цитують як *×Tritico-secale Wittmack ex A.Camus*, що припускає скорочення до *×Tritico-secale A.Camus*. Прізвище Wittmack у цитуванні назв таксонів прийнято скорочувати до Wittm.

У 1930-х рр. для подібних гібридів було оприлюднено ще три нотородові назви: *×Tritico-secale Lebedeff*, *×Secalotricum Kostoff* і *×Tritico-secale Tscherm.-Seys. ex Müntzing*. Їх наведено

з порушенням номенклатурних правил і вони є зайвими, за принципом пріоритету поступаються *×Tritico-secale* [15].

А втім назва *triticale* (тритикале) запропонована відомим генетиком Еріхом Чермаком, перевідкривачем законів Менделя, з 1936 р. набула поширення серед вчених та виробників для позначення нової культури, спочатку в Німеччині і Швеції, а потім в інших країнах, і стала загальною [10, 16, 17]. Для усунення розбіжностей між узвичаєною назвою і науковою назвою роду, що створювало непорозуміння і певні незручності, спробували замінити правильну наукову назву на її синонім *×Triticale*. Номенклатурний кодекс дозволяє в певних випадках відхилитися від принципу пріоритету шляхом консервування назв. Тому було запропоновано законсервувати назву *Triticale*, яка є поширеною і популярною, що сприяло би точності, однорідності і стабільності в спілкуванні селекціонерів, цитогенетиків, продавців та покупців [18]. Але номенклатурний комітет відхилив цю пропозицію [19]. Було також висловлено пропозицію відносити до нотороду *×Tritico-secale* тільки новостворений гібридний матеріал, а для сортів тритикале створити монотиповий рід з новою назвою [20].

Нині назва тритикале використовується як загальна назва нової культури, котра поширюється на широке коло гібридів, що мають геноми егілопса, пшениці та жита [20], а також тих, які містять хромосоми рослин інших родів, зокрема *Psathyrostachys* [21]. Деякі бази даних включають до складу *×Tritico-secale* гібриди *Aegilops × Triticum* [22]. До тритикале відносять також гібриди *Aegilops × Secale*, де егілопс трактують як пшеницю [23]. Перевірка схрещуваності практично всіх видів *Triticum*, *Secale*, *Aegilops* і *Haynaldia* показала, що в багатьох комбінаціях можна отримати міжродові гібриди [24].

#### *Тритикале в українській мові*

Латинська назва *Triticale* відображається українською як *тритикале*. Транслітерація *тритікале* є помилковою, тому що іноземне «і» в загальних назвах після приголосних «р» і «т» згідно з правилом «дев'ятки» передається як «и» [25]. Наполягання Адольфа Стельмаха [26] на написанні «трітікале», замість «тритикале» через те, що в останній назві начебто є посилання на цифру «три» – «три-тикале» тут ні до чого, бо назва не пов'язана з цифрою 3.

Думки щодо граматичного роду назви *тритикале* різняться. За умов державності

російської мови в СРСР, українські селекціонери писали наукові статті російською. При цьому, автор тривидових гібридів Андрій Шулиндін [9] вважав, що тритикале (у російській мові) має чоловічий рід. Сучасний Державний реєстр селекційних досягнень Російської Федерації позначає тритикале, як слово жіночого роду [27], а Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні [1] – як слово середнього роду. Це впливає на те, які назви селекціонери дають сортам, узгоджуючи їх з назвою культури.

Іван Огієнко [28] зазначав, що всі іншомовні слова на *-e* за загальним в українській мові правилом для своїх слів належать до середнього («ніякого») роду. «Усі слова невідмінні також ніякого роду». Згідно з правилами сучасної української мови рід іншомовних незмінюваних іменників визначається як переважно чоловічий (назви істот і тварин) або переважно середній (назви неістот) [29, 30].

Так як до української мови потрапила значна кількість невідмінюваних іменників іншомовного походження, які вступають у лексико-семантичні, словотвірні та граматичні зв'язки з питомими словами чи формами, з'явилися нові тенденції в їхній взаємодії та подальшому спільному функціонуванні. Тому, у сучасній українській літературній мові розвиваються специфічні критерії мотивації граматичного роду іншомовних невідмінюваних іменників – назв неістот. Їхня суть полягає в тому, що граматичний рід невідмінюваних іменників іншомовного походження здебільшого визначають за граматичним родом того загального відмінюваного іменника, який становить щодо невідмінюваного родове поняття [31]. Унаслідок цього коло невідмінюваних іменників, родову належність яких визначено за родовою ознакою їхнього загального слова-поняття, помітно розширилося. Водночас, родові значення багатьох невідмінюваних субстантивів-неологізмів у нових лексикографічних виданнях ще не кодифіковане [32].

Цей чинник зумовив зміну граматичного значення середнього роду на граматичне значення чоловічого або жіночого роду в цілій низці іншомовних невідмінюваних субстантивів. Так, неістоти *бере*, *кольрабі* відносять до жіночого роду, бо вони пов'язані, відповідно, з назвами жіночого роду *груша* та *капуста*. При цьому деякі невідмінювані іменники – назви неістот мають подвійну родову характеристику. Так, неістоти *аліготе*, *каберне*, *сапераві* належать до середнього роду, коли пов'язані з родовим поняттям

*вино* та до чоловічого роду через зв'язок з поняттям *виноград* [29, 33, 34].

Аналіз сортових назв тритикале в Державному реєстрі сортів рослин України свідчить, що селекціонери назвали сорти тритикале 'Богодарське', 'Гарне', 'Десятинне', 'Київське раннє', 'Половецьке', 'Полянське', 'Ратне', 'Славетне', добре розуміючи їхню належність до середнього роду. Проте зареєстровано також сорти тритикале 'Папсуєвська' та 'Павлодарський' і 'Поліський 7', оформлені, відповідно, жіночим і чоловічим родом. Таку заміну граматичної приналежності тритикале на жіночий рід можна пояснити, скоріш за все, впливом російських сільськогосподарських джерел, а чоловічий рід деяких сортових назв, вірогідно, є наслідком праць Шулиндіна. На нашу думку, змінювати середній рід на інший у випадку з *тритикале* не варто, бо незмінні іменники іншомовного походження, які є назвами неістот, за незначним винятком, належать до середнього роду. Вагомим підстав для збільшення числа винятків включенням до них *тритикале* немає.

В українській мові згідно з граматиною *жито* належить до середнього роду, *пшениця* – до жіночого роду, натомість у російській мові обидва компоненти гібридогенного тритикале є словами жіночого роду – *пшеница* і *рожь*. Можливо саме через це їхнього нащадка віднесено також до жіночого роду, хоча це суперечить правилам російської мови, які в питанні визначення граматичного роду іноземних іменників не мають розбіжностей з українськими. Попри це, у російському реєстрі селекційних досягнень [27] культуру позначено як «тритикале озимая» і «тритикале яровая»; відповідно назви сортів узгоджено із жіночим родом: 'Алтайская 4', 'Башкирская 3', 'Тюменская Зернокармоя' тощо. Зареєстровано також сорти, що мають назви чоловічого роду: 'Немчиновский 56', 'Ставропольский 5'. Вірогідно, автори назв утворювали їх згідно із шулиндінською практикою.

Нотородові назви *Triticosecale* і *Triticale* утворено шляхом сполучення частини вихідної родової назви *Triticum* (пшениця) з родовою назвою *Secale* (жито), тому їх нерідко називають пшенично-житніми гібридами, бо материнським компонентом схрещувань була пшениця [39]. Так само назву житньо-пшеничні гібриди – *Secalotriticum* і *Secalotriticum* дано гібридам, де материнським компонентом схрещувань виступало жито [35, 36]. Щодо латинських назв нотородів, то вимогу ставити назву материнсько-

го компонента схрещування на перше місце в номенклатурному кодексі не прописано. Автор утворює назву, сполучаючи назви батьківських родів в одне слово, що складається з першої частини або повної назви одного роду та останньої частини або повної назви другого роду [12]. Тільки одна нотордова назва може бути правильною, у нашому випадку *×Triticosecale*, яка відповідає всім вимогам номенклатурного кодексу. Вона стосується всіх гібридів між пшеницею і житом незалежно від напрямку схрещувань.

За сурядним способом зв'язку основи, з яких утворені складні прикметники *пшенично-житні* та *житньо-пшеничні* гібриди, сполучено як рівноправні. Якщо припустити, що ці прикметники означають якість з додатковим відтінком, то визначальним буде другий компонент. Тоді їх точніше називати *житньо-пшеничними* гібридами, так вони подібніші до пшениці. Натомість, багато селекціонерів надають ваги порядку слів у складних прикметниках, вважаючи, що він інформує щодо походження гібридів, тому частіше застосовують назву *пшенично-житні* гібриди.

#### Номенклатурний мікс

Селекціонер, створивши новий віддалений гібрид, як правило, намагається дати йому латинську назву. Клів Стейс [15] проаналізував відомі назви видового та підвидового рівня, що стосуються тритикале:

- ×*Triticosecale rimpai* Wittmack (1899)
- ×*Triticosecale schlanstedtense* Wittmack (1899)
- ×*Triticosecale blaringhemii* A.Camus (1927)
- ×*Triticosecale blaringhemii* var. *breviaristatum* A.Camus (1927)
- ×*Triticosecale blaringhemii* var. *longiaristatum* A.Camus (1927)
- ×*Triticosecale neoblaringhemii* A.Camus (1927)
- Triticum secalotricum saratoviense* Meister (1930)
- ×*Triticale rimpau* Lindschau & Oehler (1935)
- ×*Triticale meister* Lindschau & Oehler (1935)
- ×*Triticale taylor* Müntzing (1936)
- ×*Secalotricum saratoviense* Kostoff (1936)
- ×*Triticale aestivum* Sanchez-Monge (1959)
- ×*Triticale dicoccoides* Sanchez-Monge (1959)
- ×*Triticale dicoccum* Sanchez-Monge (1959)
- ×*Triticale durum* Sanchez-Monge (1959)
- Triticum dicoccum-cereale* Kiss (1966)
- Triticum durocereale* Kiss (1966)
- Triticum triticale* Kiss (1966)
- Triticum turgidocereale* Kiss (1966)
- ×*Triticale turgidocereale* Kiss (1966)
- ×*Triticale korai* Kiss (1966)
- Triticum aestivosecale* Mac Key (1968)

- Triticum turgidosecale* Mac Key (1968)
- ×*Triticale hexaploide* E.Larter (1970)
- ×*Triticale carthlico-vavilovi* Baum (1971)
- ×*Triticale dicoccocereale* Baum (1971)
- ×*Triticale dicoccoidecereale* Baum (1971)
- ×*Triticale durocereale* (Kiss) Baum (1971)
- Triticum durocereale* Baum (1971)
- ×*Triticale duro-montanum* Baum (1971)
- ×*Triticale rimpai* (Wittmack) Baum (1971)
- ×*Triticale timopheevi-cereale* Baum (1971)
- ×*Triticale octoploide* Zillinsky (1974)
- Triticum secalum* Zillinsky (1974)
- Triticum secalum* f. *octoploide* Zillinsky (1974)
- Triticum secalum* f. *hexaploide* Zillinsky (1974)
- Triticum secalum* f. *tetraploide* Zillinsky (1974)

Він з'ясував, що переважна більшість цих назв не відповідають вимогам номенклатурного Кодекса, бо недійсні або є «голими назвами» без діагнозів чи формулами, а не епітетами, або задумувались не як епітети. З них тільки дві назви, запропоновані для гібридів *Secale cereale* × *Triticum spelta* і *Secale cereale* × *Triticum turgidum*, є правильними: ×*Triticosecale blaringhemii* і ×*Triticosecale neoblaringhemii*. Вони стосуються всіх гібридів, що утворені в цих комбінуваннях схрещувань, прямих чи зворотних, і не придатні для тих, у походженні яких взяли участь інші види. Ці видові епітети утворено від прізвиська французького агронома та ботаніка Луї Бларенгема. Українські наукові назви цих видів: *тритикале Бларенгема* й *тритикале ново-Бларенгема*. Різновиди *Triticosecale blaringhemii* var. *breviaristatum* і *Triticosecale blaringhemii* var. *longiaristatum* мають тринімінальні українські назви: *тритикале Бларенгема короткоостюкове* і *тритикале Бларенгема довгоостюкове*.

Варто додати уточнення щодо авторства назви *Triticum triticale*, яке належить не Арпаду Кішу, згідно з розвідками Стейса, а Віктору Писареву [37]:

*Triticum triticale* Pisarev, Trudy NII Zemled. Tsentr. Raion. Nechernozem. Polosy 17: 38. 1959; nom. nud.

Згідно зі Стейсом, назва ×*Triticosecale rimpai* Wittm. є невалідною, бо на той час назва ×*Triticosecale* не була дійсно оприлюдненою. Справу виправив англійський систематик Артур Гілл, зробивши її законною:

×*Triticosecale rimpai* (M.Graebn.) Wittm. ex A.W.Hill, Index Kew., Suppl. 8: 242 (1933).

Окрім вищевказаних назв, розглянутих Стейсом, оприлюднено ще низку латинських назв для гібридів між пшеницею і житом, як правило без описів [23, 38–50]. Це насамперед назви, що були ефективно оприлюднені українським селекціонером Андрієм Шулин-



діним. Але вони є незаконними, бо пов'язані з неправильною нотородовою назвою і *nomina nuda* – «голими назвами», бо не супроводжувалися діагнозами:

×*Triticale trispecies* Shulyndin, Genetika 6 (6): 32. 1970;

×*Triticale aestiforme* Shulyndin, Vestnik Selskokhoz. Nauki 11: 61.1971;

×*Triticale durumforme* Shulyndin, Vestnik Selskokhoz. Nauki 11: 61.1971;

×*Triticale turgidumforme* Shulyndin, Vestnik Selskokhoz. Nauki 11: 61.1971;

×*Triticale dicoforme* Shulyndin, Vestnik Selskokhoz. Nauki 11: 61.1971;

×*Triticale dicocoidesforme* Shulyndin, Vestnik Selskokhoz. Nauki 11: 61. 1971;

×*Triticale palaeocolchicumforme* Shulyndin, Triticale Izuch. Selektiv. 56. 1975.

Джеймс Маккі, що працював у Швеції, утворив нову комбінацію для тетраплоїдного тритикале і дав голу назву октоплоїдному тритикале, розмістивши їх у роді *Triticum*:

*Triticum rimpai* (Wittmack) Mac Key, Kulturpanze 29: 202. 1981;

*Triticum krolowii* Mac Key, Proc. II Int. Triticale Symp. 38. 1991.

Тетраплоїдний таксон китайські автори Цзянь та Кун перенесли до ×*Triticale*. Остання назва є зайвою, надлишковою, бо правильною назвою нотороду є ×*Triticosecale*. Нова комбінація також є *nomen nudum*, як й вищезазначені:

×*Triticale krolowii* H.Jiang & X.Kong, J. Sichuan Agr. Univ. 3: 334. 1991.

Інші китайські селекціонери, автори «Біосистематики *Triticeae*», вважали *Triticosecale* родовим, а не нотородовим таксоном:

*Triticosecale neoblaringhemii* C.Yen & J.L.Yang, XIAO mai 2: 52, f. 2–3. 2004;

*Triticosecale rimpai* C.Yen & J.L.Yang, XIAO mai 2: 52, f. 2–2. 2004.

Маккі розробив декілька класифікацій роду *Triticum*, до якого включав види тритикале, які виокремив у секцію *Triticosecale*. У різні часи він оприлюднив декілька голих назв для тритикале. В останній своїй класифікації [44] він оприлюднив видову назву *Triticum semisecale* та утворив нові комбінування *Triticum rimpai* і *Triticum neoblaringhemii*. У латинському діагнозі останнього виду помилково було наведено ще одну назву *Triticum blaringhemii*:

*Triticum blaringhemii* (A.Camus) Mac Key, Durum Wheat Breeding 1: 47. 2005;

*Triticum neoblaringhemii* (A.Camus) Mac Key, Durum Wheat Breeding 1: 46. 2005;

*Triticum rimpai* (Wittmack) Mac Key, Durum Wheat Breeding 1: 47 (-48). 2005;

*Triticum semisecale* Mac Key, Durum Wheat Breeding 1: 45 (-46). 2005.

Якщо приймати систему роду *Triticum* за Маккі, то українські назви ефективно оприлюднених нових назв видів пшениці є: *Triticum semisecale* – пшениця напівжитня, *Triticum neoblaringhemii* – пшениця ново-Бларенгема і *Triticum rimpai* – пшениця Рімпау. Вони стосуються міжвидових гібридів за участю видів пшениці та жита, що мають рівень плоідності, відповідно 4х, 6х та 8х.

Нові нотовидові назви, запропоновані російськими вченими Уллубієм Куркієвим та Анною Філатенко не були дійсно оприлюдненими через відсутність діагнозів. Назва ×*T. derzhavinii* є зайвою, бо стосується гібридів, що належать до ×*T. neoblaringhemii*:

×*Triticosecale derzhavinii* Kurkiev & A.Filatenko, II Vavilov Int. Conf. Genet. Res. Cult. Plants St. Petersburg Abstr. 29 (-30). 2007;

×*Triticosecale lebedevii* Kurkiev, II Vavilov Int. Conf. Genet. Res. Cult. Plants St. Petersburg Abstr. 29. 2007.

Білоруські селекціонери Іван Гордей та Олег Люсіков у систему ×*Triticosecale* ввели підвидові категорії ×*T. derzhavinii*. Як перший підвидовий епітет вони використали *secalotriticum*, який приписали Розенштілю та Міттельштейшайду (1943). Насправді вищевказані німецькі вчені у своїй праці застосовували для жито-пшеничних гібридів родову назву *Secalotriticum*, запропоновану Костовим (1936). Відображення її у формі ×*Secalotriticum*, що мало місце в праці Гупти та Бома (1986), вважається типографською помилкою [15]. Гордей та Люсіков використовували два варіанти написання епітета *secalotriticum* і *secalotriticum*, вважаючи їх синонімічними. Окрім того вони застосовували назви (знову як синонімічні) ×*Secalotriticum* і ×*Secalotriticum* як нотородові для позначення жито-пшеничних гібридів на противагу пшенично-житнім гібридам ×*Triticale*. Водночас вони визнають ноторід ×*Triticosecale*. Доволі важко розібратися в цьому нагромадженні назв, що є надлишковими, не дійсно оприлюдненими, голими та незаконними. Другий підвидовий епітет *triticale* вони приписують Чермаку, який, згідно з Мюнтцингом запропонував це слово для позначення пшенично-житніх гібридів, але воно прикладалося останніми авторами для позначення таксону іншого рангу:

×*Triticosecale derzhavinii* subsp. *secalotriticum* I.Gordei & Lyusikov, Mol. Prikl. Gen. 9: 74. 2009, et Trudy Prikl. Bot. Genet. Selects. 166: 60. 2009;

×*Triticosecale derzhavinii* subsp. *secalotriticum* I.Gordei & Lyusikov, Mol. Prikl. Gen. 9: 69. 2009, et Trudy Prikl. Bot. Genet. Selects. 166: 57. 2009;

×*Triticosecale derzhavinii* subsp. *triticales* I. Gordei & Lyusikov, Mol. Prikl. Gen. 9: 73. 2009, et Trudy Prikl. Bot. Genet. Selects. 166: 57. 2009, 60. 2009.

Карл Гаммер та Анна Філатенко спробували упорядкувати номенклатуру тритикале згідно з класичною системою роду *Triticum*, яка розпізнає значно більшу кількість видів пшениці, ніж у геномній системі Маккі та визнає ноторід *Triticosecale* [48]. Ними було запропоновано нову комбінацію для гібридів тетраплоїдного рівня, що розширила перелік дійсних нотовидових назв тритикале:

×*Triticosecale semisecale* (MacKey) K.Hammer & A.Filatenko, Genet. Resources Crop Evol. 58(1): 8. 2010.

За цією обробкою тритикале складається з трьох видів: ×*Triticosecale semisecale* – тритикале напівжитне, ×*Triticosecale neoblaringhemii* – тритикале ново-Бларенгема та ×*Triticosecale rumpaii* – тритикале Рімпау. Тетраплоїдне тритикале напівжитне спочатку виникло внаслідок схрещування *Triticum monococcum* × *Secale cereale*, але можливі й інші шляхи його утворення. Гексаплоїдне тритикале ново-Бларенгема походить від схрещування *Secale cereale* × *Triticum turgidum*. Октоплоїдне тритикале Рімпау походить від схрещування *Secale cereale* × *Triticum aestivum*.

Дотримання традиційної або генетичної системи роду *Triticum* через різне розмежування видів впливає на кількість міжвидових гібридів, що визнаються. Камю оприлюднила назву ×*Triticosecale neoblaringhemii*, що є гібридом *Secale cereale* × *Triticum turgidum*. Маккі переніс його до роду пшениця, як *Triticum neoblaringhemii*. Він до вказаної комбінації схрещування додав інші, внаслідок яких виник цей штучний гібрид, у т. ч. за додаткової участі *Triticum aestivum*, тобто одна назва запропонована для різних комбінуваних схрещування, двота тривидових. Це суперечить ст. Н4 номенклатурного кодексу, бо до *Triticum* × *neoblaringhemii* належать тільки гібриди *Secale cereale* × *Triticum turgidum* різних поколінь, включно з особинами, що виникли внаслідок зворотніх схрещувань та їхніх комбінуваних. Гібриди за участі *Triticum aestivum* виходять за межі цього нототаксона.

×*Triticosecale rumpaii* Wittmack sensu K.Hammer & Filatenko є гібридом *Secale cereale* × *Triticum aestivum* із синонімом

*Triticum rumpaii* (Wittmack) Mac Key. Маккі [44] у синонімах до *Triticum rumpaii* наводить ×*Triticosecale blaringnemii* (= *Secale cereale* × *Triticum spelta*), що не суперечить його геномній системі роду *Triticum*, де *Triticum aestivum* включає підвид *spelta*. Але в рамках традиційної системи роду *Triticum*, прибічниками якої є автори [48], *Triticum aestivum* і *Triticum spelta* вважаються окремими видами і назва нототаксону для гібридів *Secale cereale* × *Triticum aestivum* не може поширюватися на гібриди *Secale cereale* × *Triticum spelta*.

У синоніміці до *Triticum neoblaringhemii* Маккі [44] наводить назви тритикале, запропоновані Енріке Санчес-Монхе та Бернаром Бомом для гібридів жита з видами пшениці: *Triticum carthlicum*, *Triticum diccocoides*, *Triticum diccocum*, *Triticum durum*, *Triticum timopheevii*. За геномною класифікацією перші п'ять видів вважаються лише підвидами *Triticum turgidum*, тоді як останній таксон визнається видом, окремим від *Triticum turgidum*. Прихильникам традиційної класифікації пшениць потрібно утворити назви для нотовидових таксонів, що створені в гібридних комбінаціях вищеназваних видів пшениці із житом, бо назва ×*Triticosecale neoblaringhemii* стосується лише гібридів *Secale cereale* × *Triticum turgidum*.

Не мають законних назв поширені в Україні тривидові – *Secale cereale* × *Triticum aestivum* × *Triticum turgidum* та чотиривидові гібриди – *Secale cereale* × *Triticum aestivum* × *Triticum spelta* × *Triticum turgidum*. Останній чотиривидовий гібрид за традиційною класифікацією стає тривидовим за геномною класифікацією. Комбінування схрещувань тритикале, виконані в Японії, були настільки численні, що автори для зручності замість гібридних формул застосували систему скорочень, що склалися лише з перших літер латинських назв компонентів схрещувань [24].

Клів Стейс – професійний систематик, аналізуючи стан номенклатури тритикале за понад сто років, був вражений практично повним недотриманням вимог номенклатурних кодексів в агрономічній літературі [15]. Така ситуація зберігалась і в наступні тридцять років. Необізнаність агрономів з основними положеннями номенклатурних кодексів збільшує плутанину й ускладнює роботу з культурою. Так, селекціонери продовжують давати латинські назви новим гібридам тритикале. Зокрема, російський селекціонер Олександр Боровик оприлюднив назви для гібридів тритикале з *Triticum sphaerococcum*.

Назву *Triticale sphaerococcumforme* Боровик приписує Шуліндіну, але в працях останнього такої видової назви ми не знайшли, тому цитуємо Боровика як автора. Усі ці назви пов'язані з неправильною родовою назвою і не супроводжуються діагнозами:

*Triticale sphaerococcum* Borovik, Selects. Vozvrashch. Kult. Ischez. Redk. Vidov Pshenitsy Dissert. 1. 2016, et Selects. Vozvrashch. Kult. Ischez. Redk. Vidov Pshenitsy Autoepit. Dissert. 1. 2016;

*Triticale sphaerococcum* var. *rotundatum* Borovik, Selects. Vozvrashch. Kult. Ischez. Redk. Vidov Pshenitsy Dissert. 182. 2016, et Selects. Vozvrashch. Kult. Ischez. Redk. Vidov Pshenitsy Autoepit. Dissert. 24. 2016;

*Triticale sphaerococcumforme* Borovik, Vozvrashch. Kult. Ischez. Redk. Vidov Pshenitsy Autoepit. Dissert. 5. 2016.

В українській Вікіпедії у статті про тритикале класифікацію *Triticale* викладено наступним чином (рис. 1) [51]:

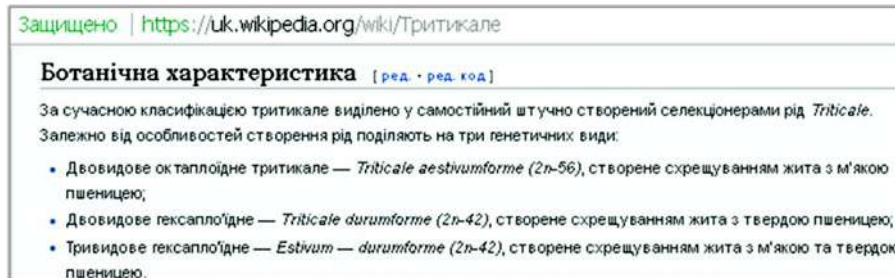


Рис. 1. Скріншот сторінки Вікіпедії, присвяченої систематиці тритикале

Мало того, що автор статті у Вікіпедії вважає віднесення тритикале до роду *Triticale* «сучасною класифікацією», у латинській назві тривидового гексаплоїдного тритикале укорочену частину видового епітету з гібридної формули відображено як родову назву – *Estivum* (!). На жаль, агрономи не помічають цього безперечного ляпсусу і множать його в наукових працях, дисертаціях та посібниках [52–55].

Іншою традицією агрономів є застаріла звичка замість правильного перекладу латинських назв транслітерувати їх, наприклад передаючи *Triticum turgidum*, *Triticum durum* відповідно не як пшениця тучна і пшениця тверда, а як тритикум тургідум і тритикум дурум. Така ж недоречна практика стосується і запропонованих видових назв тритикале у вигляді тритикале аестивумформе, тритикале дурумформе, тритикале тургідум, тритикале дикоккоїдес тощо [9, 39].

#### МКН та МКНКР

Отже, наявні законні назви таксонів тритикале нотовидового рівня не охоплюють усього існуючого різноманіття гібридів між видами пшениці та жита. Вірогідно, у роботі з тритикале, варто користуватися не класифікацією на основі описаних нотовидів, нотопідвидів та ноторізновидів, назви яких відповідають вимогам Міжнародного кодексу номенклатури для водоростей, грибів та рослин (МКК), а застосовувати положення Міжнародного кодексу номенклатури культурних рослин (МКНКР) [56].

У відповідності до МКН культурні рослини можуть отримати назви принаймні до рівня роду, виду або нижчого рангу. МКНКР регулює назви сортів (культivarів), Груп сортів або грексів. Епітети цих таксономічних одиниць додаються до назви ботанічного таксона.

Так, назва сорту складається з латинської або тривіальної (національної) назви рослини із сортовим епітетом, що заключений в одинарні лапки. Латинська/тривіальна назва рослини може позначати рід/ноторід або вид/нотовид. Тобто, можна застосувати такі назви як ×*Triticosecale* ‘Sunray’, ×*Triticosecale* ‘Санрей’, тритикале ‘Санрей’, або ×*Triticosecale* ‘Ніканор’, *Triticosecale* ‘Nikanor’, тритикале ‘Ніканор’. Назви іноземних сортів зберігають в оригінальному написанні або передають українською засобами практичної транскрипції. Українські сорти за потреби написання латиницею транслітерують згідно із системою транслітерування, що затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 27.10.2010 № 55. Таке скорочене написання зручніше за повне, як, наприклад, ×*Triticosecale* *rimpai* ‘Leontino’, причому в агрономічній практиці повні назви практично не використовують.

Сукупність сортів, що вирізняється від інших сортів, може бути названа Групою (Group). Назвою Групи є сполучення назви роду, або нижчого таксона з епітетом Групи. Кожне слово епітету групи повинно починатися з великої літери, слово Група (Group) також пишеться з великої літери. Існують

різні класифікації тритикале, які можна використати для найменування Груп.

Найчастіше тритикале групують за типом розвитку (ярий, озимий) або рівнем плоідності (4х, 6х, 8х, 10х). У Державному реєстрі сортів рослин України сорти тритикале поділено за типом розвитку, тому можна запропонувати поділ на дві групи сортів – Яру Групу (Spring Group) та Озиму Групу (Winter Group). Прикладами таких назв є *×Triticosecale* Яра Група ‘Соловей Харківський’, *×Triticosecale* Spring Group ‘Vsevolod’, *×Triticosecale* Озима Група ‘Славетне’, *×Triticosecale* Winter Group ‘TriCal Flex 719’ тощо.

Якщо сорти тритикале поділяти за рівнем плоідності, то назвами груп можуть бути: Diploid Group, Tetraploid Group, Hexaploid Group, Octoploid Group, Decaploid Group, або українською, відповідно, Диплоїдна Група, Тетраплоїдна Група, Гексаплоїдна Група, Октоплоїдна Група, Декаплоїдна Група. Один і той же сорт може бути розміщений у різних групах, наприклад, ‘Соловей Харківський’ в Ярій Групі та Гексаплоїдній. В останньому випадку назву можна відобразити декількома рівноправними способами: *×Triticosecale* Гексаплоїдна Група ‘Соловей Харківський’, або *×Triticosecale* Hexaploid Group ‘Solovei Kharkivskiy’.

## Висновки

Гібриди між пшеницею і житом належать до нотороду *×Triticosecale*, українським відповідником назви якого є тритикале, що граматично належить до середнього роду.

Для позначення численних гібридів між різними видами пшениці і жита оприлюднено багато латинських назв, але переважна більшість з них згідно з Міжнародним кодексом номенклатури для водоростей, грибів та рослин, який регулює назви ботанічних таксонів, є «голими» і незаконними. Видові назви тритикале, що відповідають усім вимогам номенклатурного кодексу, не набули поширення в агрономічній практиці.

Для упорядкування сортового розмаїття тритикале варто застосовувати рекомендації Міжнародного кодексу номенклатури культурних рослин, що регулюють назви сортів та їхніх сукупностей.

## Використана література

1. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 р. URL: <http://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.
2. Wilson A. S. On wheat and rye hybrids. *Trans. Proc. Bot. Soc. Edinburgh*. 1876. Vol. 12. P. 286–288.
3. Carman E. Rural topics. *Rural New Yorker*. 1884. 30 August.

4. Leighty C. Carman's wheat rye hybrids. *J. Hered.* 1916. Vol. 7. P. 420–427.
5. Rimpau W. Kreuzungsprodukte landwirtschaftliche Kulturpflanze. *Landwirt Jahrb.* 1891. Bd. 20. S. 335–371.
6. Lindschau M., Oehler E. Untersuchungen am Konstant Intermediären Additiven Rimpau'schen Weizen Roggen Bastard. *Züchter*. 1935. Bd. 7. P. 228–233.
7. Müntzing A. Berättelse över Verksamheten vis Sveriges Utsädesförenings Kromosomavdelning under tiden 1 Oktober 1931–30 September 1935. *Sveriges Utsädesförenings Tidskr.* 1935. P. 305–320.
8. Müntzing A. Über die Entstehungsweise 56 Chromosomiger Weisen Roggen Bastarde. *Züchter*. 1936. Bd. 8. S. 188–191.
9. Шульдин А. Ф. Тритикале – новая зерновая и кормовая культура. Киев: Урожай, 1981. 49 с.
10. Ammar K., Mergoum M., Rajaram S. The history and evolution of triticales. *Triticale improvement and production* / M. Mergoum, H. Gymez Macpherson (eds.). Rome: FAO, 2004. P. 1–9.
11. Писарев В. Е., Жилкина М. Д. *×Triticale* (2n = 42). *Генетика*. 1967. № 4. С. 3–12.
12. International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017 / N. J. Turland, J. H. Wiersema, F. R. Barrie et al. (eds.). *Regnum Vegetabile*. Glashütten: Koeltz Botanical Books, 2018. Vol. 159. 254 p. doi: 10.12705/Code.2018
13. Wittmack L. Bastard zwischen Weizen ♀ × Roggen ♂. *Sitzungsber. Ges. Naturf. Freunde Berlin*. 1899. S. 59.
14. Camus A. Notes sur la Flore de France. *Bull. Mus. Natl. Hist. Nat.* 1927. Vol. 33. No. 1. P. 534–539.
15. Stace C. A. Triticale: a case of nomenclature mistreatment. *Taxon*. 1987. Vol. 36, No. 2. P. 445–452. doi: 10.2307/1221447
16. Terrell E. E. Check list of scientific names of introduced agricultural grasses. I. Tribe *Triticeae* (*Hordeae*). *Crops Res. USDA. ARS*. 1970. No. 34–116. 16 p.
17. Müntzing A. Problems of allopolyploidy in triticales. *Polyploidy. Basic Life Sciences* / W. N. Levis (ed.). Boston, MA: Springer, 1980. Vol. 13. P. 409–426. doi: 10.1007/978-1-4613-3069-1\_21
18. Baum B. R. Proposal to conserve the “generic name” *Triticale* Müntzing. *Taxon*. 1971. Vol. 20, No. 4. P. 644–645.
19. McVaugh R. Report of the Committee for *Spermatophyta*. Conservation of generic names. XVI. *Taxon*. 1973. Vol. 22, No. 1. P. 153–157.
20. Gupta P. K., Baum B. R. Nomenclature and related taxonomic issues in wheats, triticales and some of their wild relatives. *Taxon*. 1986. Vol. 35, No. 1. P. 144–153. doi: 10.2307/1221052
21. Kang H., Wang H., Huang J. et al. Divergent development of hexaploid triticales by a wheat rye *Psathyrostachys huashanica* trigenic hybrid method. *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11, No. 5. e0155667. doi: 10.1371/journal.pone.0155667
22. Taxonomy Browser. *Triticeae* / The National Center for Biotechnology Information. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=147389>
23. Jiang H., Kong X. A new species of *Triticale*. *J. Sichuan Agr. Univ.* 1991. Vol. 9. P. 334–337. [in Chinese with English abstract]
24. Цуневаки К. Исследования по тритикале в Японии. *Тритикале – первая зерновая культура, созданная человеком*. Москва: Колос, 1978. С. 39–50.
25. Український правопис. Київ: Наук. думка, 2015. 288 с.
26. Стельмах А. Ф. Міжнародний кодекс номенклатури для культурних рослин та біолого агрономічна література: погляд генетика. *Сучасний стан та гармонізація назв культурних рослин у системі UPOV*: матер. Міжнар. наук. практ. конф. (м. Київ, 13 жовт. 2017 р.). Київ, 2017. С. 47–50.
27. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1: Сорта растений. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 508 с.

28. Огієнко Іван (митрополит Іларіон). Наша літературна мова. Київ : Наша культура і наука, 2011. 356 с.
29. Громик Ю. В. Український правопис. Київ : Центр учбової літ ри, 2013. 166 с.
30. Категорія роду іменників. *Електронний підручник з сучасної української мови* / Ін т філології Київ. нац. ун ту ім. Т. Шевченка. URL: <http://www.linguist.univ.kiev.ua/WINS/pidruchn/imen/vlad.htm#t4>
31. Загнітко А. П. Теоретична граматики української мови: Морфологія. Донецьк : ДонДУ, 1996. 435 с.
32. Фурса В. М. Диференціація за родами нових іншомовних невідміюваних іменників у сучасній українській мові. *Наук. зап. [Ніжин. держ. ун ту ім. М. Гоголя]. Сер. : Філол. науки.* 2013. Кн. 2. С. 167–171.
33. Волкотруб Г. Й. Стилїстика ділової мови. Київ : МАУП, 2002. 208 с.
34. Лозова Н. Якого роду салямї? *Культура слова.* 2010. № 72. С. 172–174.
35. Мейстер Г. К., Мейстер Н. Г. *Ржано пшеничні гибриды.* Москва : Новая деревня, 1924. 200 с.
36. А. с. 1734602 СССР, МКИ А 01 Н 1/04. Способ получения секалотритикум / Г. М. Гордей, И. А. Гордей, Л. В. Новикова, Е. П. Клименко ; БелНИИ земледелия и кормов. № 4822733/13 ; заявл. 10.05.90 ; опубл. 23.05.92; бюл. № 19 // Открытия. Изобрет. 1992. № 19.
37. Писарев В. Е. Амфидиплоиды «яровая пшеница × яровая рожь». *Труды НИИ земледелия центр. районов Нечерноземной полосы.* 1959. Вып. 17. С. 14–39.
38. Шульдин А. Ф. Синтез трехвидовых пшенично ржаных амфидиплоидов. *Генетика.* 1970. Т. 6, № 6. С. 23–26.
39. Шульдин А. Ф. О выведении зерновых и кормовых пшенично ржаных амфидиплоидов различной геномной структуры. *Вестник сельск. науки.* 1971. № 11. С. 60–71.
40. Шульдин А. Ф. Генетические основы синтеза различных тритикале и их селекционное улучшение. *Тритикале: изучение и селекция* : матер. Междунар. симп. (г. Ленинград, 3–7 июля 1973 г.). Ленинград, 1975. С. 53–69.
41. Mac Key J. Comments on the basic principles of crop taxonomy. *Kulturpflanze.* 1981. Vol. 29, Iss. 1. P. 199–207. doi: 10.1007/BF02014750
42. Mac Key J. Taxonomy of ryewheat. *Proc. II Int. Triticale Symp.* (Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil, 1–5 Oct., 1990). Мехіко : СИММУТ, 1991. P. 36–40.
43. Yen C., Yang J. L. Xiao mai zu sheng wu xi tong xue. Vol. 2. Beijing : Zhong guo nong ye chu ban she, 2004. 454 p.
44. Mac Key J. Wheat: its concept, evolution, and taxonomy (Durum Wheat). *Durum Wheat Breeding. Current Approaches and Future Strategies* / C. Rojo, M. Nachit, N. Di Fonzo et al. (eds.). Binghamton, NY : Food Product Press, 2005. Vol. 1. P. 3–61.
45. Куркиев У. К., Филатенко А. А. Классификация рода × *Triticosecale* Wittm. *Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке. Состояние, проблемы, перспективы* : тезисы докл. II Вавиловской Междунар. конф. (г. Санкт Петербург, 26–30 ноября 2007 г.). Санкт Петербург : ВИР, 2007. С. 28–30.
46. Гордей И. А., Люсиков О. М., Белько Н. Б., Латушка И. Ф. Секалотритикум (×*Triticosecale derzhavini* secalotriticum Rozenst., et Mittelst.) в системе рода тритикале (×*Triticosecale* Wittm.). *Молекулярная и прикладная генетика.* 2009. Т. 9. С. 69–82.
47. Гордей И. А., Люсиков О. М. Гетероплазматические амфидиплоиды в системе рода тритикале (×*Triticosecale* Wittm.). *Тр. прикл. бот. ген. сел.* 2009. Т. 166. С. 56–65.
48. Hammer K., Filatenko A. A., Pistrick K. Taxonomic remarks on *Triticum* L. and × *Triticosecale* Wittm. *Genet. Resources Crop Evol.* 2011. Vol. 58, No. 1. P. 3–10.
49. Боровик А. Н. Селекция и возвращение в культуру исчезающих и редких видов пшеницы: шарозерной (*Triticum sphaerococcum* Pers.), полбы (*Triticum dicocum* (Schrank.) Schuebl.), твердой (*Triticum durum* Desf.) и создание тритикале шарозерной (*Triticale sphaerococcum*) для диверсификации производства высококачественного зерна : дис. ... д ра с. х. наук : спец. 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений» / Краснодарский НИИСХ им. П. П. Лукьяненко. Краснодар, 2016. 516 с.
50. Боровик А. Н. Селекция и возвращение в культуру исчезающих и редких видов пшеницы: шарозерной (*Triticum sphaerococcum* Pers.), полбы (*Triticum dicocum* (Schrank.) Schuebl.), твердой (*Triticum durum* Desf.) и создание тритикале шарозерной (*Triticale sphaerococcum*) для диверсификации производства высококачественного зерна : автореф. дис. ... д ра с. х. наук : спец. 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений» / Краснодарский НИИСХ им. П. П. Лукьяненко. Краснодар, 2016. 48 с.
51. Тритикале / Вікіпедія. Вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Тритикале> (18 березня 2019)
52. Смаглий О. Ф., Дереча О. А., Рябчук П. О., Матвійчук Б. В. Технології та технологічні проекти вирощування основних сільськогосподарських культур. Житомир : Держ. агрокол. ун т, 2007. 544 с.
53. Зінченко О. І., Коротеєв А. В., Каленська С. М. та ін. Рослинництво. Вінниця : Нова Книга, 2008. 535 с.
54. Москалець В. В., Москалець Т. З. Аналіз систематики окремого ботанічного роду *Triticosecale*. *Сучасний стан та гармонізація назв культурних рослин у системі UPOV* : матер. наук. практ. конф. (м. Київ, 13 жовтня 2017 р.). Київ, 2017. С. 36–38.
55. Дворецький В. Ф. Удосконалення елементів агротехніки вирощування ярих пшениці та тритикале в умовах Південного Степу України : дис. ... канд. с. г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво» / Миколаївський НАУ. Миколаїв, 2019. 194 с.
56. International Code of Nomenclature for Cultivated Plants / C. D. Brickell, C. Alexander, J. J. Cubey et al. (eds.). 9<sup>th</sup> ed. Scripta Horticulturae. 2016. No. 18. 190 p.

## Referenses

1. *Derzhavnyi reistr sortiv, prydatnykh dlia poshurennia v Ukraini na 2019 r.* [State Register of plants suitable for distribution in Ukraine in 2019 p.]. (2019). Retrieved from <http://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslyn>. [in Ukrainian]
2. Wilson, A. S. (1876). On wheat and rye hybrids. *Trans. Proc. Bot. Soc. Edinburgh*, 12, 286–288.
3. Carman, E. (1884). Rural topics. *Rural New Yorker*, 30 August.
4. Leighty, C. (1916). Carman's wheat rye hybrids. *J. Hered.*, 7, 420–427.
5. Rimpau, W. (1891). Kreuzungsprodukte landwirtschafliche Kulturpflanze. *Landwirt Jahrb.*, 20, 335–371.
6. Lindschau, M., & Oehler, E. (1935). Untersuchungen am Konstant Intermediären Additiven Rimpau'schen Weizen Roggen Bastard. *Züchter*, 7, 228–233.
7. Müntzing, A. (1935). Berättelse över Verksamheten vis Sve ridges Utsädesförenings Kromosomavdelning under tiden 1 Oktober 1931–30 September 1935. *Sveriges Utsädesförenings Tidskr.*, 305–320.
8. Müntzing, A. (1936). Über die Entstehungsweise 56 Chromosomiger Weisen Roggen Bastarde. *Züchter*, 8, 188–191.
9. Shulyndin, A. F. (1981). *Tritikale – novaya zernovaya i kormovaya kul'tura* [Triticale is a new grain and feed crop]. Kyiv: Urozhai. [in Ukrainian]
10. Ammar, K., Mergoum, M., & Rajaram, S. (2004). The history and evolution of triticale. In M. Mergoum, & H. Gyme Macpherson (Eds.), *Triticale improvement and production* (pp. 1–9). Rome: FAO.
11. Pisarev, V. E., & Zhilkina, M. D. (1967). ×*Triticale* (2n = 42). *Genetika* [Genetics], 4, 3–12. [in Russian]
12. Turland, N. J., Wiersema, J. H., Barrie, F. R., Greuter, W., Hawksworth, D. L., Herendeen, P. S., ... Gedeon, F. S. (Eds.). (2018). International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth Inter

- national Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. *Regnum Vegetabile*, 159. Glashütten: Koeltz Botanical Books. doi: 10.12705/Code.2018
13. Wittmack, L. (1899). Bastard zwischen Weizen ♀ × Roggen ♂. *Sitzungsber. Ges. Naturf. Freunde Berlin*, 59.
  14. Camus, A. (1927). Notes sur la Flore de France. *Bull. Mus. Natl. Hist. Nat.*, 33(1), 534–539.
  15. Stace, C. A. (1987). Triticale: a case of nomenclature mistreatment. *Taxon*, 36(2), 445–452. doi: 10.2307/1221447
  16. Terrell, E. E. (1970). Check list of scientific names of introduced agricultural grasses. I. Tribe *Triticeae* (*Hordeae*). *Crops Res. USDA. ARS*, 34–116.
  17. Müntzing, A. (1980). Problems of allopolyploidy in triticales. In W. N. Levis (Ed.), *Polyploidy. Basic Life Sciences* (Vol. 13, pp. 409–426). Boston: Springer. doi: 10.1007/978 1 4613 3069 1\_21
  18. Baum, B. R. (1971). Proposal to conserve the “generic name” *Triticale* Müntzing. *Taxon*, 20(4), 644–645.
  19. McVaugh, R. (1973). Report of the Committee for *Spermatophyta*. Conservation of generic names. XVI. *Taxon*, 22(1), 153–157.
  20. Gupta, P. K., & Baum, B. R. (1986). Nomenclature and related taxonomic issues in wheats, triticales and some of their wild relatives. *Taxon*, 35(1), 144–153. doi: 10.2307/1221052
  21. Kang, H., Wang, H., Huang, J., Wang, Y., Li, D., Diao, C., ... Zhou, Y. (2016). Divergent development of hexaploid triticales by a wheat rye *Psathyrostachys huashanica* trigenic hybrid method. *PLoS ONE*, 11(5), e0155667. doi: 10.1371/journal.pone.0155667
  22. The National Center for Biotechnology Information. (2019). *Taxonomy* Browser. *Triticeae*. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=147389>
  23. Jiang, H., & Kong, X. (1991). A new species of triticales. *J. Sichuan Agr. Univ.*, 9, 334–337. [in Chinese with English abstract]
  24. Tsunewaki, K. (1978). Research on triticales in Japan. In *Tritikale – pervaya zernovaya kul'tura, sozdannaya chelovekom* [Triticale is the first grain crop created by man]. Moscow: Kolos. [in Russian]
  25. *Ukrainskyi pravopys* [Ukrainian orthography]. (2015). Kyiv: Naukova dumka. [in Ukrainian]
  26. Stelmakh, A. F. (2017). International Code Nomenclature for Cultivated Plants and Biological Agronomic Literature: A View of Genetics. In *Sychasnyi stan ta harmonizatsiia nazv kul'turnykh roslyn u systemi UPOV: materialy mizhnarodnoi praktychnoi konferentsii* [The current state and harmonization of the names of cultivated plants in the system UPOV: Proc. Int. Sci. Pract. Conf.] (pp. 47–50). Oct. 13, 2017, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
  27. *Gosudarstvennyy reestr selektsionnykh dostizheniy dopushchennykh k ispolzovaniyu. T. 1. Sorta rasteniy* [The State Register of Breeding Achievements approved for use. Vol. 1. Plant Varieties]. (2018). Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh». [in Russian]
  28. Ohienko, Ivan (metropolitan Ilarion). (2011). *Nasha literatura na mova* [Our literary language]. Kyiv: Nasha kultura i nauka. [in Ukrainian]
  29. Hromyk, Yu. V. (2013). *Ukrainskyi pravopys* [Ukrainian orthography]. Kyiv: Tsentri uchbovoi literatury. [in Ukrainian]
  30. Category of nouns. (n.d.). In *Elektronnyi pidruchnyk z suchasnoi ukrainskoi movy* [Electronic textbook on contemporary Ukrainian language]. Retrieved from <http://www.linguist.univ.kiev.ua/WINS/pidruchn/imen/vlad.htm#t4> [in Ukrainian]
  31. Zahnitko, A. P. (1996). *Teoretychna hrammatyka ukrainskoi movy* [Theoretical grammar of Ukrainian language]. Donetsk: DonDU. [in Ukrainian]
  32. Fursa, V. M. (2013). Differentiation by the gender of new, foreign language non re-nouned nouns in modern Ukrainian. *Naukovi zapysky Nizhynskoho derzhavnoho universytetu im. Mykola Hoholia. Seriya: Filolohichni nauky* [Scientific Notes Nizhyn Gogol State University. Series: Philology], 2, 167–171. [in Ukrainian]
  33. Volkotrub, H. Y. (2002). *Stylistyka dilovoi movy* [Stylistics of business language]. Kyiv: MAUP. [in Ukrainian]
  34. Lozova, N. (2010). What gender is a salami? *Kultura slova* [Word Culture], 72, 172–174. [in Ukrainian]
  35. Meister, G. K., & Meister, N. G. (1924). *Rzhano pshenichnye gibrydy* [Rye wheat hybrids]. Moscow: Novaya derevnya. [in Russian]
  36. Gordey, G. M., Gordey, I. A., Novikova, L. V., & Klimenko, E. P. (1992). The method of obtaining secalotriticum. Certificate of authorship No. 1734602. [in Russian]
  37. Pisarev, V. E. (1959). “Spring wheat” × “spring rye” amphidiploids. *Trudy nauchno issledovatel'skogo instituta zemledeliya tsentral'nykh rayonov Nechernozemnoy polosy* [Proceedings of the Research Institute of Agriculture of the Central Regions of the Non Chernozem Zone], 17, 14–39. [in Russian]
  38. Shulyndin, A. F. (1970). Synthesis of three species wheat rye amphidiploids. *Genetika* [Genetics], 6(6), 23–26. [in Russian]
  39. Shulyndin, A. F. (1971). On the removal of grain and fodder wheat rye amphidiploids of various genomic structures. *Vestnik Sel'skokhozyaystvennoy Nauki* [Bulletin of Agricultural Science], 11, 60–71 [in Russian]
  40. Shulyndin, A. F. (1975). Genetic bases of the synthesis of various triticales and their selective improvement. In *Tritikale: izuchenie i selektsiya: materialy mizhnarodnogo simpoziuma* [Triticale: study and breeding: Proc. Int. Symp.] (pp. 53–69). July 3–7, 1973, Leningrad, USSR. [in Russian]
  41. Mac Key, J. (1981). Comments on the basic principles of crop taxonomy. *Kulturpflanze*, 29(1), 199–207. doi: 10.1007/BF02014750
  42. Mac Key, J. (1991). Taxonomy of ryewheat. *Proc. II Int. Triticale Symp* (pp. 36–40). 1–5 Oct., 1990, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil.
  43. Yen, C., & Yang, J. L. (2004). *Xiao mai zu sheng wu xi tong xue* (Vol. 2). Beijing: Zhong guo nong ye chu ban she.
  44. Mac Key, J. (2005). Wheat: its concept, evolution, and taxonomy (Durum Wheat). In C. Royo, M. Nachit, N. Di Fonzo, J. L. Araus, W. H. Pfeiffer, & G. A. Slafer (Eds.), *Durum Wheat Breeding. Current Approaches and Future Strategies* (Vol. 1, pp. 3–61). Binghamton, NY: Food Product Press.
  45. Kurkiv, U. K., & Filatenko, A. A. (2007). Genus × *Triticosecale* Wittm. classification. In *Geneticheskie resursy kul'turnykh rasteniy v XX veke. Sostoyaniye, problemy, perspektivy: tezisy dokl. II Vavilovskoy Mezhdunar. konf.* [Genetic resources of cultivated plants in the XXI century. Status, problems, prospects: abstracts of 2<sup>nd</sup> Vavilov Int. Conf.] (pp. 28–30). Nov. 26–30, 2007, Saint Petersburg, Russia. [in Russian]
  46. Gordei, I. A., Lyusikov, O. M., Belbo, N. B., & Latushka, I. F. (2009). Secalotriticum (×*Triticosecale* derzhavini) secalotriticum Rozenst., et Mittelst.) in the system of genus triticales (×*Triticosecale* Wittm.). *Molekularnaâ i prikladnaâ genetika* [Molecular and Applied Genetics], 9, 69–82. [in Russian]
  47. Gordei, I. A., & Lyusikov, O. M. (2009). Heteroplasmic amphidiploids in the system of genus triticales (×*Triticosecale* Wittm.). *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* [Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding], 166, 56–65. [in Russian]
  48. Hammer, K., Filatenko, A. A., & Pistrick, K. (2011). Taxonomic remarks on *Triticum* L. and ×*Triticosecale* Wittm. *Genet. Re sources Crop Evol.*, 58(1), 3–10.
  49. Borovik, A. N. (2016). *Selektsiya i vozvrashchenie v kul'turu szhezayushchikh i redkikh vidov pshenitsy: sharozernoy (Triticum sphaerococcum Pers.), polby (Triticum dicoccum (Schrank.) Schuebl.), tverdoy (Triticum durum Desf.) i sozdanie tritikale sharozernoy (Triticale sphaerococcum) dlya diversifikatsii proizvodstva vysokokachyennogo zerna* [Breeding and returning to the culture of disappearing and rare wheat species: shot wheat (*Triticum sphaerococcum* Pers.), emmer (*Triticum dicoccum* (Schrank.) Schuebl.), durum (*Triticum durum*

- Desf.), and creating shot triticale (*Triticale sphaerococcum*) for diversification of high quality grain production] (Dr. Agric. Sci. Diss.). Krasnodar Research Institute of Agriculture named after P. P. Lukyanenko, Krasnodar, Russia. [in Russian]
50. Borovik, A. N. (2016). *Selektsiya i vozvrashchenie v kul'turu szchezayushchikh i redkich vidov pshenitsy: sharozernoy (Triticum sphaerococcum Pers.), polby (Triticum dicoccum (Schränk.) Schuebl.), tverdoy (Triticum durum Desf.) i sozdanie tritikale sharozernoy (Triticale sphaerococcum) dlya diversifikatsii proizvodstva vysokokachestvennogo zerna* [Breeding and returning to the culture of disappearing and rare wheat species: shot wheat (*Triticum sphaerococcum* Pers.), emmer (*Triticum dicoccum* (Schränk.) Schuebl.), durum (*Triticum durum* Desf.), and creating shot triticale (*Triticale sphaerococcum*) for diversification of high quality grain production] (Extended Abstract of Dr. Agric. Sci. Diss.). Krasnodar Research Institute of Agriculture named after P. P. Lukyanenko, Krasnodar, Russia. [in Russian]
51. *Triticale*. Retrieved from <https://uk.wikipedia.org/wiki/Тритикале> (March 18, 2019). [in Ukrainian]
52. Smahlii, O. F., Derecha, O. A., Riabchuk, P. O., & Matviichuk, B. V. (2007). *Tekhnologii i tekhnologichni proekty dlia vyroshchuvannya holovnykh silskohospodarskykh kultur* [Technologies and technological projects for growing the main agricultural crops]. Zhytomyr: Derzhavnui ahroekologichnyi universytet. [in Ukrainian]
53. Zinchenko, O. I., Korotieiev, A. V., Kalenska, S. M., Demydas, H. I., Petruchenko, V. F., Salatenko, V. N., ... Bilonozhko, V. Ya. (2008). *Roslynystvo* [Plantgrowing]. Vinnytsia: Novaknyha. [in Ukrainian]
54. Moskaletz, V. V., & Moskaletz, T. Z. (2017). Analysis of the taxonomy of the distinct botanical genus *Triticosecale*. In *Suchasnyi stan ta harmonizatsia nazv kulturnych roslyn u systemi UPOV: materialy naukovykh praktychnoi konferentsii* [The current state and harmonization of the names of cultivated plants in the UPOV system: Proc. Sci. Pract. Conf.] (pp. 36–38). Oct. 13, 2017, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
55. Dvoretzkyi, V. F. (2019). *Udoskonalennia elementiv ahrotekhniki vyroshchuvannya yarykh pshenytsi ta trytykale v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy* [Improvement of the elements of agrotechnics for the cultivation of spring wheat and triticale in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine] (Cand. Agric. Sci. Diss.). Mykolaiv National Agrarian University, Mykolaiv, Ukraine. [in Ukrainian]
56. Brickell, C. D., Alexander, C., Cubey, J. J., David, J. C., Hoffman, M. H. A., Leslie, A. C., ... Jin, X. (Eds.). (2016). International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. (9<sup>th</sup> ed.). *Scripta Horticulturae*, 18, 1–190.

УДК 633.11: 001.4 (477)

**Меженский В. М.**<sup>1,2</sup> К вопросу упорядочения украинских названий растений. Сообщение 11. Тритикале (*×Triticosecale* Wittmack ex A. Camus). *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 4. С. 325–336. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.188416](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.188416)

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природопольовання України, ул. Героїв Оборони, 15, г. Київ, 03041, Україна, e-mail: mezh1956@ukr.net

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

**Цель.** Анализ практики наименования гибридов между пшеницей и рожью. **Результаты.** Каждый ботанический таксон в определенных границах может иметь только одно правильное название, которое является самым ранним и соответствует нормам Международного кодекса ботанической номенклатуры для водорослей, грибов и растений. Для гибридов *Secale × Triticum* таким названием является *×Triticosecale*. Людвиг Виттмак эффективно обнаружил это название в 1899 году, опубликовав в материалах научного общества. В публикации не было указаний на латинские названия родительских родов, поэтому название стало действительно обнаруженным только в 1927 году, когда этот недостаток был исправлен Эми Камю. Прочие названия (*×Triticale*, *×Triticosecale*, *×Secalotriticum*, *×Secalotriticum*) уступают по приоритету *Triticosecale*, так как обнаружены позже и являются лишними. Однако, название *Triticale* стало широко распространенным и является общим названием для новой культуры – тритикале. В украинской и русской специализированной литературе термин *тритикале* используется контрверсионно как слово мужского, женского или среднего рода, поэтому названия сортов согласуются с различными грамматическими родами. Селекционеры успешно провели прямые и обратные скрещивания нескольких видов пшеницы и ржи, дав гибридам тритика

ле многочисленные латинские названия. Многие из этих названий формально похожи на видовые названия, но, как правило, не отвечают требованиям номенклатурного кодекса и являются незаконными. Лишь некоторые из предложенных названий действительно обнаружены, но они не получили широкого распространения в агрономической практике. В то же время по-прежнему практикуется присвоение созданным гибридам тритикале новых незаконных названий, которые не отвечают номенклатурным требованиям, что увеличивает путаницу. **Выводы.** Согласно правилам украинского языка слово тритикале грамматически относится к среднему роду. Оно обозначает новую полевую культуру, имеющую ното родовое название *×Triticosecale*. Большинство предложенных селекционерами названий видового и подвидового уровня для тритикале не отвечают требованиям Международного кодекса ботанической номенклатуры для водорослей, грибов и растений. Для упорядочивания сортового разнообразия тритикале стоит применять рекомендации Международного кодекса номенклатуры культурных растений, которые регулируют названия сортов и их совокупностей.

**Ключевые слова:** номенклатура; *×Triticosecale*; тритикале; ржано пшеничные гибриды; пшенично ржаные гибриды.

UDC 633.11: 001.4 (477)

**Mezhenskyj, V. M.**<sup>1,2</sup> (2019). On the issue of streamlining Ukrainian plant names. Information 11. Triticale (*×Triticosecale* Wittmack ex A. Camus). *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 325–336.

[https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.188416](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.188416)

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

<sup>2</sup>Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine

**Purpose.** The analysis of wheat and rye hybrids naming. **Results.** Each botanical taxon, within certain limits, has to be of one correct name, which is initial and in the line with the requirements of the International Code of Botanical Nomenclature for algae, mushrooms and plants. For *Secale × Triticum* hybrids, this name is *×Triticosecale*. In 1899 Ludwig Wittmack introduced the name *Triticosecale* publishing it in the materials of the scientific society in Berlin. The publication did not contain references to the Latin names of parental genera, so this name became valid only after publication in 1927, when this disadvantage was corrected by Amy Camus. Other names (*×Triticale*, *×Tritisecale*, *×Secalotricum*, *×Secalotriticum*) are of secondary priority to *×Triticosecale*, as they were published later and therefore are superfluous. Nevertheless, the name *Triticale* has become widespread and is a common name for a new crop – triticale. In the Ukrainian and Russian specialized literature, the term *triticale* is used controversially as words of masculine, feminine or neuter genders, so the variety names are of different grammatical genders. The breeders successfully implemented direct and reciprocal crossing of several species of wheat and rye,

giving many Latin names for triticale hybrids. Many of these names are formally similar to species names, but usually do not meet the requirements of the nomenclature code and are illegal. Only some of the proposed names are published, but they are not widely used in agronomic practice. At the same time, assigning illegal names to the new triticale hybrids that do not meet nomenclature requirements and increases confusion is still practiced. **Conclusions.** According to the Rules of the Ukrainian language, the word *triticale* relates to the neuter grammar gender. It represents a new field crop and is the Ukrainian conformity to the nothogeneric name *×Triticosecale*. Most species and sub species names proposed by breeders for triticale do not meet the requirements of the International Code of Botanical Nomenclature for algae, mushrooms and plants. For ordering the varietal diversity of triticale names, it is worthwhile to apply the recommendations of the International Code of Nomenclature for Cultivated Plants, which standardizes the names of varieties and their groups.

**Keywords:** nomenclature; *×Triticosecale*; *triticale*; rye wheat hybrids; wheat rye hybrids.

Надійшла / Received 25.10.2019

Погоджено до друку / Accepted 05.12.2019



# Розроблення нової методики проведення експертизи сортів японської айви (*Chaenomeles* Lindl.) на відмінність, однорідність і стабільність

В. М. Меженський<sup>1,2</sup>, Н. П. Костенко<sup>2</sup>, С. П. Лікар<sup>2</sup>, М. Б. Душар<sup>2</sup>

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

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

**Мета.** Розробити методику проведення експертизи сортів *Chaenomeles* Lindl. на відмінність, однорідність і стабільність. **Результати.** Види роду *Chaenomeles* мають значення як декоративні, плодові та лікарські рослини. До бази даних PLUTO занесено сорти декоративного та плодового напрямку використання, що зареєстровані в Європейському Союзі, Китаї, Латвії, Нідерландах, Польщі, Росії, Україні та Японії. Протоколів CPVO чи методик UPOV для *Chaenomeles* не розроблено, натомість в 2003–2016 рр. в Європейському Союзі, Китаї, Росії та Україні опубліковано чотири національні методики експертизи сортів японської айви на ВОС (відмінність, однорідність і стабільність). Кожна з них враховує 46, 31, 51 та 31 ознаку відповідно. Згадані методики різняться між собою також у виборі ознак, обов'язкових для спостереження та за способами групування сортів. Ознаки, що притаманні для квіток і плодів є основними для розрізнення сортів японської айви, чому сприяє надзвичайна варіабельність забарвлення пелюсток і плодів, форми і маси плодів тощо. Існуючі методики мають суттєві розбіжності в описі цих та інших ознак. На основі вивчення створеної сортової і видової колекції *Chaenomeles* та власного селекційного досвіду запропоновано дещо інші підходи до наповнення та поліпшення методики на ВОС. **Висновки.** Нова методика містить 42 ознаки, що характеризують морфологію рослин, пагонів, колючок, листків, квіток, плодів, насінин та фенологію і може бути використана для експертизи всіх сортів *Chaenomeles* на ВОС.

**Ключові слова:** японська айва; *Chaenomeles*; ознаки; квітки; плоди; експертиза сортів на ВОС; методика UPOV; протокол CPVO.

## Вступ

Рід *Chaenomeles* Lindl. – японська айва, або хеномел(ес) складається з 3–4 природних видів, що трапляються в Східній Азії та 4 гібридних груп міжвидового походження, що виникли в Європі та Північній Америці [1–3]. Вони мають значення як декоративні, плодові, лікарські рослини. Відомо понад 550 сортів цієї культури, насамперед декоративного спрямування [4]. Японська айва належить до зерняткових культур, сорти якої занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. До інформативної бази даних Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин (далі – PLUTO) занесено сорти Європейського Союзу, Китаю, Латвії, Нідерландів, Польщі, Росії, України та Японії декоративного та плодового напрямку використання.

Для забезпечення захисту прав селекціонерів новий сорт повинен пройти кваліфікаційну експертизу на відмінність, однорідність і стабільність (ВОС-тест). Її здійснюють згідно з протоколами Бюро Спільноти з прав на різновиди рослин (далі – CPVO), які для зерняткових культур розроблено лише для *Malus domestica* Borkh. (яблуня) і підщеп яблуні та *Pyrus communis* L. (груша). Є також методики Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин (далі – UPOV) для підщеп груші, *Cydonia oblonga* Mill. (айва), *Crataegus* L. (глід), *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. (японська мушмула), *Pyrus pyrifolia* (Burm. f.) Nakai (східна груша). Експертизу інших зерняткових культур здійснюють за національними методиками, зокрема в Україні розроблено методики для *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot. (аронія чорноплідна) та *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. (хеномелес японський) [5]. Остання методика стосується лише одного виду *Chaenomeles* і не охоплює всього внутрішньородового різноманіття. У зв'язку з тим, що до Українського інституту експертизи сортів рослин було подано заявки на сорти японської айви іншої таксономічної належності, що не охоплюються існуючою методикою, виникла потреба розробити нову досконалішу методику.

Volodymyr Mezhenskyj

[http://orcid.org/0000\\_0002\\_3154\\_1120](http://orcid.org/0000_0002_3154_1120)

Nataliia Kostenko

[http://orcid.org/0000\\_0003\\_4762\\_2934](http://orcid.org/0000_0003_4762_2934)

Svitlana Likar

[http://orcid.org/0000\\_0002\\_2590\\_7376](http://orcid.org/0000_0002_2590_7376)

Mariia Dushar

[http://orcid.org/0000\\_0002\\_2601\\_5564](http://orcid.org/0000_0002_2601_5564)

*Мета* – розробити методику проведення експертизи всіх сортів *Chaenomeles* Lindl. на відмінність, однорідність і стабільність.

## Результати

Зареєстровані в Україні сорти японської айви належать до декількох різних видів і гібридних груп *Chaenomeles* [6, 7]. Найперспективнішими при поліпшенні помологічного сортименту японської айви в умовах України є гібридні групи *Ch. ×superba* і *Ch. ×californica* [8]. Одним з авторів статті зібрано колекцію *Chaenomeles*, що охоплює видові і сортове розмаїття культури та створено значний гібридний фонд [9, 10], що дало можливість дослідити морфологічні ознаки та фенологічні особливості кущів японської айви. Було запропоновано 9-бальові шкали для оцінювання ознак і властивостей японської айви [11], що увійшли до стандартної методики сортовивчення плодів культур [12].

Іноземні дослідники, що займаються цією культурою, розробили власні методики експертизи на ВОС, які опубліковано. Так, унаслідок виконання проекту FAIR-СТ97-3894, профінансованого Європейським Союзом, було розроблено докладну методику експертизи для плодів і декоративних сортів японської айви [13]. Вона охоплює 46 ознак, з яких визначення 29 є обов'язковим для відмічання кожного вегетаційного періоду під час експертизи. Ступені прояву 8 ознак проілюстровано. В українській методиці [5], розробленій у 2008 р., експертизу сортів пропонують проводити за 31 ознакою, з яких 11 є обов'язковими і повинні включатися до сортових описів в усіх країнах UPOV. Ілюстровані пояснення наведено лише для однієї ознаки. Чотири сорти української селекції було залучено як сорти-еталони. Китайські вчені розробили методику з використанням 12 сортів, що охоплює 31 ознаку, у т. ч. 24 обов'язкових. До роду *Chaenomeles* вони віднесли також вид іншого роду – *Pseudocydonia sinensis* C.K.Schneid., позначаючи його як *Chaenomeles sinensis* (Thouin) Koehne [14]. У російській методиці описано 51 ознаку, 40 з яких слід відмічати кожного вегетаційного періоду [15]. У ній пропонується групувати сорти під час експертизи за шістьма ознаками – рослина: форма крони; квітка – діаметр; пелюстка: основне забарвлення; плід – форма; плід – забарвлення; час початку квітання. В українській методиці рекомендується використовувати чотири ознаки: рослина: висота; пагін: колючки; квітка: забарвлення пелюсток; плід: ребристість. Європейська методика рекомендує використовувати

три ознаки – рослина: габітус; квітка – забарвлення; плід – середня маса.

У розробленій методиці запропоновано групувати сорти за трьома ознаками – рослина: за висотою; квітка: основне забарвлення внутрішнього боку пелюсток; плід: час досягання. У розробленій методиці використано 42 ознаки, що характеризують сорти за морфологією рослин (2), пагонів (3), колючок (1), листків (5), квіток (10), плодів (16), насінин (3) та фенологією (2). З них 24 ознаки завжди залучають до Методик з експертизи на ВОС усіма країнами-членами UPOV. 21 ознаку проілюстровано для точнішого аналізу ступеня її виразності. Сортами-еталонами слугують переважно сорти української селекції, які занесено до Реєстру сортів рослин України, та ті, що наразі проходять кваліфікаційну експертизу.

Рослини *Chaenomeles* вирізняються серед інших *Malinae* надзвичайно широкою палітрою забарвлення пелюсток, що надає їм надзвичайної декоративності і водночас сприяє розмежуванню не тільки декоративних, але й плодів сортів. Монограф роду *Chaenomeles* Клавдія Вібер [4] встановила п'ять класів за забарвленням пелюсток: I. Біле (чисто біле, кремово-біле або жовтувате); II. Біло-Рожеве (біло-рожеве без жовтизни, біло-рожеве з лимонним відтінком); III. Рожеве («pink to rose», лососево-рожеве до коралово-рожевого); IV. Помаранчеве (насичено помаранчеве, помаранчеве); V. Червоне (кармінове/яскраво-червоне, малиново-червоне/темно-червоне).

У попередній вітчизняній методиці забарвлення пелюсток також описується п'ятьма кодами: біле, рожеве, помаранчево-червоне, яскраво-червоне, червоне. У китайській методиці також встановлено 5 класів з дещо іншими назвами: біле, бежеве, рожеве, помаранчево-червоне, червоне. Ця псевдоякісна ознака стосується тільки монохромних квіток, так як у методиці квітки поділено ще за варіюванням забарвлення на одноколірні, двоколірні та триколірні.

У європейській методиці забарвлення пелюсток закодовано рівнями виразності за 9-бальною шкалою: 1 – біле, 3 – рожеве, 5 – помаранчеве, 7 – червоне, 9 – темно-червоне. Автори цієї методики вказують також інший спосіб позначення забарвлення за допомогою шкал кольорів, наприклад за шкалою RHS. Люди не однозначно сприймають кольори, особливо їхні відтінки, і по різному називають їх, тому застосування шкали RHS уніфікувало би позначення, але зайва точність у даному випадку малодоцільна через те, що забарвлення квіток може змінювати свою інтенсивність

рік від року [4]. Пелюстки можуть різнитися між собою в межах квітки та забарвлення самої пелюстки на протилежних боках може коливатися за інтенсивністю. Практичним є застосування лише декількох кольорних класів.

У російській методиці кількість класів збільшено до дев'яти. Це стосується основного забарвлення пелюсток: біле, кремове, жовто-зелене, помаранчеве, помаранчево-червоне, рожеве, червоне, темно-червоне, інше (вказати яке). Використано додаткові ознаки: наявність додаткового забарвлення та тип додаткового забарвлення: смужки, цятки, облямівка, інше (вказати яке). Окрім того пропонується оцінювати забарвлення бутонів за 9 класами, які дещо різняться від кольорних класів забарвлення пелюсток: біле, кремове, помаранчеве, кармінове/яскраво-червоне (= «алий» колір), рожеве, червоне, темно-червоне, інше (вказати яке).

Ми пропонуємо оцінювати забарвлення пелюсток за 9 кольорними класами для обох боків – внутрішнього і зовнішнього, бо вони можуть різнитися між собою.

Для плодів сортів важливими є ознаки саме плодів, які сильно варіюють. Китайська методика розрахована насамперед на декоративні сорти, тому плодам у ній приділено відносно незначну увагу, тоді як європейська, попередня українська та російська методики розроблялися для плодів сортів. Найбільшу градацію в цих чотирьох методиках має опис форми плодів: п'ять, п'ять, шість і дев'ять кодів відповідно. У китайській методиці забарвлення плодів не враховується. Попередня українська методика враховує чотири градації забарвлення плодів (зелено-жовте, жовто-зелене, жовте і помаранчеве), три забарвлення м'якоті (зеленувато-біле, жовте, помаранчеве), три маси плодів (мала, середня, велика). Європейська методика розпізнає три типи основного забарвлення стиглих плодів (зелене, жовтувато-зелене і жовте), чотири ступеня покривного забарвлення (відсутнє, слабке, середнє і високе) та шість видів покривного забарвлення (відсутнє, помаранчеве, рожеве, червоне, зеленувато-червоне і зелене). Форма плодів буває шести класів, що визначаються на вертикальному розрізі (кругла, плеската, довгаста, яйцеподібна, грушоподібна, неправильна). Масу плодів закодовано за 9-баловою шкалою із кроком між кодами в 10 г, від дуже малої (0–9 г) до дуже великої (> 80 г). За російською методикою форма плодів буває приплюснута-округлою, округлою, циліндричною, овальною, яйцеподібною, конусоподібною, видовжено-грушоподібною або широко-грушоподібною. За забарвленням плоди бувають жовтими,

жовто-зеленими, помаранчево-жовтими, брунатними або іншими (вказати якими) та можуть мати плями на поверхні.

Так як плоди видів і гібридних груп японської айви дуже різноманітні, ми застосували по дев'ять градацій для позначення варіювання ознак «форма плода» і «маса плода». Ті плоди, що не входять у вісім установлених класів віднесено до збірного класу – інші, де треба вказувати, яку саме форму вони мають. У нашій колекції маса плодів варіює в межах 9–356 г. Якщо для цієї ознаки встановити дев'ять класів, то рівномірний крок за класами буде невиправдано завеликим. Тому ми застосували шкалу, у якій збільшували крок у кожному класі по мірі збільшення маси плодів. Окрім того для повнішого характеризування плодів ми ввели нові ознаки, яких немає в попередніх методиках – будова верхівки плода, верхівкове заглиблення, індекс культурності, або доместикації, який визначається як відношення середнього діаметра плода до середнього діаметра сердечка, уміст м'якоті тощо.

Спочатку до методики було включено ще декілька ознак різних органів, зокрема, ознаки будови пупка, підшкіркових цяток тощо, але для спрощення з остаточного варіанта їх виключили.

Ступінь прояву ознак максимально проілюстровано кольоровими зображеннями, що спрощує їхнє визначення.

**Коди фаз росту й розвитку рослин,  
в які рекомендовано робити обстеження**

Коди	Назви фаз росту й розвитку
1	зимовий спокій
2	повне цвітіння
3	повністю розвинені листки
4	збиральна стиглість плодів

(\*) – ознаки, позначені зірочкою, завжди залучають до Методик з експертизи на ВОС усі країни-члени UPOV, за винятком випадків, коли виявлення попередньої ознаки або регіональні умови доквілля це унеможливають;

(+) – вказує на те, що до цієї ознаки надано пояснення або ілюстрації після Таблиці ознак;

QL, QN, PQ – типи виявлення ознак, відповідно якісні, кількісні та псевдокісні;

MG, MS, VG, VS – методи спостереження за ознаками, відповідно: разове вимірювання групи рослин або частин рослин; вимірювання окремих, попередньо визначених рослин або частин рослин, на яких протягом вегетації здійснюють усі вимірювання кількісних ознак; візуальна разова оцінка групи рослин; візуальна оцінка окремих, попередньо визначених рослин або частин рослин.

Таблиця ознак сортів роду японської айви

Назва ознаки		Ступінь виявлення ознаки	Код	Сорт еталон
1. (* (+ PQ	Рослина: габітус VG, 1	прямий	1	Вітамінний, Голд Каліф, Каліф
		напівпрямий	3	Тамара, Цитриновий
		розлогий	5	Ніколай, Ніна
		сланкий	7	
2. (* (+ QN	Рослина: за висотою MS, 1	дуже низька	1	
		низька	3	Вітамінний, Ніколай, Ніна
		середня	5	Максим, Помаранчевий
		висока	7	Голд Каліф, Тамара, Караваєвський
		дуже висока	9	
3. (* PQ	Пагін: епідерміс на однорічному пагоні VG, 3	голий	1	Голд Каліф, Тамара
		опушений	2	
		шорстко повстистий	3	Ніколай, Ніна,
4. PQ	Пагін: епідерміс на дворічному пагоні VG, 3	голий	1	Голд Каліф, Тамара
		бородавчастий	2	Ніколай, Ніна
5. (* (+ QN	Пагін: кількість колючок на однорічному пагоні VG, 1	відсутні	1	Ніколай, Ніна, Тамара
		мала	3	Вітамінний, Помаранчевий
		середня	5	
		велика	7	Караваєвський
6. (+ QL	Колючки: спурові VG, 1	відсутні	1	Максим
		наявні	9	Голд Каліф, Каліф
7. (* (+ PQ	Листок: за формою VG, 3	вузькоеліптичний	1	
		еліптичний	2	Голд Каліф, Каліф, Помаранчевий
		широкоеліптичний	3	
		оберненояцеподібний	4	Ніколай, Ніна, Помаранчевий
8. (* (+ QN	Листок: за довжиною MS, 3	короткий	3	Амфора, Караваєвський, Ніна
		середній	5	Помаранчевий, Тамара
		довгий	7	Вітамінний, Голд Каліф, Цитриновий
9. (* (+ QN	Листок: за шириною MS, 3	вузький	3	
		середній	5	Голд Каліф, Максим, Тамара
		широкий	7	Вітамінний, Помаранчевий, Цитриновий
10. (+ QN	Листок: форма верхівки MS, 3	загострена	1	Помаранчевий
		гостра	2	Амфора, Голд Каліф, Тамара
		тупа	3	Караваєвський, Ніколай, Ніна
11. (+ PQ	Листок: край листкової пластинки MS, 3	городчастий	1	Амфора, Караваєвський, Ніколай
		городчасто пильчастий	2	Тамара, Цитриновий
		пильчастий	3	Вітамінний, Помаранчевий, Тамара
		подвійно пильчастий	4	Максим
		війчастий	5	
		майже цілокрай	6	
12. (* (+ QN	Квітка: за типом (кількість пелюсток) MS, 2	проста	3	Вітамінний, Караваєвський, Тамара
		напівповна	5	Помаранчевий
		повна	7	Rubra Plena
13. (+ QN	Квітка: діаметр MS, 2	малий	3	
		середній	5	Вітамінний, Караваєвський
		великий	7	
14. (+ QN	Квітка: пелюстки за шириною MS, 2	вузькі	3	
		середні	5	
		широкі	7	Голд Каліф, Максим, Тамара
15. (+ PQ	Квітка: форма пелюсток VS, 2	яйцеподібна	1	Ніколай, Ніна
		округла	2	Тамара
		широколопатева	3	
		інша	4	
16. (* (+ PQ	Квітка: розташування пелюсток віночка в просторі VS, 2	вільно	1	
		торкаються	2	Максим, Ніколай, Ніна
		перекриваються	3	Голд Каліф, Каліф, Тамара

## Продовження Таблиці ознак сортів роду японської айви

Назва ознаки		Ступінь виявлення ознаки	Код	Сорт еталон
17. (* (+ PQ	Квітка: основне забарвлення внутрішнього боку пелюсток VG, 2	біле	1	Голд Каліф, Каліф
		кремувате	2	
		світло рожеве	3	Помаранчевий, Цитриновий
		темно рожеве	4	Вітамінний
		помаранчево червоне	5	Караваєвський, Ніколай, Ніна
		червоне	6	Тамара
		темно червоне	7	Rubra Plena
		різнобарвне	8	
		інше (вказати яке)	9	
18. (+ QL	Квітка: забарвлення зовнішнього боку пелюсток VG, 2	біле	1	Nivalis, Святковий
		кремувате	2	
		світло рожеве	3	Помаранчевий, Цитриновий
		темно рожеве	4	Вітамінний
		помаранчево червоне	5	Караваєвський, Ніколай, Ніна
		червоне	6	Тамара
		темно червоне	7	Rubra Plena
		різнобарвне	8	Голд Каліф, Каліф, Максим
		інше (вказати яке)	9	
19. (+ QL	Квітка: хвилястість краю пелюсток MS, 2	відсутня	1	Голд Каліф, Максим, Тамара
		наявна	9	
20. (* (+ QL	Квітка: наявність недосконалих квіток MS, 2	відсутні	1	Голд Каліф, Максим, Тамара
		наявні функціонально чоловічі квітки	2	
		наявні функціонально жіночі квітки	3	
21. (* (+ QN	Квітка: кількість недосконалих квіток MS, 2	мала	3	
		середня	5	
		велика	7	
		дуже велика	9	
22. (* (+ PQ	Плід: форма VS, 4	плескато куляста	1	Вітамінний
		куляста	2	Ніна, Ніколай
		еліпсоподібна	3	Голд Каліф, Цитриновий
		довгаста	4	Караваєвський
		яйцеподібна	5	Помаранчевий
		оберненояйцеподібна	6	
		грушоподібна	7	
		оберненогрушоподібна	8	
		неправильна	9	
23. (* (+ QN	Плід: маса MS, 4	дуже мала	1	
		від дуже малої до малої	2	
		мала	3	
		від малої до середньої	4	
		середня	5	Караваєвський, Ніна, Помаранчевий
		від середньої до великої	6	Вітамінний, Голд Каліф, Тамара
		велика	7	
		від великої до дуже великої	8	
дуже велика	9			
24. (* (+ QL	Плід: будова верхівки VS, 4	чашечка висихає не сформувавши обідка	1	
		чашечка розрослася в помітний обідок	2	
		наявний пупок	3	
25. QN	Плід: верхівка пупка MS, 4	гостра	1	Помаранчевий
		тупа	2	Вітамінний
26. (+ QN	Плід: верхівкове заглиблення за шириною MS, 4	мале	3	Тамара
		середнє	5	Вітамінний
		велике	7	Караваєвський

## Продовження Таблиці ознак сортів роду японської айви

Назва ознаки		Ступінь виявлення ознаки	Код	Сорт еталон
27. (+) PQ	Плід: характер поверхні VS, 4	гладенький	1	Голд Каліф, Тамара
		слабко бугристий	2	Ніна
		сильно бугристий	3	
28. (* (+) PQ	Плід: основне забарвлення VS, 4	зелене	1	Караваєвський
		жовте	2	Вітамінний, Ніна, Тамара
		помаранчеве	3	Помаранчевий
29. (* QL	Плід: наявність покривного забарвлення VS, 4	відсутнє	1	Вітамінний, Голд Каліф, Тамара
		наявне	9	
30. (* PQ	Плід: покривне забарвлення VS, 4	червоне	1	
		брунатне	2	
		інше (вказати яке)	3	
31. (+) QN	Плід: інтенсивність покривного забарвлення VS, 4	слабка	3	
		середня	5	
		сильна	7	
32. (+) PQ	Плід: липкість шкірочки VS, 4	відсутня	1	Вітамінний
		слабка	2	Караваєвський, Ніна
		сильна	3	Голд Каліф, Тамара
33. (* (+) QN	Плід: легкість відриву від гілочки VS, 4	дуже легке	1	Максим
		легке	3	Голд Каліф, Тамара
		середнє	5	Ніколай, Ніна
		важке	7	
		дуже важке	9	
34. (* (+) QN	Плід: товщина м'якуша MS, 4	дуже тонка	1	
		тонка	3	
		середня	5	Ніна, Ніколай
		товста	7	Голд Каліф, Тамара
		дуже товста	9	
35. (+) QN	Плід: індекс культурності MS, 4	дуже малий	1	
		малий	3	
		середній	5	Голд Каліф, Ніна, Ніколай
		високий	7	Тамара
		дуже високий	9	
36. (+) QN	Плід: уміст м'якуша MS, 4	дуже малий	1	
		малий	3	
		середній	5	Вітамінний, Голд Каліф, Ніна
		високий	7	Ніколай, Тамара
		дуже високий	9	
37. (* (+) PQ	Плід: забарвлення м'якуша VS, 4	зеленувате	1	Караваєвський
		білувате	2	Цитриновий
		жовтувате	3	Тамара
		помаранчеве	4	Помаранчевий
		червонувате	5	
38. (* (+) QN	Насінини: кількість MS, 4	дуже мала	1	
		мала	3	
		середня	5	Вітамінний, Помаранчевий, Тамара
		велика	7	Голд Каліф, Максим
		дуже велика	9	
39. (+) PQ	Насінина: форма VG, 4	яйцеподібна	1	Вітамінний, Ніна, Тамара
		кегледоподібна	2	
		клиноподібна	3	
40. (* (+) QN	Насіння: маса 1000 шт. MS, 3	дуже мала		
		мала	3	
		середня	5	Ніколай, Ніна
		велика	7	Голд Каліф, Каліф -
41. (* QN	Рослина: час початку квітвання MG, 2	ранній	3	Ніколай, Ніна
		середній	5	Максим
		пізній	7	Каліф

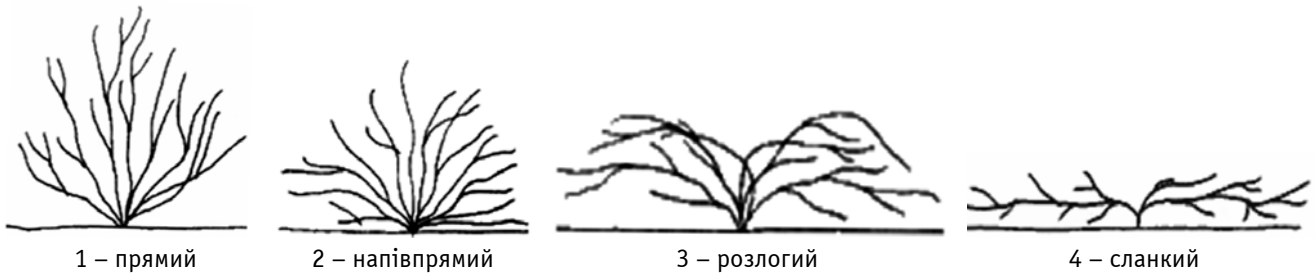
## Продовження Таблиці ознак сортів роду японської айви

Назва ознаки		Ступінь виявлення ознаки	Код	Сорт еталон
42. (* QN	Рослина: час досягання плодів MG, 4	дуже ранній	1	
		ранній	3	Ніна, Тамара
		середній	5	Голд Каліф
		пізній	7	Каліф
		дуже пізній	9	Караваєвський

Вимірювання здійснюють на 10 рослинах або частинах 10 рослин. Ступені виявлення ознак закодовано за 9-бальною шкалою. Скупність цих кодів складає кодову формулу сорту і використовується для оцінки відмінності і формування групи подібних сортів.

## Пояснення до Таблиці ознак сортів роду японської айви

До 1. Рослина: габітус.



До 2. Рослина: за висотою, м.

Дуже низька –  $< 0,5$ ; низька –  $0,5-1,0$ ; середня –  $1,1-1,5$ ; висока –  $1,6-2,0$ , дуже висока –  $\geq 2,1$ .

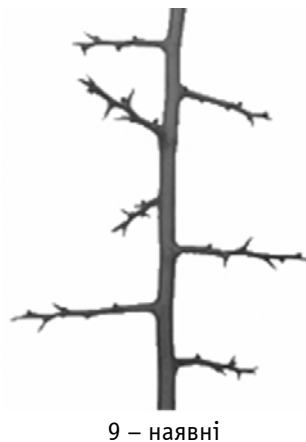
До 5. Пагін: кількість колючок на однорічному пагоні, шт.

Обраховують у стані зимового спокою рослини на верхній частині пагона завдовжки 10 см, виключаючи верхівкову частину завдовжки 5 см.

Відсутні; мала кількість – 1; середня – 2–3; велика –  $\geq 4$ .

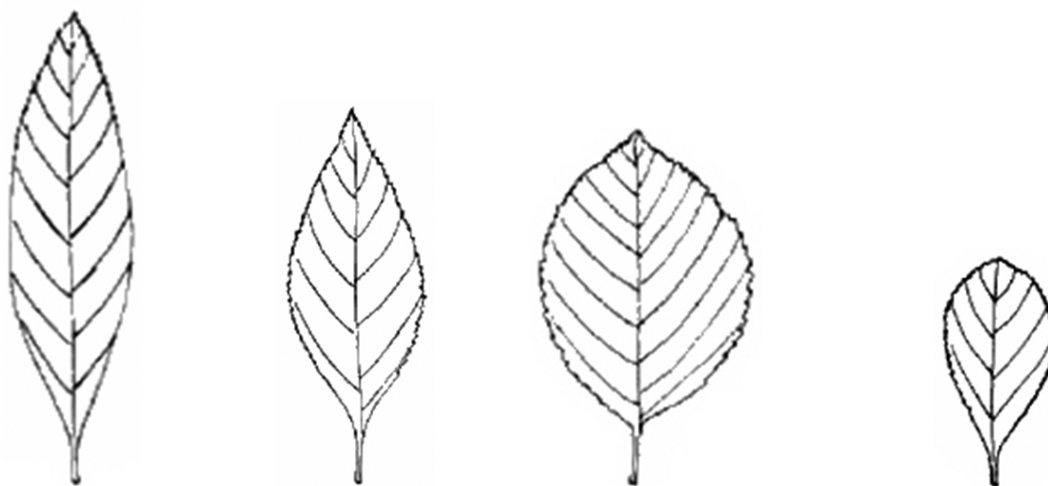


До 6. Колючки: спурові.



До 7. Листок: за формою.

Визначають на чергових листках у середній частині довгих однорічних пагонів (на коротких пагонах листки зібрані в пучки).



1 – вузькоеліптичний

2 – еліптичний

3 – широкоеліптичний

4 – оберненояйцеподібний

*До 8. Листок: за довжиною, см.*

Вимірюють у середній частині однорічного довгого пагона. Довжину вимірюють від верхівки до основи листка разом із черешком.

Короткий – < 5, середній – 5–8, довгий – > 8.

*До 9. Листок: за шириною, см.*

Вимірюють у середній частині однорічного довгого пагона. Ширину вимірюють у найширшій частині листка.

Вузкий – < 1,5; середній – 1,5–2,5; широкий – > 2,5.

*До 10. Листок: форма верхівки.*



1 – загострена



2 – гостра



3 – тупа

*До 11. Листок: край листкової пластинки.*



1 – городчастий



2 – городчасто пильчастий



3 – пильчастий



4 – подвійно пильчастий



5 – в'їчастий

*До 12. Квітка: за типом (кількість пелюсток), шт.*

Вимірюється, коли квітка повністю розкрилася, з розташуванням пелюсток у просторі

наближеним до горизонтального, а частина пильків взагалі ще не розтріскалася. У махрових квітках недорозвинені пелюстки не рахують.

Проста – 5, напівповна – 6–10, повна – > 10.





1 – проста

2 – напівповна

3 – повна

До 13. Квітка: діаметр, см.

Вимірюється, коли квітка повністю розкрилася, з розташуванням пелюсток у просторі наближеним до горизонтального, а частина пиляків взагалі ще не розтріскалася.

Мала – < 3,5, середня – 3,5–4,5, велика – > 4,5.

До 14. Квітка: пелюстки за шириною, см.

Вимірюється, коли квітка повністю розкрилася, з розташуванням пелюсток у просторі наближеним до горизонтального, а частина пиляків взагалі ще не розтріскалася.

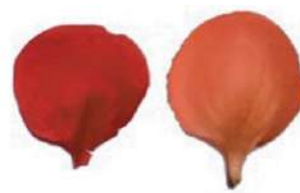
Вузькі – < 1; середні – 1–2; широкі – > 5.



3 – вузькі



5 – середні



7 – широкі

До 15. Квітка: форма пелюсток.

Вимірюється, коли квітка повністю розкрилася, з розташуванням пелюсток у просторі наближеним до горизонтального, а частина пиляків взагалі ще не розтріскалася.

торі наближеним до горизонтального, а частина пиляків взагалі ще не розтріскалася.



1 – яйцеподібна



2 – округла



3 – широкоплатева

До 16. Квітка: розташування пелюсток віночка в просторі.

Вимірюється, коли квітка повністю розкрилася, з розташуванням пелюсток у прос-

торі наближеним до горизонтального, а частина пиляків взагалі ще не розтріскалася.



1 – вільно

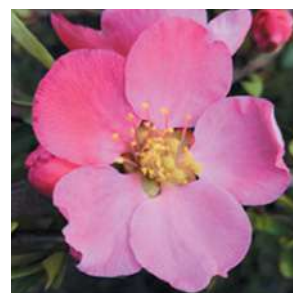
2 – торкаються

3 – перекриваються

До 17. Квітка: основне забарвлення внутрішнього боку пелюсток.

Вимірюється, коли квітка повністю розкрилася, з розташуванням пелюсток у

просторі наближеним до горизонтального, а частина пиляків взагалі ще не розтріскалася.





1 – біле



2 – кремувате



3 – світло рожеве



4 – темно рожеве



5 – помаранчево червоне



6 – червоне



7 – темно червоне



8 – різнобарвне

*До 18. Квітка: забарвлення зовнішнього боку пелюсток.*

Вимірюється, коли квітка повністю розкрилася, з розташуванням пелюсток у

просторі наближеним до горизонтального, а частина пиляків взагалі ще не розтріскалася.



1 – біле



5 – помаранчево червоне



6 – червоне



8 – різнобарвне

До 19. Квітка: хвилястість краю пелюсток.



1 – відсутня



9 – наявна

До 20. Квітка: наявність квіток певного функціонального призначення.

Функціонально чоловічі квітки (з недорозвиненими маточками та насінними ка-

мерами) можна вирізнити, як правило, за чашоподібною формою чашечки, тоді як двостатеві квітки мають видовжену чашечку.



1 – тільки гермафродитні квітки

2 – наявні також функціонально чоловічі квітки



3 – наявні також функціонально жіночі квітки

До 21. Квітка: кількість недосконалих квіток, %.






















Обраховують не менше 10 квіток з кожної рослини.

Мала –  $\leq 25\%$ , середня –  $26-50\%$ ; велика –  $51-75\%$ ; дуже велика –  $>75\%$ .

До 22. Плід: форма.

Описують, розмістивши плід плодоніжкою догори.

1 – плескато куляста (відношення висоти до діаметра 1 : 1,2–1,5)			
2 – куляста (має форму за обрисами наближену до кулі; відношення висоти до діаметра 1 : 1, 1 : 0,9 або 0,9 : 1)			

3 – еліпсоподібна (має форму за обрисами наближену до еліпсоїда; відношення висоти до діаметра 1,2–1,5 : 1)			
4 – довгаста (відношення висоти до діаметра 1,6–2,5 : 1)			
5 – яйцеподібна (має форму наближену до курячого яйця, де нижня частина ширша за верхню; місце плодоніжки на верхівці плода)			
6 – оберненояйцеподібна (має форму наближену до курячого яйця, де верхня частина ширша за нижню; місце плодоніжки на верхівці плода)			
7 – грушоподібна			
8 – оберненогрушоподібна			
9 – інша (вказати яка, наприклад – конічна, дзиґоподібна, крукнекова тощо)			

До 23. Плід: маса, г.

Дуже мала – < 16; від дуже малої до малої – 16–25; мала – 26–40; від малої до середньої – 41–60; середня – 61–90; від середньої до вели-

кої – 91–130; велика – 131–190; від великої до дуже великої – 191–270; дуже велика – > 270.

До 24. Плід: будова верхівки.



1 – чашечка висихає не сформувавши обідка



2 – чашечка розрослася в помітний обідок



3 – наявний пупок

До 26. Плід: верхівкове заглиблення за шириною, мм.

Мале – < 6; середнє – 6–10; велике – > 10.

До 27. Плід: характер поверхні.



1 – гладенька



2 – слабко бугриста



3 – сильно бугриста

До 28. Плід: основне забарвлення.



1 – зелене



2 – жовте



3 – помаранчеве

До 31. Плід: інтенсивність покривного забарвлення.



3 – слабка



5 – середня



7 – сильна

До 32. Плід: липкість шкірочки.

За відсутності кутикули (воскового шару) шкірочка стиглого плоду суха; ступінь розвитку кутикули впливає на липкість шкірочки, що коливається від слабкої до сильної.

До 33. Плід: легкість відриву від гілочки.

Дуже легке – настільки, що стиглі плоди самі опадають; легке – легко обриваються; середнє – обриваються з середнім зусиллям; важке – важко обриваються; дуже важке – практично не можна відірвати не пошкодивши гілку.

До 34. Плід: товщина м'якуша, мм.

Товщину м'якуша вимірюють на поперечних перерізах 50 плодів (по 5 типових з кож-

ної рослини), як зменшену вдвічі різницю між діаметром плода і діаметром сердечка (насінних камер) за результатами двох вимірювань у взаємоперпендикулярних напрямках кожного плоду.

Дуже тонка – < 8; тонка – 8–10; середня – 11–13; товста – 14–16; дуже товста – > 16.

До 35. Плід: індекс культурності

Визначають як відношення середнього діаметра плода до середнього діаметра сердечка (насінних камер) за результатами двох вимірювань у взаємоперпендикулярних напрямках 50 плодів (по 5 типових з кожної рослини).

Дуже малий – < 1,6; малий – 1,6–1,8; середній – 1,9–2,1; великий – 2,2–2,4; дуже великий – > 2,4.



1 – дуже малий

3 – малий

5 – середній

7 – великий

9 – дуже великий

До 36. Плід: уміст м'якуша, %.

Дуже малий – < 83; малий – 83–87; середній – 88–92; високий – 93–97; дуже високий – > 97.

До 37. Плід: забарвлення м'якуша.



1 – зеленувате

2 – білувате

3 – жовтувате

4 – помаранчеве

5 – червонувате

До 38. Насінини: кількість, шт.

Дуже мала – < 21; мала – 21–50; середня – 51–80; велика – 81–110; дуже велика – > 110.

До 39. Насінина: форма.



1 – яйцеподібна



2 – кеглеподібна



3 – клиноподібна

До 40. Насіння: маса 1000 шт., г.

Зважують повітряно-сухе насіння.

Дуже мала – < 20, мала – 21–30, середня – 31–40, велика – 41–50, дуже велика – > 50.

### Висновки

Методику розроблено на основі досліджень внутрішньородового різноманіття *Chaenomeles*, достатньо повно представленого в робочій колекції селекціонера цієї культури. Вона містить 42 ознаки, що характеризують сорти за морфологією рослин, пагонів, колючок, листків, квіток, плодів, насінин та фенологією і може бути використана під час експертизи на ВОС.

### Використана література

1. Weber C. The genus *Chaenomeles* (Rosaceae). *J. Arnold. Arbor.* 1964. Vol. 45, No. 2. P. 161–205.

2. Weber C. The genus *Chaenomeles* (Rosaceae). *J. Arnold. Arbor.* 1964. No. 3. P. 302–345.

3. Меженський В. М. До питання впорядкування українських назв рослин деяких таксонів підтриби *Malinae* Reveal. (повідомлення 6). *Plant Var. Stud. Prot.* 2016. № 1. С. 5–11. doi: 10.21498/2518 1017.1(30).2016.61699

4. Weber C. Cultivars in the genus *Chaenomeles*. *Arnoldia.* 1963. Vol. 23, No. 3. P. 17–75.

5. Андрищенко А. В., Кривицький К. М., Клименко С. В. Методика проведення експертизи сортів хеномелесу японської (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl.) на відмінність, однорідність і стабільність. *Методика проведення експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність та стабільність (ВОС тест). Декоративні / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця : Нілан ЛТД, 2016. С. 995–1005.*

6. Клименко С. В., Меженський В. М. Походження сортів хеномелеса (*Chaenomeles* Lindl.) української селекції. *Інтродукція рослин.* 2013. № 4. С. 25–30.

7. Меженський В. М. До питання впорядкування українських назв рослин. Повідомлення 5. Назви зерняткових культур. *Plant Var. Stud. Prot.* 2015. № 3–4. С. 4–11. doi: 10.21498/2518 1017.3 4(28 29).2015.58405

8. Меженський В. М. Еволюційні зміни при селекційному по кращенні хеномелесу як плодової культури. *Автохтонні та інтродуковані рослини*. 2009. Вип. 5. С. 126–132.
9. Mezhenkskiy, V. N. (1996). Variability of fruit quality characters in collections and selection of genotypes for breeding *Chaenomeles* as a fruit crop. In *Problems of fruit plant breeding* (pp. 473–480). Jelgava: N.p.
10. Меженський В. М. Склад і використання колекції нетрадиційних плодівих культур. 1. Хеномелес (*Chaenomeles* Lindl.). *Генетичні ресурси рослин*. 2004. № 1. С. 123–127.
11. Меженский В. Н. Шкалы для оценки качества плодов хеномелеса. *Состояние и перспективы развития редких садовых культур в СССР*. Мичуринск, 1989. Вып. 53. С. 117–119.
12. Долматов Е. А. Хеномелес. *Програма і методика сорто вивчення плодівих, ягідних і орехоплодних культур / под ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огольцової*. Орел : ВНИИСПК, 1999. С. 473–480.
13. Rumpunen K., Kviklys D., Kauppinen S. et al. Breeding strategies for the fruit crop Japanese Quince (*Chaenomeles japonica*). *Japanese Quince: Potential Fruit Crop for Northern Europe* / K. Rumpunen (Ed.). Alnarp : Swedish Univ. Agr. Sci., 2003. P. 59–80.
14. Zang D., Ma Y., Du S., Sun J. Development of guideline for the conduct of test for distinctness, uniformity and stability of *Chaenomeles* new varieties. *Sci. Silvae Sin.* 2011. Vol. 47, No. 6. P. 64–69. doi: 10.11707/j.1001 7488.20110610
15. Сорокопудов В. Н., Куклина А. Г. Хеномелес (*Chaenomeles* Lindl.): методика проведення испытаний на отличимость, однородность и стабильность. *Селекция, семеноводство и генетика*. 2015. № 4. С. 33–37. doi: 10.21685/2307 9150 2016 2 1
- Lindl.). In S. O. Tkachyk (Ed.), *Guidelines for the conduct of tests plant varieties for distinctness, uniformity and stability* (pp. 995–1005). Vinnytsia: Nilan LTD. [in Ukrainian]
6. Klymenko, S. V., & Mezhenkskiy, V. M. (2013). Origin of *Chaenomeles* Lindl. cultivars of the Ukrainian breeding. *Introduktsiia roslin* [Plant Introduction], 4, 25–30. [in Ukrainian]
7. Mezhenkskiy, V. M. (2015). On streamlining the Ukrainian names of plants. Information 5. Species names for pome fruit crops. *Plant Var. Stud. Prot.*, 3–4, 4–11. doi: 10.21498/2518 1017.3 4(28 29).2015.58405 [in Ukrainian]
8. Mezhenkskiy, V. M. (2009). Evolutionary changes during the breeding of Japanese quince as a fruit crop. *Autohtonni ta itrodukovani roslini* [Autochthonous and Alien Plants], 5, 126–132. [in Ukrainian]
9. Mezhenkskiy, V. N. (1996). Variability of fruit quality characters in collections and selection of genotypes for breeding *Chaenomeles* as a fruit crop. In *Problems of fruit plant breeding* (pp. 473–480). Jelgava: N.p.
10. Mezhenkskiy, V. M. (2004). Structure and usage on non traditional fruit crops collection. 1. Japanese quince (*Chaenomeles* Lindl.) *Genetichni resursi roslin* [Plant Genetic Resources], 1, 123–127. [in Ukrainian]
11. Mezhenkskiy, V. N. (1989). A scale for estimating the quality of *Chaenomeles* fruits. In *Sostoyanie i perspektivy razvitiya redkikh sadovykh kul'tur v SSSR* [State and prospects for the development of rare garden crops in USSR]. (Vol. 53, pp. 117–119). Michurinsk: N.p. [in Russian]
12. Dolmatov, Ye. A. (1999). Japanese quince. In Ye. N. Sedov, & T. P. Ogoltsova (Eds.), *Programma i metodika sortovizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur* [The program and methodology of variety studies of fruits, small fruits, and nuts] (pp. 473–480). Orel: VNIISPК. [in Russian]
13. Rumpunen, K., Kviklys, D., Kauppinen, S., & Tigerstedt, P. M. A. (2003). Breeding strategies for the fruit crop Japanese Quince (*Chaenomeles japonica*). In K. Rumpunen (Ed.), *Japanese Quince: Potential Fruit Crop for Northern Europe* (pp. 59–80). Alnarp: Swedish Univ. Agr. Sci.
14. Zang, D., Ma, Y., Du, S., & Sun, J. (2011). Development of guideline for the conduct of test for distinctness, uniformity and stability of *Chaenomeles* new varieties. *Sci. Silvae Sin.*, 47(6), 64–69. doi: 10.11707/j.1001 7488.20110610
15. Sorokopudov, V. N., & Kuklina, A. G. (2015). Japanese quince (*Chaenomeles* Lindl.): Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. *Selektsiya, semenovodstvo i genetika* [Breeding, Seed Production and Genetics], 4, 33–37. doi: 10.21685/2307 9150 2016 2 1 [in Russian]

## References

УДК 634.141:635.054

**Меженский В. Н.<sup>1,2</sup>, Костенко Н. П.<sup>2</sup>, Ликар С. П.<sup>2</sup>, Душар М. Б.<sup>2</sup>** Разработка новой методики проведения испытаний сортов японской айвы (*Chaenomeles* Lindl.) на отличимость, однородность и стабильность // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 4. С. 337–353. <https://doi.org/10.21498/25181017.15.4.2019.188507>

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

<sup>2</sup>Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина

**Цель.** Разработать методику проведения испытаний сортов *Chaenomeles* Lindl. на отличимость, однородность и стабильность. **Результаты.** Виды рода *Chaenomeles* ценятся как декоративные, плодовые и лекарственные растения. База данных PLUTO включает декоративные и плодовые сорта хеномелеса, зарегистрированные в Европейском Союзе, Китае, Латвии, Нидерландах, Польше, России, Украине и Японии. Протоколы CPVO или методики UPOV для *Chaenomeles* не разработаны, но в 2003–2016 гг. в Европейском Союзе, Китае, России и Украине опубликовали

четыре национальных методики проведения испытаний сортов хеномелеса на ООС (отличимость, однородность и стабильность). Каждая из них учитывает, соответственно, 46, 31, 51 и 31 признаков. Упомянутые методики различаются в выборе признаков обязательных для наблюдения и в группировании сортов. Признаки, характерные для цветков и плодов являются основными для различения сортов хеномелеса, чему способствует сильная изменчивость за окраской лепестков и плодов, формой и массой плодов и т.д. Существующие методики существенно раз-



личаются в описании этих и других признаков. На основе изучения созданной сортовой и видовой коллекции *Chaenomeles* и собственного селекционного опыта предложены несколько иные подходы к наполнению и совершенствованию методики на ООС. **Выводы.** Новая методика содержит 42 признака, которые характеризуют морфо

логию растений, побегов, колючек, листьев, цветков, плодов, семян и фенологию и может быть использована для проведения испытаний всех сортов *Chaenomeles* на ООС.

**Ключевые слова:** хеномелес; *Chaenomeles*; признаки; цветки; плоды; испытание сортов на ООС; методика UPOV; протокол CPVO.

UDC 634.141:635.054

**Mezhenskyj, V. M.<sup>1,2</sup>, Kostenko, N. P.<sup>2</sup>, Likar, S. P.<sup>2</sup>, & Dushar, M. B.<sup>2</sup>** (2019). Development of new guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Japanese quince (*Chaenomeles* Lindl.) cultivars. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 337–353. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.188507](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.188507)

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

<sup>2</sup>Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodmtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine

**Purpose.** To develop guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of *Chaenomeles* cultivars. **Results.** Species of the genus *Chaenomeles* are valued as ornamental, fruit and medicinal plants. Plant Variety Data base (PLUTO) includes ornamental and fruit Japanese quince varieties registered in the European Union, China, Latvia, the Netherlands, Poland, Russia, Ukraine and Japan. Neither CPVO protocols nor UPOV guidelines have been developed for *Chaenomeles*, but in the European Union, China, Russia and Ukraine the four national guidelines for the DUS testing of Japanese quince varieties were published in 2003–2016. Each of them takes into account, respectively, 46, 31, 51, and 31 traits. They differ in the selection of characteristics which should always be examined for DUS and for grouping of varieties. Both flower and fruit characteristics are the main for

distinguishing Japanese quince varieties, which is facilitated by strong variability in the coloration of petals and fruits, the fruit shape and fruit weight, etc. Existing guidelines vary considerably in the description of these and other characteristics. Several different approaches to filling and improving the guidelines have been proposed according to the basis of *Chaenomeles* cultivars and species collection study and own breeding experience. **Conclusions.** The new guidelines contain 42 appropriate characteristics of plant morphology, shoots, thorns, leaves, flowers, fruits, seeds as well as phenology and can be used for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of all *Chaenomeles* cultivars.

**Keywords:** Japanese quinces; *Chaenomeles*; characteristics; flower; fruit; testing of varieties on the OS; UPOV method; CPVO protocol.

Надійшла / Received 12.11.2019

Погоджено до друку / Accepted 06.12.2019

# Вихідний матеріал проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) за комплексом господарсько цінних ознак в умовах Центрального Лісостепу України

М. І. Кулик<sup>1\*</sup>, Д. Б. Рахметов<sup>2</sup>, І. І. Рожко<sup>1</sup>, Н. О. Сиплива<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Полтавська державна аграрна академія МОН України, вул. Г. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, Україна, \*e mail: [kulykmaksym@ukr.net](mailto:kulykmaksym@ukr.net)

<sup>2</sup>Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАНУ, вул. Тимірязєвська, 1, м. Київ, 01000, Україна

<sup>3</sup>Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна

**Мета.** Вивчити сортозразки проса прутоподібного ('Зоряне', 'Морозко', 'Лінія 1307' та 'Cave in Rock') за господарсько цінними ознаками та виокремити з поміж них найурожайніші, що мають високий вихід кондиційного насіння у взаємозв'язку з погодними умовами вегетаційного періоду за ГТК (гідротермічним коефіцієнтом). **Методи.** Методика наукових досліджень в агрономії; лабораторно польовий – визначення кількісних показників вегетативної та генеративної частини рослин і маси 1000 насінин; кількісно ваговий – для встановлення врожайності та виходу кондиційного насіння; статистичну обробку результатів досліджень виконували за допомогою варіаційної статистики та дисперсійного аналізу. **Результати.** Найвищі кількісні показники вегетативної (висота рослин, кількість стебел і листків, довжина прапорцевого листка) та генеративної частини рослин (довжина і ширина волоті, кількість гілочок 1 го порядку, кількість волотей, вага насіння з волоті) сформували сортозразки 'Зоряне' та 'Лінія 1307' незалежно від умов вирощування. За результатами досліджень визначено вплив біометричних (кількісних) показників генеративної частини рослин у тісній взаємодії з погодними умовами за ГТК за вегетаційний період на насінневу продуктивність, що обумовлюють загальний врожай насіння. Урожайність насіння сортозразків проса прутоподібного за коефіцієнт том детермінації (d) залежала: на 53–59% – від кількості гілочок першого порядку, на 48–52% – від кількості волотей, на 12–21% – від крупності насіння та на 6–12% – від довжини та ширини волоті. **Висновки.** Виокремлено сорти 'Зоряне' та 'Лінія 1307', які формували ваговите насіння, високу насінневу врожайність (більше 250 кг/га) кондиційного насіння (близько 65%) та можуть бути використані в подальшій селекційній роботі для створення і розширення сортименту проса прутоподібного. У перспективі це дозволить без додаткових затрат отримувати якісний насінневий матеріал, закладати нові енергоплантації для виробництва біомаси рослин для енергетичних цілей та додаткові продукти для різних галузей промисловості.

**Ключові слова:** просо прутоподібне; сорти; умови вирощування; температура повітря; опади; насіння; урожайність.

## Вступ

В Україні на фоні високої зацікавленості у виробництві біопалива із енергетичних культур, розширення площ для їхнього вирощування, виокремлюється проблема забезпечення аграріїв якісним насіннєвим матеріалом.

Відсутність в нашій країні налагодженого насінництва енергетичних культур, у тому числі проса прутоподібного, його низька насіннева продуктивність й схожість та висока вартість змушують поставити це питання на

вивчення і довести, яким чином можна отримати значні обсяги кондиційного насіння цієї культури. Загальновідомо, що найвищі врожаї доброякісного насіння отримують за сівби сортів, адаптованих до умов даного регіону. У свою чергу, рослини, вирощені з насіння таких сортів, краще переносять несприятливі умови росту і розвитку, протистоять шкідникам та хворобам. Тому вивчення впливу умов вирощування та сортових властивостей на врожайність насіння проса прутоподібного, його посівні якості є актуальним напрямом досліджень.

З-поміж найбільш продуктивних енергетичних культур науковці виокремлюють наступні: просо прутоподібне, міскантус гігантський, вербу енергетичну та інші. Це рослини, що добре акліматизовані до умов вирощування, стійкі до біотичних чинників, формують високу продуктивність із відповідною якістю фітомаси [1, 2]. Із вищеперерахованих культур просо прутоподібне

Maksym Kulyk

[https://orcid.org/0000\\_0003\\_0241\\_6408](https://orcid.org/0000_0003_0241_6408)

Dzhamal Rakhmetov

[https://orcid.org/0000\\_0001\\_7260\\_3263](https://orcid.org/0000_0001_7260_3263)

Ilona Rozhko

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_0646\\_4004](https://orcid.org/0000_0002_0646_4004)

Nataliia Syplyva

[https://orcid.org/0000\\_0003\\_0921\\_6361](https://orcid.org/0000_0003_0921_6361)

(*Panicum virgatum* L.) або світчграс – є однією з основних рослин, у якої низька собівартість вирощування та висока врожайність фітомаси (сировини для виробництва біопалив) [3, 4].

Іноземні вчені стверджують, що багаторічні злакові трави групи C4, куди відносять і

просо прутноподібне, є найефективнішими та найстійкішими енергетичними культурами для виробництва біопалив [5–8].

За господарсько-корисними властивостями, порівняно з іншими енергокультурами, просо прутноподібне має цілий ряд переваг та напрямів використання [9–12] (рис. 1).

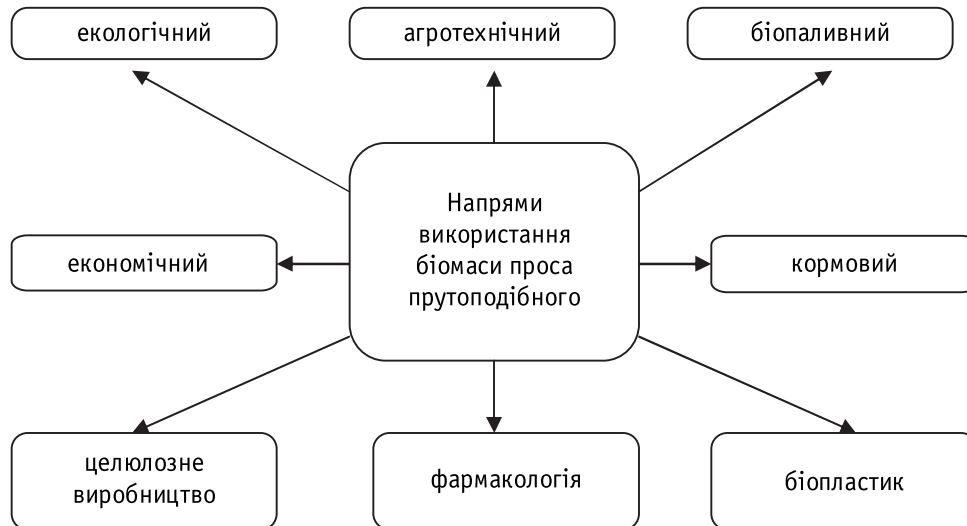


Рис. 1. Напрями використання проса прутноподібного

Джерело: авторська розробка.

Є два основних екотипи проса прутноподібного: низовинні та височинні. Низовинні види вирощуються на вологих ґрунтах – вони мають високі, товсті, грубі стебла, які ростуть куцями. Височинний тип рослин є адаптованішим до сухого клімату і має тонші стебла, ніж низовинні, та більшу їх кількість [13].

Згідно з дослідженнями Л. Е. Moser і К. Р. Vogel [14], усі сорти проса прутноподібного, що походять із Південної Америки мають найкращі пристосувальні реакції до умов південних територій Євразійського континенту. Вони також будуть більш продуктивнішими і в північній Європі, але холодостійкість їх менша, порівняно із сортами північно-американського походження.

Як відмічає Д. Б. Рахметов із співавторами [15], при вирощуванні інтродукованих сортів проса прутноподібного необхідно також враховувати їхні морфометричні параметри як результат адаптації до нових умов вирощування.

Висока врожайність біомаси і насіння проса прутноподібного формується за рахунок структури врожаю, яка залежить від сортових особливостей культури та погодних умов. Такі ж результати отримано в попередніх дослідженнях із вивчення насінневої продуктивності проса прутноподібного. Елементи продуктивності вегетативної та генеративної частини рослин, а також маса 1000 насінин

(1,53–1,94 г) мають вагомий вплив на рівень насінневої продуктивності проса прутноподібного і залежать від ґрунтово-кліматичних умов вирощування культури [16, 17].

Збільшити врожайність насіння проса прутноподібного можливо і агротехнічними заходами: вирощуючи за суцільного або рядкового способів сівби. Визначено, що ширина міжрядь від 15 до 40 дюймів може забезпечити більший вихід насіння, порівняно із суцільним способом сівби культури [18].

У публікаціях вітчизняних науковців встановлено, що в умовах України сорти світчграсу 'Sunburst' і 'Cave-in-Rock' за ширини міжряддя 30 см сформували насінневу продуктивність – 0,597 і 0,373 т/га відповідно [19]. Закордонні вчені визначили, що насіннева продуктивність проса прутноподібного знаходилась в межах 220–560 кг/га, а в окремих випадках досягала 1000 кг/га [20].

Орлов С. Д., вивчаючи зразки *Panicum virgatum*, виокремив селекційні зразки проса прутноподібного: '737-10' (P. v. L.), 'Cave-in-Rock' / '377 -10' (P. v. L.) 'Alamo' / '398-10' (P. v. L.) 'Sunburst' / '737-10 (P. v. L.) 'Cave-in-Rock', '1025-10' (P. v. L.) 'Forestburg' / '737-10' (P. v. L.) та 'Cave-in-Rock', які мають підвищений вміст сухої речовини та врожайність сухої маси. Ці сортозразки є цінним джерелом для створення нових вітчизняних гібридів і сортів [21].

Щодо особливостей отримання врожаю кондиційного насінневого матеріалу проса прутноподібного в умовах Лісостепу України відомостей недостатньо для розуміння закономірностей формування його насінневої продуктивності.

Враховуючи вищевикладене можна стверджувати, що оцінка селекційного матеріалу за комплексом господарсько-цінних ознак має важливе значення при створенні нових високопродуктивних сортів для наступного закладання високоврожайних енергоплантаций.

*Мета дослідження* – вивчити сортозразки проса прутноподібного за господарсько-цінними ознаками та виокремити з-поміж них

найурожайніші з високим виходом кондиційного насіння у взаємозв'язку з погодними умовами вегетаційного періоду за ГТК (гідротермічним коефіцієнтом).

### Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження проводилися протягом 2015–2019 рр. на колекції енергетичних культур Полтавської ДАА, що за зональним розподілом відноситься до центральної частини Лісостепу України.

Об'єктом досліджень були рослини проса прутноподібного сортозразків іноземної та української селекції: 'Зоряне' – умовний стандарт (ум. ст.), 'Cave-in-Rock', 'Морозко' та 'Лінія 1307' (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика сортозразків проса прутноподібного

Сортозразок	Походження	Оригінатор	Урожайність, т/га	
			біомаси	насіння
'Зоряне'	UA	Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка, Україна	11,0	1,3
'Морозко'	UA	Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, Україна	17,0	0,2
'Лінія 1307'	UA	Полтавська державна аграрна академія, Україна	15,0	0,5
'Cave in Rock'	US	Міссурійська сільськогосподарська дослідна станція, США	15,0	0,6

Попередник проса прутноподібного – різно-трав'я, агротехніка вирощування культури проведена відповідно до науково-практичних рекомендацій [22, 23].

Дослідні ділянки закладено відповідно до методики дослідної справи в агрономії [26], з рендомізованим розміщенням у чотири-кратній повторності, на ґрунтах з низьким вмістом гумусу за методом Тюріна (3,9%), що характеризуються наступними агрохімічними показниками: вміст азоту – середній, фосфору та калію – підвищений.

Протягом років дослідження гідротермічний коефіцієнт (ГТК), що відображає рівень зволоження за період вегетації проса прутноподібного змінювався у межах від 0,6 до 1,4 (рис. 2).

Найменш сприятливими (посушливими) погодні умови були протягом вегетаційного періоду 2017 і 2019 років. Близькими до оптимального значення за ГТК були умови 2015 і 2018 років (ГТК близький до 1). Надмірно зволожений був 2016 рік (ГТК більше 1,2).

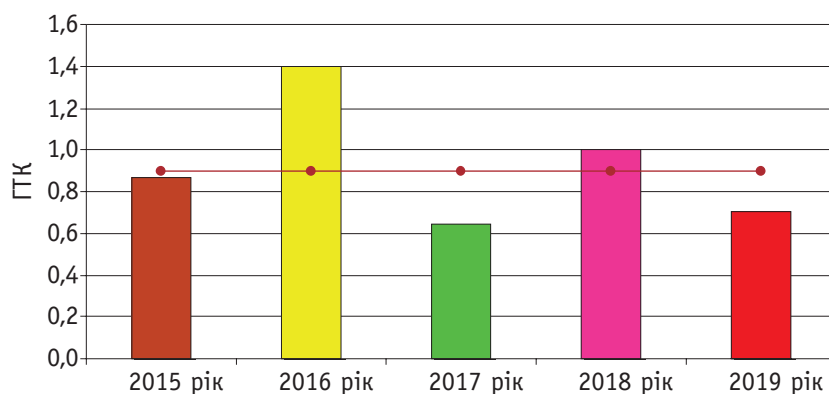


Рис. 2. Гідротермічний коефіцієнт за вегетаційний період вирощування проса прутноподібного (2015–2019 рр.)

Кількісні показники вегетативної та генеративної частин рослин кожного сорту визначали методом відбору проб по діагоналі ділянки в чотирикратній повторності (по 50 рослин з

ділянки) з наступним визначенням середнього показника за результатів обрахунку [27].

Оцінку сортозразків проса прутноподібного за господарськими ознаками, зокрема, кіль-

кості рослин і насіння на рослині, маси насіння з однієї рослини та інші проводили відповідно до методики [28, 29]. Крупність насіння за масою 1000 насінин визначали згідно з ДСТУ 2240-93 [30], посівні якості насіння – за методикою [31].

Облік урожайності насіння проса прутоподібного проводили відповідно до методики [32]. Снопіві зразки відбирали на час закінчення вегетації рослин по діагоналі ділянки з 1 м.п. (метра погонного) у чотирикратній повторності. З них обмолочували насіння та

зважували його до та після очистки від домішок (частин гілочок волотей, насінневих лусок та ін).

Результати досліджень обраховували методами варіаційної статистики та за допомогою дисперсійного аналізу в програмі Statistica 6.0 [33].

### Результати досліджень

Погодні умови та сортові особливості мали вплив на кількісні показники вегетативної частини рослин проса прутоподібного (табл. 2).

Таблиця 2

**Кількісні показники вегетативної частини рослин проса прутоподібного першого п'ятого року вегетації (середнє за 2015–2019 рр.)**

Сорт	Висота рослин, см	Кількість стебел, шт./м.п.	Кількість листків на стеблі, шт.	Довжина прапорцевого листка, см
'Зоряне' (ум. ст.)	167,2	311,5	8,5	51,2
'Cave in Rock'	173,3	343,3	8,1	49,7
'Морозко'	154,5	287,8	7,2	47,4
'Лінія 1307'	170,3	374,4	9,1	52,3
НІР <sub>0,05</sub>	3,4	21,3	0,2	0,8

Найбільшою висотою рослин характеризувався сорт 'Cave-in-Rock' – 173,3 см, суттєво меншою була висота в сорту 'Морозко' – 154,5 см, у 'Лінія 1307' – 170,3 см (на рівні умовного стандарту). За кількістю листків на стеблі, стебел на рослинах і довжиною прапорцевого листка (більше 51,0 см) виді-

лився сорт 'Зоряне' і 'Лінія 1307'. Елементи структури врожаю генеративної частини рослин (довжина і ширина волоті, їх кількість, кількість гілочок першого порядку, вага насіння з волоті) сортименту проса прутоподібного мали наступні показники (табл. 3).

Таблиця 3

**Кількісні показники генеративної частини рослин проса прутоподібного першого п'ятого року вегетації (середнє за 2015–2019 рр.)**

Сорт	Довжина волоті, см	Ширина волоті, см	Кількість гілочок 1 го порядку, шт.	Кількість волотей, шт./м.п.	Вага насіння з волоті, г
'Зоряне' (ум. ст.)	37,4	23,3	11,4	75,8	0,51
'Cave in Rock'	35,5	22,4	10,9	74,1	0,44
'Морозко'	31,2	21,4	13,8	72,9	0,42
'Лінія 1307'	39,1	24,2	14,7	82,0	0,48
НІР <sub>0,05</sub>	1,1	0,4	0,6	5,3	0,01

За морфометричними параметрами волоті найвищі показники, порівняно з умовним стандартом, були в сорту 'Cave-in-Rock' і 'Лінії 1307'. Ці ж сортозразки сформували найбільшу вагу насіння з волотей, що і обумовило високу насінневу продуктивність.

Маса 1000 насінин сортів проса прутоподібного залежить як від впливу погодних умов вегетаційного періоду, так і від властивостей сорту. Визначено значне варіювання показника крупності насіння сортозразків, що в середньому за роки дослідження знаходилася в межах 1,15–1,81 г.

В оптимальні роки за вологозабезпеченням мінімальну масу 1000 насінин сформу-

вав сорт 'Морозко' – 1,31 г, суттєво більшу сорт 'Cave-in-Rock' – 1,44 г, а максимальну забезпечили сорти 'Зоряне' та 'Лінія 1307' – 1,75 і 1,81 г відповідно (табл. 4).

У посушливих умовах вегетаційного періоду показник маси 1000 насінин змінювався у межах від 1,19 до 1,53 г, у періоді надмірного зволоження – від 1,15 до 1,45 г, а в умовах близьких до оптимальних крупність насіння була найбільшою – від 1,31 до 1,81 г. Найваговитіше насіння сформували сорти 'Зоряне' і 'Лінія 1307'. Для цих сортозразків встановлено незначне варіювання ознаки (V) – 1,81 та 2,75% відповідно, для сорту 'Морозко' середнє – 12,4%, для сорту 'Cave-in-Rock' значне – 25,6%.

Таблиця 4

Маса 1000 насінин проса прутоподібного та коефіцієнт варіації за цим показником залежно від умов вирощування (середнє за 2015–2019 рр.)

Сорт	Умови вирощування за ГТК			± до оптимуму	V, %
	посушливі	оптимальні	надмірного зволоження		
'Зоряне' (ум. ст.)	1,49	1,75	1,37	0,26... 0,38	1,81
'Cave in Rock'	1,35	1,44	1,21	0,23... 0,09	25,6
'Морозко'	1,19	1,31	1,15	0,12... 0,16	12,4
'Лінія 1307'	1,53	1,81	1,45	0,28... 0,36	2,75

За встановлення кореляційної залежності між кількісними показниками генеративної частини рослин виявлено, що показник маси 1000 насінин має сильний зв'язок із кількістю гілочок першого порядку ( $r$  0,78...0,81) і помірний – із довжиною ( $r$  0,31...0,36) та шириною волоті ( $r$  0,41...0,43). Ця особливість була характерною для усіх сортів проса прутоподібного, що вивчались.

Для встановлення урожайності кондиційного насіння, згідно виходу насінневого матеріалу, було визначено загальну врожайність, яка в середньому за роки дослідження, порівняно з умовним стандартом для сорту 'Cave-in-Rock' була меншою на 6,1 г/м.п., сорту 'Морозко' – на 8,1 г/м.п., а для 'Лінії 1307' – більшою на 0,7 г/м.п. (табл. 5).

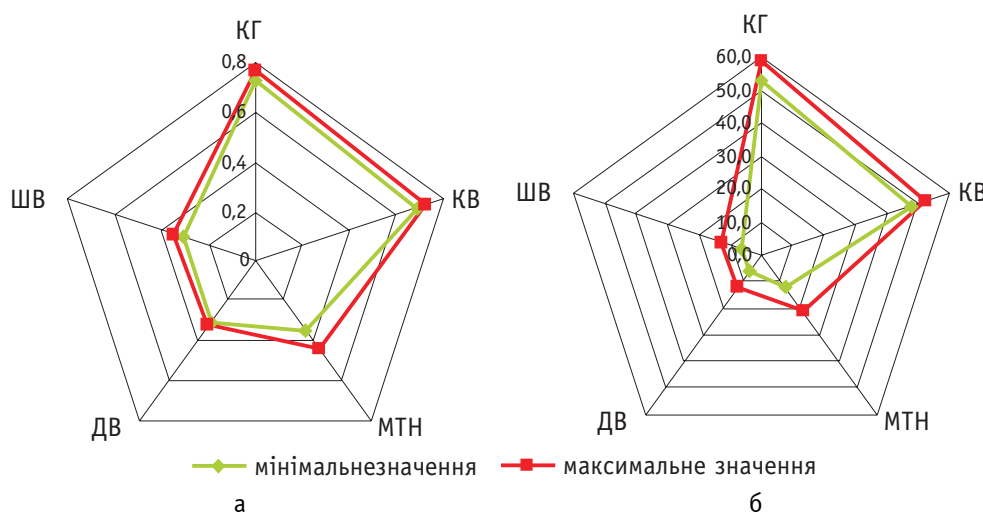
Таблиця 5

Урожайність та вихід кондиційного насіння проса прутоподібного (середнє за 2015–2019 рр.)

Сорт	Урожайність насіння, г/м.п.	Вага насінневих лусок, г/м.п.	Вихід кондиційного насіння, %	Урожайність кондиційного насіння, г/м.п.
'Зоряне' (ум. ст.)	38,7	13,5	65,1	25,2
'Cave in Rock'	32,6	11,7	64,1	20,9
'Морозко'	30,6	11,8	61,3	18,8
'Лінія 1307'	39,4	13,8	64,9	25,6
НІР <sub>0,05</sub>	0,4	1,1	0,1	0,2

Кореляційні залежності між кількісними показниками генеративної частини рослин і врожайністю насіння (ВН) свідчать, що показник маси 1000 насінин мав помірний зв'язок із ВН ( $r$  0,35...0,44), кількістю гілочок першого порядку і ВН – сильний ( $r$  0,73...0,77), кількістю волотей – сильний

(0,69...0,72), довжиною і шириною волоті – помірний і середній ( $r$  0,30...0,32) і ( $r$  0,31...0,35) відповідно. Ця закономірність спостерігалась для усіх досліджуваних сортів проса прутоподібного і додатково охарактеризована детермінацією ознак (рис. 3).



Примітка. КГ – кількість гілочок у волоті першого порядку, шт.; КВ – кількість волотей, шт./м.п.; МТН – маса 1000 насінин, г; ДВ – довжина волоті, см; ШВ – ширина волоті, см.

Рис. 3. Коефіцієнти кореляції (а) та детермінації (б) між кількісними показниками генеративної частини рослин і врожайністю насіння сортів проса прутоподібного (середнє за 2015–2019 рр.)

При визначенні впливу умов вирощування на рівень врожайності кондиційного насіння проса прутюподібного було встановлено значний вплив погодних умов за ГТК. Сортозразки проса прутюподібного 'Зоряне' та 'Лінія 1307', які вирощувалися в умовах вегетації, що характеризувалися як посушливі (ГТК < 1) та за умов зволоження близьких до оптимальних значень (ГТК близький до 1) сформували більший вихід та врожайність

кондиційного насіння, порівняно з надмірно зволеними (ГТК > 1) роками. Сорти 'Морозко' і 'Cave-in-Rock' більшу врожайність кондиційного насінневого матеріалу забезпечували в роки із значенням ГТК за вегетаційний період близьким до 1, відхилення від цього показника як у сторону збільшення, так і зменшення суттєво знижувало врожайність та вихід кондиційного насіння (рис. 4–7).

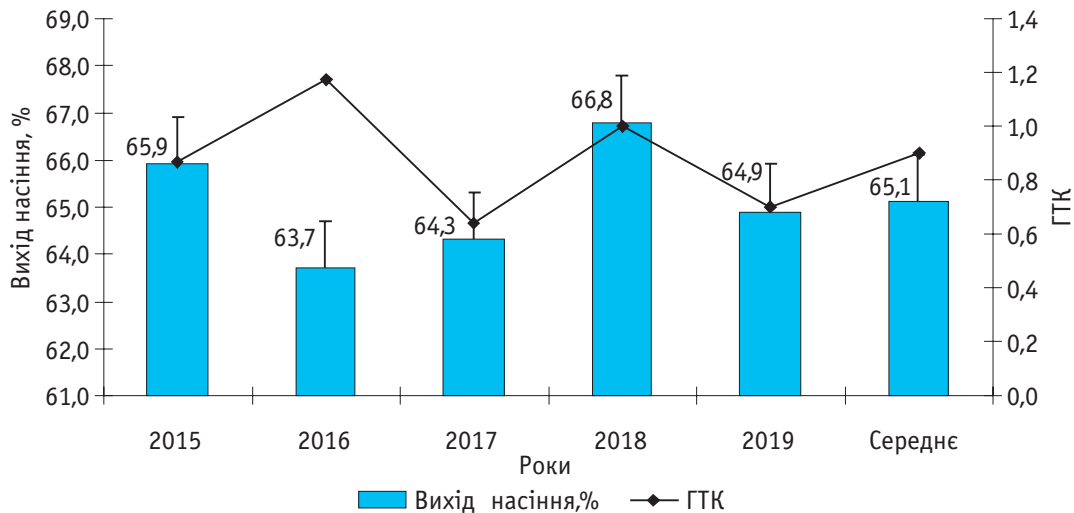


Рис. 4. Вплив умов вирощування на вихід кондиційного насіння проса прутюподібного 'Зоряне' (2015–2019 рр.)

Сорт 'Зоряне' найбільший вихід кондиційного насіння забезпечив в умовах вегетаційного періоду 2015 і 2018 рр. – 65,9 і 66,8% відповідно, що за ГТК характеризувалися достатнім зволоженням. Більш посушливі умови вегетації, що припали на 2017 і 2019

рр. дещо знизили даний показник до 64,3 і 64,9% відповідно, а більш зволені 2016 року – суттєво зменшили вихід кондиційного насіння до 63,7%. У середньому за роки дослідження вихід кондиційного насіння сорту 'Зоряне' становив 65,1%.

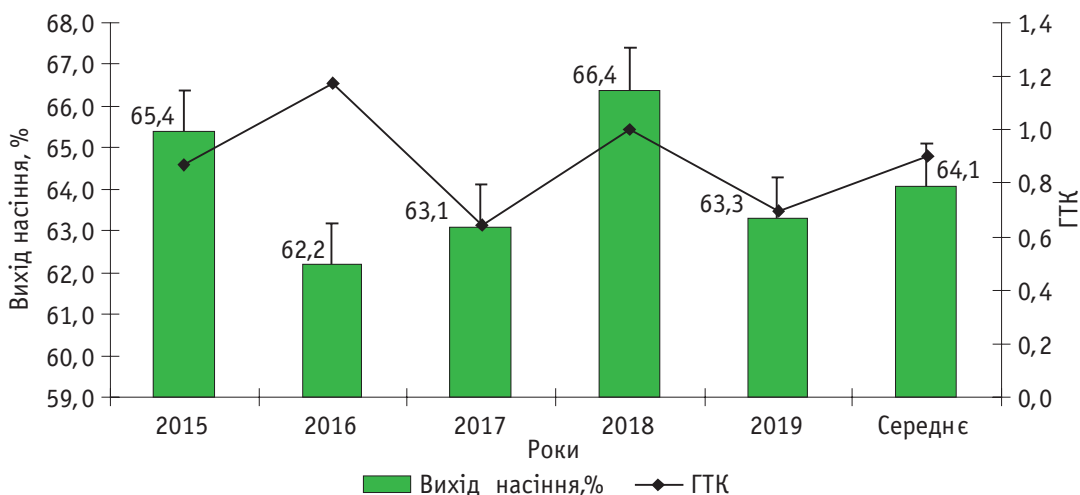


Рис. 5. Вплив умов вирощування на вихід кондиційного насіння проса прутюподібного 'Cave in Rock' (2015–2019 рр.)

У сортів 'Cave-in-Rock' та 'Морозко' відмічено подібну тенденцію щодо виходу кондиційного насіння залежно від умов вегета-

ційного періоду за ГТК: умови близькі до оптимального зволоження підвищували даний показник, більш посушливі або зво-

ження – знижували його. У середньому за роки дослідження вихід кондиційного на-

сіння для сорту ‘Сave-in-Rock’ становив 64,1%, а для сорту ‘Морозко’ – 61,3%.

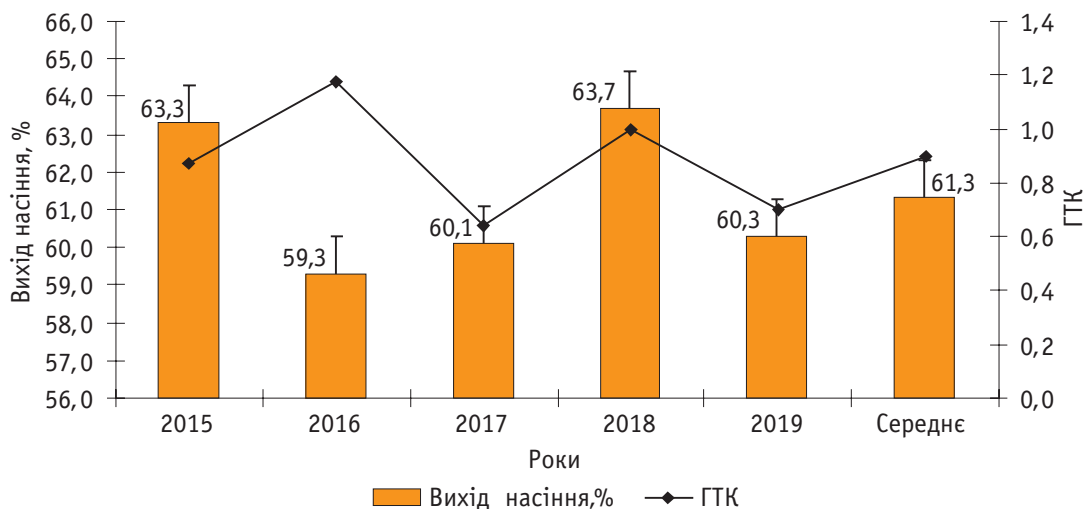


Рис. 6. Вплив умов вирощування на вихід кондиційного насіння проса прутоподібного ‘Морозко’ (2015–2019 рр.)

Для ‘Лінії 1307’ відмічено варіювання показника виходу кондиційного насіння – від 63,1 (вологі роки) до 66,4–66,5% (умови близькі до оптимальних). Посушливі умови

за ГТК (менше 1) вегетаційного періоду 2017 і 2019 років забезпечили незначне зниження виходу кондиційного насіння – до 64,1 і 64,4% відповідно.

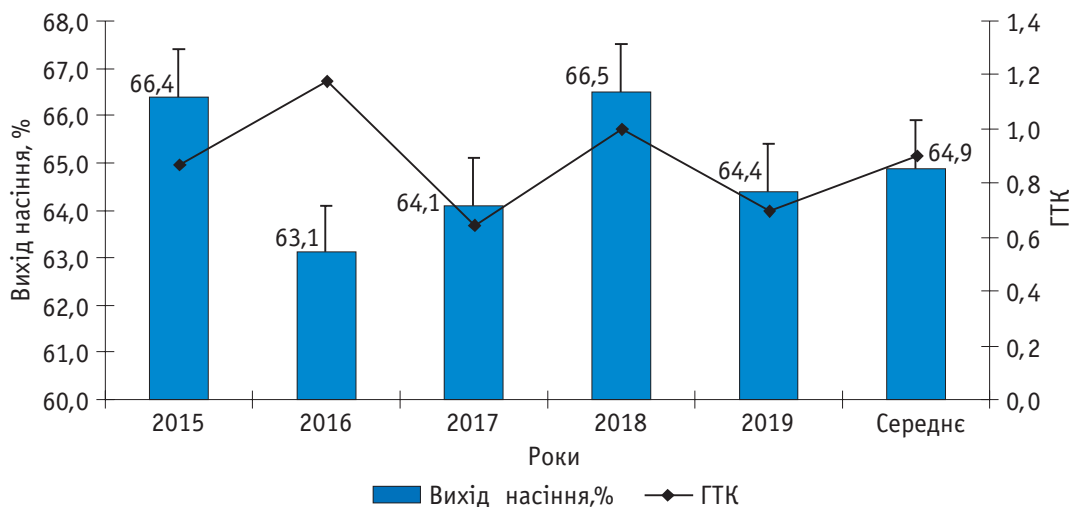


Рис. 7. Вплив умов вирощування на вихід кондиційного насіння проса прутоподібного ‘Лінія 1307’ (2015–2019 рр.)

Аналіз даних графіків свідчить про чітку тенденцію до збільшення виходу кондиційного насіння у роки з погодними умовами вегетаційного періоду від посушливих до оптимальних за ГТК та зниження даного показника в надмірно зволожені роки.

У загальному за роки дослідження найбільшу врожайність кондиційного насіння сформував сорт ‘Зоряне’ (25,0 і 26,4 кг/м.п.) і ‘Лінія 1307’ (25,4 і 26,6 кг/м.п.) у посушливі та оптимальні роки за ГТК. Насіннева врожайність в умовах надмірного зволожен-

ня за вегетаційний період була значно меншою для усіх сортозразків (табл. 6).

Порівняно з умовним стандартом (сорт ‘Зоряне’) та іншими сортозразками, суттєво більшу врожайність кондиційного насіння в усі роки дослідження забезпечила новостворена ‘Лінія 1307’ із незначним варіюванням ознаки. Для сорту ‘Сave-in-Rock’ відмічена подібна залежність, але із значно нижчим показником урожайності насіння (рис. 8).

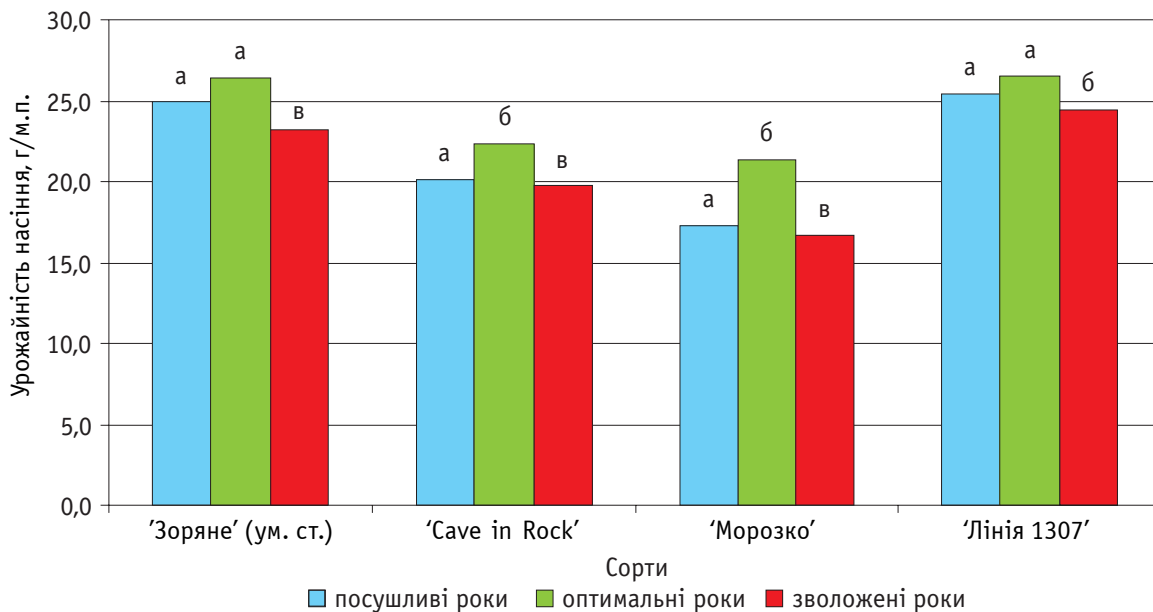
Найменшу насіннєву врожайність забезпечив сорт ‘Морозко’. Подібна тенденція від-



Таблиця 6

**Урожайність кондиційного насіння проса прутіподібного залежно від умов вирощування, г/м.п. (середнє за 2015–2019 рр.)**

Сорт	Умови вирощування за ГТК			± до оптимуму
	посушливі	оптимальні	надмірного зволоження	
'Зоряне' (ум. ст.)	25,0	26,4	23,2	3,2... 1,4
'Cave in Rock'	20,1	22,3	19,7	2,6... 2,2
'Морозко'	17,3	21,3	16,7	4,6... 4,0
'Лінія 1307'	25,4	26,6	24,4	2,2... 1,2
НІР <sub>0,05</sub>	1,12	0,34	2,41	–



**Примітка:** різні букви показують суттєві відмінності в межах кожного сорту.

**Рис. 8. Урожайність насіння проса прутіподібного залежно від умов вегетаційного періоду (2015–2019 рр.)**

мічена в сорту 'Cave-in-Rock', але із вищим рівнем врожайності кондиційного насіння. Сорт 'Зоряне' та 'Лінія 1307' сформували суттєво вищий рівень врожайності як у посушливі, так і в оптимальні за ГТК роки.

### Висновки

В умовах центрального Лісостепу України рослини проса прутіподібного здатні формувати насіння розпочинаючи з першого року вегетації. Поряд з погодними умовами вегетаційного періоду, найбільший вплив на врожайність та вихід кондиційного насіння культури мають сортові особливості. Найбільшу врожайність та вихід кондиційного насіння сформував сорт проса прутіподібного 'Зоряне' та 'Лінія 1307'.

Кількісні показники генеративної частини рослин проса прутіподібного вносять значний вклад у рівень врожайності насіння. Урожайність насіння сортів проса прутіподібного за коефіцієнтом детермінації ознаки (d) залежить на 53–59% від кількості гілочок першого порядку, на 48–52% – від кількості волотей, на 12–21% – від крупнос-

ті насіння, та на 6–12% – від довжини та ширини волоті.

Сорт 'Зоряне' і 'Лінія 1307' мали найстабільніший прояв за показником маси 1000 насінин, що мала помірний вплив за коефіцієнтом кореляції на врожайність насіння, інші сорти мали середній ('Морозко') та значний ('Cave-in-Rock') коефіцієнт варіації за даним показником.

Сорт 'Зоряне' та 'Лінія 1307' сформували високий рівень врожайності та вихід кондиційного насіння в роки, що за ГТК характеризувався як посушливі та оптимальні, інші сорти порівняно високу насінневу продуктивність забезпечували у роки з ГТК близьким до 1.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у вивченні впливу заходів допосівної підготовки насіння на посівні якості насіннєвого матеріалу в розрізі сортів іноземної та української селекції.

### Використана література

1. Wolf D. D., Fiske D. A. Planting and Managing Switchgrass for Forage, Wildlife, and Conservation / Virginia Cooperative Ex

- tension, publication 418 013. 2009. URL: [http://pubs.ext.vt.edu/418/418\\_013/418\\_013\\_pdf.pdf](http://pubs.ext.vt.edu/418/418_013/418_013_pdf.pdf)
2. Min D., Kapp C. Assessing the feasibility of producing switch grass in the U.P. *Michigan Farm News*. 2010. URL: <http://www.michiganfarmbureau.com/farmnews/transform.php?xml=20100430/switchgrass.xml>
  3. Роїк М. В., Курило В. Л., Гументик М. Я. та ін. Ефективність вирощування високопродуктивних енергетичних культур. *Вісн. Львів. нац. аграр. ун-ту*. 2011. № 15(2). С. 85–90.
  4. Петриченко С. М., Герасименко О. В., Гончарук Г. С. та ін. Перспективи вирощування світчграсу як альтернативного джерела енергії в Україні. *Цукрові буряки*. 2011. № 4. С. 13–14.
  5. Adler P. R., Del Grosso S. J., Parton W. J. Life cycle assessment of net greenhouse gas flux for bioenergy cropping systems. *Ecol. Appl.* 2007. Vol. 17, Iss. 3. P. 675–691. doi: 10.1890/05 2018
  6. Russi D. An integrated assessment of a large scale biodiesel production in Italy: killing several birds with one stone? *Energ. Policy*. 2008. Vol. 36, Iss. 3. P. 1169–1180. doi: 10.1016/j.en pol.2007.11.016
  7. Lee D., Owens V. N., Boe A., Koo B. Biomass and seed yields of big bluestem, switchgrass, and intermediate wheatgrass in response to manure and harvest timing at two topographic positions. *GCB Bioenergy*. 2009. Vol. 1, Iss. 2. P. 171–179. doi: 10.1111/j.1757 1707.2009.01008.x
  8. Williams P. R., Inman D., Aden A., Heath G. A. Environmental and sustainability factors associated with next generation biofuels in the U.S.: what do we really know? *Environ. Sci. Technol.* 2009. Vol. 43, Iss. 13. P. 4763–4775. doi: 10.1021/es900250d
  9. Rahman M. M., Mostafiz S. B., Paatero J. V., Lahdelma R. Extension of energy crops on surplus agricultural lands: A potentially viable option in developing countries while fossil fuel reserves are diminishing. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 2014. Vol. 29. P. 108–119. doi: 10.1016/j.rser.2013.08.092
  10. Brodowska M. S., Muszyński P., Haliniarz M. et al. Agronomic aspects of switchgrass cultivation and use for energy purposes. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 2018. Vol. 16, Iss. 5. P. 5715–5743. doi: 10.15666/aeer/1605\_57155743
  11. Parrish D. J., Fike J. H. The biology and agronomy of Switch grass for biofuels. *Crit. Rev. Plant Sci.* 2005. Vol. 24, Iss. 5–6. P. 423–459. doi: 10.1080/07352680500316433
  12. Калініченко А. В., Вакулєнко Ю. В., Галич О. А. Еколого економічні аспекти доцільності використання продукції рослинництва в альтернативній енергетиці. *Актуальні проблеми економіки*. 2014. № 11. С. 202–208.
  13. Porter C. L. An analysis of variation between upland and lowland switchgrass, *Panicum virgatum* L., in central Oklahoma. *Ecology*. 1996. Vol. 47, No. 6. P. 980–992. doi: 10.2307/1935646
  14. Moser L. E., Vogel K. P. Switchgrass, big bluestem, and indian grass. *Forages. Vol. I: An introduction to grassland agriculture* / R. F. Barnes, D. A. Miller, C. J. Nelson (Eds.). 5<sup>th</sup> ed. Ames : Iowa State Univ. Press, 1995. P. 409–420.
  15. Рахметов Д. Б., Вергун О. М., Рахметова С. О. *Panicum virgatum* L. – перспективний інтродуцент у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НААНУ. *Інтродукція рослин*. 2014. Вип. 3. С. 4–12.
  16. Kulyk M., Shokalo N., Dinets O. Morphometric indices of plants, biological peculiarities and productivity of industrial energy crops. *Development of modern science: the experience of European countries and prospects for Ukraine*. 3<sup>rd</sup> ed. Riga, Latvia : Baltija Publ., 2019. P. 411–431. doi: 10.30525/978 9934 571 78 7\_54
  17. Samson R., Delaquis E., Deen B. et al. Switchgrass Seed Quality. *Switchgrass. Agronomy*. Ontario, 2016. P. 20–22. URL: [https://www.agrireseau.net/documents/Document\\_93992.pdf](https://www.agrireseau.net/documents/Document_93992.pdf)
  18. Caddel J. L., Kakani G., Porter D. R. et al. Seed Production. *Switchgrass Production Guide for Oklahoma*. Stillwater, OK : Oklahoma Cooperative Extension Service, 2002. P. 28–30. URL: <http://switchgrass.okstate.edu/productionguide/productionguide.pdf>
  19. Мороз О. В., Смірних В. М., Курило В. Л. та ін. Світчграс як нова фітоенергетична культура. *Цукрові буряки*. 2011. № 3. С. 12–14.
  20. Wolf D. D., Fiske D. A. Planting and Managing Switchgrass for Forage, Wildlife, and Conservation / Virginia Cooperative Extension, publication 418 013. 2009. P. 418–423. URL: [http://pubs.ext.vt.edu/418/418\\_013/418\\_013\\_pdf.pdf](http://pubs.ext.vt.edu/418/418_013/418_013_pdf.pdf)
  21. Орлов С. Д. Особливості прояву біологічних, господарських ознак рослин *Panicum virgatum* (світчграс) з метою створення сортів з високою енергетичною цінністю в Лісостеповій зоні України. *Наук. праці ІБКЦБ*. 2013. Вип. 19. С. 93–95.
  22. Курило В. Л., Гументик М. Я., Гончарук Г. С. та ін. Методичні рекомендації з проведення основного та передпосівного обробітків ґрунту і сівби проса лозовидного. Київ, 2012. 28 с.
  23. Christian D. G., Elbersen H. W. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.). *Energy plant species. Their use and impact on environment and development* / N. El Bassam (Ed.). London : James & James Publ., 1998. P. 257–263.
  24. Охорона прав на сорти рослин. Київ : ПП «ОСТІНТЕК». 2015. Вип. 3. С. 221–222.
  25. Elbersen H. W., Christian D. G., El Bassam N. et al. Switchgrass variety choice in Europe. *Asp. Appl. Biol.* 2001. Vol. 65. P. 21–28.
  26. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ : Вища школа. 1994. 334 с.
  27. Методика проведення експертизи сортів рослин групи технічних на відмінність, однорідність і стабільність / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця, 2016. 188 с.
  28. Кулик М. І., Рахметов Д. Б., Курило В. Л. Методика проведення польових та лабораторних досліджень з просом прутотопічним (*Panicum virgatum* L.). Полтава : РВВ ПДАА, 2017. 24 с.
  29. Методика проведення експертизи сортів рослин групи технічних та кормових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. 3-тє вид., випр. і допов. Вінниця : Корзун Д. Ю., 2016. 73 с.
  30. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови : ДСТУ 2240 93. [Чинний від 1994 07 01]. Київ : Держстандарт України, 1994. 73 с.
  31. Доронін В. А., Кравченко Ю. А., Бусол М. В. та ін. Визначення енергії проростання та схожості насіння світчграсу. *Вісник Уманського НУС*. 2015. № 1. С. 64–68.
  32. Вайнагий И. В. О методике изучения семенной продуктивности травянистых растений. *Бот. журн.* 1974. Т. 59, № 6. С. 826–831.
  33. Боровиков В. П. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. 2-е изд. Санкт Петербург : Питер, 2003. 688 с.

## References

1. Wolf, D. D., & Fiske, D. A. (2009). *Planting and Managing Switch grass for Forage, Wildlife, and Conservation* / Virginia Cooperative Extension, publication 418 013. Retrieved from [http://pubs.ext.vt.edu/418/418\\_013/418\\_013\\_pdf.pdf](http://pubs.ext.vt.edu/418/418_013/418_013_pdf.pdf)
2. Min, D., & Kapp, C. (2010). Assessing the feasibility of producing switchgrass in the U.P. *Michigan Farm News*. Retrieved from <http://www.michiganfarmbureau.com/farmnews/transform.php?xml=20100430/switchgrass.xml>
3. Roik, M. V., Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., Hanzhenko, O. M., Kvak, V. M. (2011). Efficiency of cultivation high yield energy crops. *Visnik L'viv'skogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Agronomiâ* [Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agronomy], 15(2), 85–90. [in Ukrainian]
4. Petrychenko, S. M., Herasymenko, O. V., Honcharuk, H. S., Lytvyniuk, V. V., & Mandrovska, S. M. (2011). Prospects for Growing Lighting as an Alternative Energy Source in Ukraine. *Tsukrovi buriaky* [Sugar Beet], 4, 13–14. [in Ukrainian]
5. Adler, P. R., Del Grosso, S. J., & Parton, W. J. (2007). Life cycle assessment of net greenhouse gas flux for bioenergy cropping systems. *Ecol. Appl.*, 17(3), 675–691. doi: 10.1890/05 2018

6. Russi, D. (2008). An integrated assessment of a large scale bio diesel production in Italy: killing several birds with one stone? *Energy Policy*, 36(3), 1169–1180. doi: 10.1016/j.enpol.2007.11.016
7. Lee, D., Owens, V. N., Boe, A., & Koo, B. (2009). Biomass and seed yields of big bluestem, switchgrass, and intermediate wheat grass in response to manure and harvest timing at two topographic positions. *GCB Bioenergy*, 1(2), 171–179. doi: 10.1111/j.1757 1707.2009.01008.x
8. Williams, P. R., Inman, D., Aden, A., & Heath, G. A. (2009). Environmental and sustainability factors associated with next generation biofuels in the U.S.: what do we really know? *Environ. Sci. Technol.*, 43(13), 4763–4775. doi: 10.1021/es900250d
9. Rahman, M. M., Mostafiz, S. B., Paatero, J. V., Lahdelma, R. (2014). Extension of energy crops on surplus agricultural lands: A potentially viable option in developing countries while fossil fuel reserves are diminishing. *Renew. Sust. Energy Rev.*, 29, 108–119. doi: 10.1016/j.rser.2013.08.092
10. Brodowska, M. S., Muszyński, P., Haliniarz, M., Brodowski, R., Kowalczyk Juško, A., Sekutowski, T., & Kurzyna Szklarek, M. (2018). Agronomic aspects of switchgrass cultivation and use for energy purposes. *Appl. Ecol. Environ. Res.*, 16(5), 5715–5743. doi: 10.15666/aeer/1605\_57155743
11. Parrish, D. J., & Fike, J. H. (2005). The biology and agronomy of Switchgrass for biofuels. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 24(4–5), 423–459. doi: 10.1080/07352680500316433
12. Kalinichenko, A. V., Vakulenko, Y. V., & Galych, O. A. (2014). Ecological and economic aspects of feasibility of using crop products in alternative energy. *Aktual'ni problemi ekonomiki* [Actual Problems of Economics], 11, 202–208.
13. Porter, C. L. (1996). An analysis of variation between upland and lowland switchgrass, *Panicum virgatum* L. in central Oklahoma. *Ecology*, 47(6), 980–992. doi: 10.2307/1935646
14. Moser, L. E., & Vogel, K. P. (1995). Switchgrass, big bluestem, and indiangrass. In Barnes, R. F., Miller, D. A., & Nelson, C. J. (Eds.), *Forages. Vol. I: An introduction to grassland agriculture* (pp. 409–420). (5<sup>th</sup> ed.). Ames: Iowa State Univ. Press.
15. Rakhmetov, D. B., Verhun, O. M., & Rakhmetova, S. O. (2014). Switchgrass – promising introducer at the National Botanical Garden M. Grishko NAASU. *Introdukcija roslin* [Plant Introduction], 3, 4–12. [in Ukrainian]
16. Kulyk, M., Shokalo, N., & Dinets, O. (2019). Morphometric indices of plants, biological peculiarities and productivity of industrial energy crops. In *Development of modern science: the experience of European countries and prospects for Ukraine* (pp. 411–431). (3<sup>rd</sup> ed.). Riga, Latvia: Baltija Publ. doi: 10.30525/978 9934 571 78 7\_54
17. Samson, R., Delaquis, E., Deen, B., De Bruyn, J., & Eggimann, U. (2016). *Switchgrass. Agronomy* (pp. 20–22). Ontario: N.p. Retrieved from [https://www.agrireseau.net/documents/Document\\_93992.pdf](https://www.agrireseau.net/documents/Document_93992.pdf)
18. Caddel, J. L., Kakani, G., Porter, D. R., Redfearn, D. D., Walker, N. R., Warren, J., Wu, Y., & Zhang, H. (2002). *Switchgrass Production Guide for Oklahoma* (pp. 28–30). Stillwater, OK: Oklahoma Cooperative Extension Service. Retrieved from: <http://switchgrass.okstate.edu/productionguide/productionguide.pdf>
19. Moroz, O. V., Smirnykh, V. M., Kurylo, V. L., Herasymenko, Yu. P., Mostovna, N. A., Horobets, A. M., & Kulyk, M. I. (2011). Switch grass as a new phyto energy culture. *Tsukrovi buriaky* [Sugar Beet], 3, 12–14. [in Ukrainian]
20. Wolf, D. D., & Fiske, D. A. (2009). *Planting and Managing Switch grass for Forage, Wildlife, and Conservation* (pp. 418–423) / Virginia Cooperative Extension, publication 418 013. Retrieved from <http://pubs.ext.vt.edu/418/418 013/418 013 .pdf.pdf>.
21. Orlov, S. D. (2013). Features of the manifestation of biological and economic characteristics of switchgrass for the purpose of creating varieties with high energy value in the Forest steppe zone of Ukraine. *Nauk. prac Inst. bioeneg. kul't. cukrov. burakiv* [Scientific papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 19, 93–95. [in Ukrainian]
22. Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., Honcharuk, H. S., Smirnykh, V. M., Horobets, A. M., Kaskiv, V. V., Maksymenko, O. V., & Mandrovska, S. M. (2012). *Metodychni rekomendatsii z provedennia osnovnoho ta peredposivnoho obrobivkiv gruntu i sivby prosa lozovydnoho* [Methodological recommendations for basic and pre sowing tillage and sowing of switchgrass]. Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
23. Christian, D. G., & Elbersen, H. W. (1998). Switchgrass (*Panicum virgatum* L.). In N. El Bassam (Ed.), *Energy plant species. Their use and impact on environment and development* (pp. 257–263). London: James & James Publ.
24. *Okhrona prav na sorty roslin* [Plant Variety Rights Protection] (pp. 221–222). (2015). Kyiv: PP OSTINTEK. [in Ukrainian]
25. Elbersen, H. W., Christian, D. G., El Bassem, N., Bacher, W., Sauberbeck, G., Alexopoulou, E., ... Parker, S. R. (2001). Switchgrass variety choice in Europe. *Asp. Appl. Biol.*, 65, 21–28.
26. Moiseichenko, V. F., & Yeshchenko, V. O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Kyiv: Vyscha shkola. [in Ukrainian]
27. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslin hrupy tekhnichnykh na vidminnist, odnoridnist i stabilnist* [Methods of examination of plant varieties of the technical group for difference, uniformity and stability]. Vinnytsia: N.p. [in Ukrainian]
28. Kulyk, M. I., Rakhmetov, D. B., & Kurylo, V. L. (2017). *Metodyka provedennia polovykh ta laboratornykh doslidzhen z prosom prutopodibnym (Panicum virgatum L.)* [Methods of conducting field and laboratory studies with Switchgrass (*Panicum virgatum* L.)]. Poltava: RVV PDAA. [in Ukrainian]
29. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslin hrupy tekhnichnykh ta kormovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methods of examination of plant varieties of technical and fodder groups for suitability for distribution in Ukraine]. Vinnytsia: N.p. [in Ukrainian]
30. *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti. Tekhnichni umovy: DSTU 2240:93* [Seeds of agricultural crops. Variety and sowing qualities. Specifications: State Standard 2240:93]. (1994). Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
31. Doronin, V. A., Kravchenko, Yu. A., Busol, M. V., Doronin, V. V., & Mandrovska, S. M. (2015). Determination of Switchgrass sprouting energy and seed germination. *Visnik Umans'kogo NUS* [Bulletin of Uman NUH], 1, 64–68. [in Ukrainian]
32. Vaynagiy, I. V. (1974). On the methodology for studying the seed productivity of herbaceous plants. *Botanicheskij Zhurnal* [Botanical Journal], 59(6), 826–831. [in Russian]
33. Borovikov, V. P. (2003). *Statistica. Iskusstvo analiza dannykh na komp'yutere: dlya professionalov* [Statistica. The art of computer data analysis: for professionals]. (2<sup>nd</sup> ed.). St. Petersburg: Piter. [in Russian]

УДК 633.631.527

**Кулик М. И.<sup>1\*</sup>, Рахметов Д. Б.<sup>2</sup>, Рожко И. И.<sup>1</sup>, Сипливая Н. А.<sup>3</sup>** Исходный материал проса прутьевидного (*Panicum virgatum* L.) за комплексом хозяйственно ценных признаков в условиях Центральной Лесостепи Украины // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 4. С. 354–364. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.188549](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.188549)

<sup>1</sup>Полтавская государственная аграрная академия МОН Украины, ул. Г. Сковороды, 1/3, г. Полтава, 36003, Украина, \*e mail: kulykmaksym@ukr.net

<sup>2</sup>Национальный ботанический сад им. Н. Н. Гришка НАНУ, ул. Тимирязевская, 1, г. Киев, Украина, 01000

<sup>3</sup>Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина

**Цель.** Изучить сортообразцы проса прутьевидного ('Зоряне', 'Морозко', 'Лінія 1307' и 'Cave in Rock') по хозяйственно ценным признакам и выделить среди них наиболее урожайные, имеющие высокий выход кондиционных семян во взаимосвязи с погодными условиями вегетационного периода по ГТК (гидротермическому коэффициенту). **Методы.** Методика научных исследований в агрономии; лабораторно полевой – определение количественных показателей вегетативной и генеративной части растений, массы 1000 семян; количественно-весовой – для установления урожайности и выхода кондиционных семян; статистическую обработку результатов исследований выполняли с помощью вариационной статистики и дисперсионного анализа. **Результаты.** Наиболее высокие количественные показатели вегетативной (высота растений, количество стеблей и листьев, длина флагового листа) и генеративной части растений (длина и ширина метелки, количество веточек 1 го порядка, количество метелок, вес семян с метелки) сформировали сортообразцы 'Зоряне' и 'Лінія 1307', независимо от условий выращивания. По результатам исследований определено влияние биометрических (количественных) показателей

генеративной части растений в тесном взаимодействии с погодными условиями по ГТК за вегетационный период на семенную продуктивность, обуславливающих общий урожай семян. Урожайность семян сортообразцов проса прутьевидного по коэффициенту детерминации (d) зависела: на 53–59% – от количества веточек первого порядка, на 48–52% – от количества метелок, на 12–21% – от крупности семян и на 6–12% – от длины и ширины метелки. **Выводы.** Выделены сорта 'Зоряне' и 'Лінія 1307', которые сформировали более крупные семена, высокую семенную урожайность (более 250 кг/га) кондиционных семян (около 65 %) и могут быть использованы в дальнейшей селекционной работе для создания и расширения сорта проса прутьевидного. В перспективе это позволит без дополнительных затрат получать качественный семенной материал, закладывать новые энергоплатации для производства биомассы растений для энергетических целей и получать дополнительные продукты для различных отраслей промышленности.

**Ключевые слова:** просо прутьевидное; условия выращивания; температура воздуха; осадки; семена; урожайность.

UDC 633.631.527

**Kulyk, M. I.<sup>1\*</sup>, Rakhmetov, D. B.<sup>2</sup>, Rozhko, I. I.<sup>1</sup>, & Syplyva, N. O.<sup>3</sup>** (2019). The study of the varietal specimens of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) on a complex of useful signs in the Central Forest Steppe of Ukraine conditions. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 354–364. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.188549](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.188549)

<sup>1</sup>Poltava State Agrarian Academy, 1/3 Skovorody St., Poltava, Ukraine, 36003, \*e mail: kulykmaksym@ukr.net

<sup>2</sup>M. M. Hryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine, 1 Tymiriazievskaya St., Kyiv, 01000, Ukraine

<sup>3</sup>Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Heneral Rodymytseva St., Kyiv, 03041, Ukraine

**Purpose.** To study switchgrass varietal specimens ('Zoriane', 'Morozko', 'Liniia 1307' and 'Cave in Rock') according to economically valuable traits, and to distinguish the most yielding specimens with high yield of certified seed in relation to the weather conditions of the vegetation period (hydrothermal coefficient). **Methods.** Methods of scientific research in agronomy, laboratory field method – to determine the quantitative indicators of vegetative and generative parts of plants and the weight of 1000 seeds, quantitative weight methods – to determine crop productivity and yield of certified seed; statistical processing of research results was performed by a dispersion analysis and variation statistics. **Results.** Varietal specimens 'Zoriane' and 'Liniia 1307' formed the highest quantitative indicators of vegetative (height of plants, number of stems and leaves, length of flag leaf) and generative part of plants (panicle length and width, number of twigs of the first order, number of panicles and weight of seeds from panicle) independently from the cultivation conditions. Influence of biometric (quantitative) in

dicators of the generative part of plants, in close interaction with the weather conditions by HTC during the vegetation period, on the seed productivity, which affects the total crop yield, has been determined according to the research results. Seed yield of switchgrass varietal specimens by the determination coefficient (d) depends on: 53–59% – the number of twigs of the first order, 48–52% – the number of panicles, 12–21% – the seeds size, and 6–12% – the length and width of panicle. **Conclusion.** Variety 'Zoriane' and 'Liniia 1307', which form weighty seeds, high seed yield (more than 250 kg/ha) of certified seed (about 65%) have been distinguished and can be used in further breeding work to create and expand switchgrass assortment. In future, this will allow to get seed material of high quality without any additional cost as well as to establish new energy plantations for the production of plant biomass for energy purposes and additional products for various industries.

**Keywords:** switchgrass; varieties; cultivation conditions; air temperature; rainfall; seed; yield.

Надійшла / Received 25.11.2019

Погоджено до друку / Accepted 24.12.2019

# Аналіз української колекції сортів хмелю звичайного (*Humulus lupulus* L.) для виділення сортів з еталонними ознаками

І. П. Штанько

Інститут сільського господарства Полісся НААН України, Київське шосе, 131, м. Житомир, 10007, Україна,  
e mail: [shtanko\\_hop@meta.ua](mailto:shtanko_hop@meta.ua)

**Мета.** Оцінити зразки базової колекції хмелю звичайного (*Humulus lupulus* L.) Інституту сільського господарства Полісся НААН (ІСГП НААН) за рівнем прояву основних морфологічних ознак для виділення вітчизняних сортів з еталонними ознаками. **Методи.** Польовий, візуального оцінювання, лабораторний, аналітичний. **Результати.** Упродовж 2011–2017 рр. проведено оцінювання зразків базової колекції хмелю звичайного (*Humulus lupulus* L.) в умовах Полісся, визначено рівень прояву їхніх основних морфологічних ознак. Сформовано інформаційну базу морфологічних ознак сортів хмелю з переліком іноземних сортів еталонів та вітчизняних претендентів в еталони за певними ознаками. Сорти мають різний ступінь виявлення ознак. Зокрема, за інтенсивністю антоціанового забарвлення стебла: від дуже слабкого – ‘Слов’янка’, ‘Заграва’ до дуже сильного – ‘Граніт’; за забарвленням верхньої частини листової пластинки: від жовто-зеленого забарвлення, характерного для сортів ‘Альта’ та ‘Хмелеслав’ до зеленого – для сортів ‘Заграва’ та ‘Клон 18’. За часом цвітіння та настанням технічної стиглості шишок сорти розподілено за групами: ранні – ‘Альта’, середні – ‘Клон 18’, ‘Заграва’, пізні – ‘Ксанта’, ‘Гайдамацький’, ‘Граніт’. Серед вітчизняних претендентів в еталони за формою куща запропоновано сорт ‘Зміна’ – веретеноподібна, ‘Слов’янка’ – циліндрична, ‘Альта’ – конічна та ін.; за формою шишки – сорт ‘Клон 18’ – циліндрична, ‘Слов’янка’ – вузько овальна, ‘Руслан’, ‘Альта’ – овальна, ‘Злато Полісся’ – широкоовальна та ‘Житич’ – куляста. **Висновки.** За результатами багаторічних досліджень проведено порівняльне оцінювання сортів еталонів іноземної селекції та зразків колекції вітчизняного походження за характеристиками вегетативних (стебло, листки, кущ) і генеративних органів рослин (шишка) та фенологічними описами (час цвітіння і збирання шишок), що дозволило визначити сорти зі стабільним проявом основних ідентифікаційних ознак хмелю. Виділено та запропоновано для використання у ролі еталонів вітчизняні сорти, які є носіями окремих ознак (‘Злато Полісся’, ‘Житич’, ‘Руслан’, ‘Поліський’) або декількох (‘Слов’янка’, ‘Заграва’, ‘Гайдамацький’, ‘Клон 18’, ‘Хмелеслав’, ‘Альта’ та ін.).

**Ключові слова:** *Humulus lupulus* L.; код прояву; забарвлення головного стебла; габітус куща; тривалість вегетаційного періоду; тип росту; ідентифікація.

## Вступ

Хміль звичайний є сільськогосподарською культурою, яка забезпечує пивоварну, фармацевтичну, харчову галузі промисловості унікальною сировиною. Попит на продукцію хмелярства з різними технологічними, смакоароматичними ознаками, зміна екологічної ситуації викликають необхідність створення все нових сортів. У світі щорічно реєструють біля двох десятків нових генотипів, а загальна кількість сортів у колекціях складає вже понад 450 сортів та форм [1]. Колекції сортозразків рослин певного таксона є матеріальним та інтелектуальним надбанням, їх використовують у кваліфікаційній експертизі для визначення критеріїв охороноздатності (відмінність, однорідність і стабільність сортів-кандидатів) та при створенні нових форм у селекційних дослідженнях. Якість проведення кваліфікаційної ек-

спертизи сортів рослин із визначення показників залежить, насамперед, від наявності колекцій загальновідомих сортів та колекцій з еталонними ознаками (сорти-еталони) [2]. Незначна частина морфологічних сортових ознак має генетичну обумовленість стабільності прояву, але в більшості випадків ці ознаки мають значну мінливість залежно від середовища вирощування, погодних умов року. Тому для ідентифікації сортів бажано використовувати генетично зумовлені ознаки, які є визначальними для сортової ідентифікації відмінних ознак сортів для виробництва та нових генотипів для селекції. Наявність повного оцінювання зразків колекцій тієї чи іншої культури є фундаментом для формування інформативних баз характеристик сортів-еталонів, які використовуються за експертизи сортів для визначення рівня прояву ознаки певного генотипу відповідно до коду їх прояву.

Важливою складовою наукових пошуків у напрямку ідентифікації, сортового та експертного оцінювання є визначення рівня прояву господарсько-цінних, біологічних та

Igor Shtanko  
[https://orcid.org/0000\\_0001\\_7847\\_0772](https://orcid.org/0000_0001_7847_0772)

інших ознак у зразків колекцій генофонду хмелю звичайного для встановлення їхньої придатності до вирощування в умовах певних регіонів та для покращення й створення нових сортів і клонів культури з унікальними ознаками [3–6]. Повноцінна ідентифікація зразків генофонду за морфологічними, фізіологічними, біохімічними ознаками дозволяє ефективніше формувати бази даних інформаційних показників, вести інформаційні банки колекцій (базові, ознакові, робочі, селекційні тощо) хмелю звичайного та використовувати їх для удосконалення методик сортової експертизи.

**Мета досліджень** – провести узагальнене оцінювання зразків базової колекції хмелю звичайного (*Humulus lupulus* L.) ІСГП НААН за рівнем прояву основних морфологічних ознак для виділення сортів з еталонними ознаками.

### Матеріали та методика досліджень

Матеріалами для досліджень впродовж 2011–2017 років були генотипи базової колекції генофонду хмелю звичайного (*Humulus lupulus* L.) ІСГП НААН, які представлено вітчизняними та зарубіжними комерційними сортами, традиційними місцевими клонами з 16 хмелярських країн, селекційними номерами.

Вивчення і виділення джерел цінних ознак проводили в польових умовах *in vivo* колекції генофонду хмелю ІСГП НААН згідно з методиками проведення експертизи сортів рослин хмелю звичайного (*Humulus lupulus* L.) на відмінність, однорідність і стабільність UPOV [7] та України [8], методичними рекомендаціями ІСГП НААН, класифікаторами ознак хмелю звичайного [9] та ДСТУ 7027:2009 [10]. Використаний метод ідентифікації – морфологічний опис, який ґрунтується на визначенні 23 морфологічних ознак, а саме: 4 якісних, 15 кількісних і 4 псевдоякісних. Візуальне та інструментальне оцінювання вегетативних і генеративних органів рослин сортів проводили відповідно до методичних вказівок [7, 8, 11]: MG – разове вимірювання групи рослин або частин рослин (наприклад, висоти куща); MS – вимірювання групи окремих, попередньо визначених рослин або частин рослин, на яких протягом вегетації вимірюють кількісні ознаки (наприклад, довжину бокових пагонів); VG – візуальна разова оцінка групи рослин. Метод забезпечує повноту морфологічної кодової формули сорту хмелю звичайного і є одним із засобів, що підтверджує наявність відмінностей за певною ознакою,

оскільки спостереження за рослинами проводять впродовж декількох вегетаційних циклів. Ідентифікацію зразків здійснювали шляхом порівняння ознак (за фенологічними характеристиками ознак у період вегетації) з описами за літературними джерелами, паспортними характеристиками баз даних EURISCO (Європейська пошукова система з генетичних ресурсів рослин), баз даних інформаційних сайтів основних наукових установ світу, а також з використанням комп'ютерної системи «Генофонд хмелю», розробленої за методикою Національного центру генетичних ресурсів рослин України. Погодні умови пункту досліджень характеризувались достатньою (~ 600 мм) зволоженостю та помірними температурами. За роки досліджень мали місце як достатньо вологі 2013, 2014, засушливі 2011, 2012, 2015, 2017 роки, так і близький до багаторічної норми 2016 рік. Температурний режим років досліджень впродовж усіх вегетацій характеризувався перевищенням багаторічних показників на 0,7–1,5 °С, а в окремі періоди – до 2 °С.

### Результати досліджень

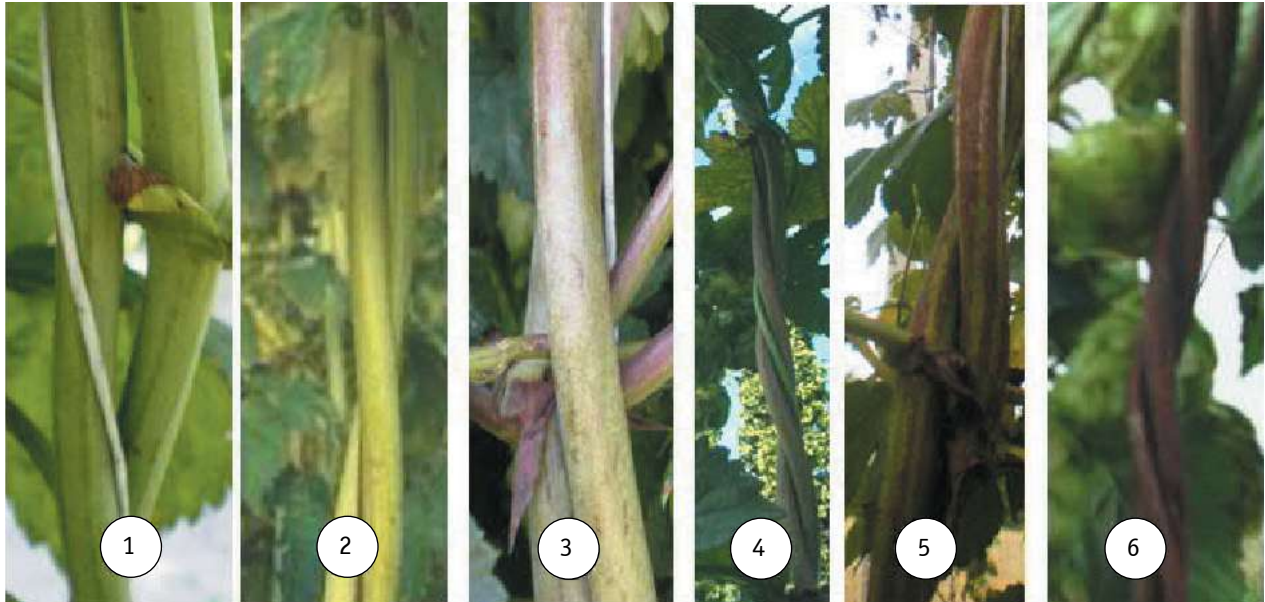
Базова колекція хмелю звичайного (*Humulus lupulus* L.) ІСГП НААН представляє значну частину генофонду культури і сформована із зразків вітчизняних та зарубіжних комерційних сортів, традиційних місцевих клонів з 16 хмелярських країн, селекційних номерів і охоплюють певний спектр мінливості морфологічних ознак в межах різновиду *Humulus lupulus* [3]. Упродовж етапів досліджень (вегетаційних періодів 2011–2017 років) умови різнилися за гідротермічним режимом, що дозволило оцінити мінливість морфологічних ознак досліджуваних сортів та визначити для них середньостатистичні показники ступенів виявлення основних.

Серед 23 ознак, за якими проводили візуальний опис рослин хмелю, для сортової ідентифікації або апробаційного визначення ознак сорту визначальними є декілька, зокрема: «інтенсивність антоціанового забарвлення головного стебла», «час цвітіння» та «збирання стиглих шишок» (тривалість вегетаційного періоду), «габітус стебла», «форма та розмір шишок». Решта ознак є менш інформативними для сортової ідентифікації, але в певних умовах можуть виступати сортовими, якщо генотип виділяється певними параметрами ознаки (коду).

За результатами досліджень було визначено відповідність кожного сорту базової колекції ІСГП НААН коду градації ідентифікаційних ознак. Серед вітчизняних сортів відібра-

но такі, що мають відповідні коди ознак еталонів (іноземних сортів) методики UPOV. Наприклад, за інтенсивністю антоціанового забарвлення основного пагона (одна з головних сортових ідентифікаційних і апробаційних ознак, за якою групують досліджувані генотипи) близько 60% вибірки сортів колекції відносять до зеленостебельних, у яких пов-

ністю відсутні ознаки забарвлення. Подібними до еталону 'Late Cluster' визначено сорти 'Слов'янка' та 'Заграва'. До середнього ступеня виявлення ознаки віднесено 'Клон 18', сильне антоціанове забарвлення характерне для сортів 'Хмелеслав', 'Поліський', а найінтенсивніше забарвлений основний пагін (червоно-фіолетове) у сорту 'Граніт' (див. рис. 1).



**Рис. 1. Виявлення ознаки антоціанового забарвлення головного стебла у вітчизняних сортах**  
(1 – 'Слов'янка', 2 – 'Заграва' (відсутнє або дуже слабе); 3 – 'Клон 18' (середнє); 4 – 'Хмелеслав',  
5 – 'Поліський' (сильне); 6 – 'Граніт' (дуже сильне))

Важливими для ідентифікації сортів є забарвлення верхнього боку листкової пластинки (ознака 4) та інтенсивність зеленого забарвлення верхнього боку листкової пластинки (ознака 5). За градацією 4 ознаки форм з жовтим забарвленням не було зафіксовано. Жовто-зелене забарвлення, аналогічне сорту 'Comet', характерне для вітчизняних сортів 'Альта' та 'Хмелеслав', зелене – для сортів 'Заграва' та 'Клон 18'. Серед вибірки сортів за 5 ознакою чіткі відмінності за інтенсивністю забарвлення дозволили виділити сорти 'Хмелеслав' і 'Руслан' (світле), 'Заграва' і 'Клон 18' (помірне) та сорт 'Ксанта' (сильне).

За ознакою «час цвітіння» (ознака 6) було виділено як еталонну форму, що зацвітає на 75–80 день після появи сходів – сорт 'Альта'. Для групи сортів з середніми термінами цвітіння виділено найхарактерніші сорти: 'Заграва' та 'Клон 18'. Для групи форм, які зацвітають найпізніше, еталоном запропоновано сорт 'Ксанта'.

Наступною ознакою для групування за методиками є опис типу росту, за яким досліджувані рослини поділяють на карликові та

рослини з нормальним типом росту. У вибірці генотипів представлено лише рослини з нормальним типом росту, але, залежно від генетичних особливостей, мають сортові відмінності як за ознакою «довжина головного стебла» – від 5 до 10 м, так і за формою (габітусом) куща, яка має декілька градацій – від веретеноподібної до конічної (ознака 8). Серед досліджуваних зразків за цією ознакою встановлено чіткі відмінності, які характерні для таких сортів: 'Зміна' – веретеноподібна форма куща, 'Потіївський' – від веретеноподібної до циліндричної, 'Слов'янка' – циліндрична, 'Заграва' – від циліндричної до булавоподібної, 'Гайдамацький' – булавоподібна і для сорту 'Альта' – конічна форма (рис. 2).

Тривалість вегетаційного періоду (ТВП) є важливою ознакою, що обумовлює урожайні характеристики зразків через забезпечення реалізації їхнього продуктивного потенціалу в певних ґрунтово-кліматичних умовах. За тривалістю вегетаційного періоду (від появи сходів до настання технічної стиглості шишок, ознака 16 «час збирання шишок») у колекції переважають (49% вибірки) зразки



Рис. 2. Виявлення ознаки «габітус куща» у вітчизняних сортів  
(1 – ‘Зміна’, 2 – ‘Потіївський’, 3 – ‘Слов’янка’, 4 – ‘Заграва’, 5 – ‘Гайдамацький’, 6 – ‘Альта’)

середньостиглої (118–128 днів) та пізньостиглої (130–145 днів) груп (44%), невелика кількість (7%) зразків – ранньостиглих (90–116 днів).

Сорти-еталони ‘Нортерн Бревер’ та ‘Hallertauer Mercur’ в умовах Полісся впродовж періоду досліджень майже не відрізнялись за часом настання стиглості шишок (табл. 1). Їх можна віднести до групи середньостиглих

форм. Сорт ‘Nugget’ підтвердив прояв ознаки як еталонний для форм пізньостиглої групи. Серед групи вітчизняних претендентів в еталони, найменшу ступінь варіації ознаки ТВП встановлено для сортів середньостиглої групи (‘Поліський’, ‘Клон 18’, ‘Заграва’), середній рівень варіації цієї ознаки для пізньостиглих сортів (‘Гайдамацький’, ‘Граніт’) та раннього сорту (‘Альта’).

Таблиця 1

Оцінювання тривалості вегетаційного періоду в сортів еталонів та вітчизняних претендентів в еталони

№ з/п	Назва сорту	Країна	Код ознаки	Середнє, діб	Міп max, діб	Варіація ознаки V, %
1	‘Нортерн Бревер’	GBR	3	121	118 124	4,9
2	‘Hallertauer Mercur’	DEU	5	121	118 128	9,1
3	‘Nugget’	USA	7	133	130 136	4,6
4	‘Альта’	UKR	3	108	102 115	11,5
5	‘Поліський’	UKR	5	121	119 124	3,4
6	‘Клон 18’	UKR	5	124	121 128	5,0
7	‘Заграва’	UKR	5	126	122 131	8,0
8	‘Гайдамацький’	UKR	7	145	136 148	13,1
9	‘Граніт’	UKR	7	135	132 138	15,5

Аналіз накопиченої інформаційної бази морфологічних описів та вивчення сортового генофонду хмелю звичайного (*Humulus lupulus* L.) дозволив провести детальний порівняльний аналіз загальновідомих і вітчизняних сортів з метою виділення сортів української селекції з еталонними ознаками. Практично за всіма градаціями означених морфологічних ознак опису сортів хмелю звичайного виявлені вітчизняні сорти з еталонними ознаками (табл. 2), які пропонують

до використання для удосконалення методики експертизи сортів.

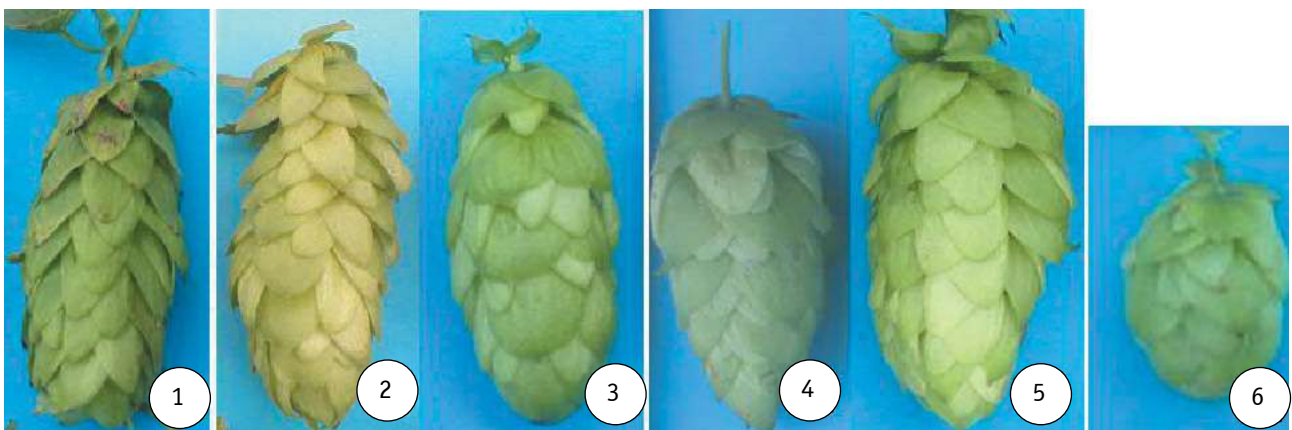
До важливих ознак за якими проводять ідентифікаційних опис сортів є ознаки, які характеризують генеративні органи – жіночі суцвіття хмелю (шишки), зокрема їхній розмір (ознака 17) та форму (ознака 18). За розміром шишки (відстань від основи шишки до її вершини) виділено сорти – претенденти в еталони: ‘Гайдамацький’ – шишка мала (від 3 до 4,5 см); ‘Поліський’, ‘Зміна’ – серед-



Таблиця 2

**Інформаційна база даних морфологічних ознак сортів хмелю з переліком іноземних сортів еталонів та вітчизняних претендентів в еталони**

№ з/п	Ознака	Ступені виявлення ознак	Коди	Сорти еталони	
				іноземні	вітчизняні претенденти
1.	Основний пагін: антоціанове забарвлення VG (a) 37–38	відсутнє або дуже слабке	1	Late Cluster	Слов'янка, Заграва
		слабке	3	Willamette	
		середнє	5	Spalter	Клон 18
		сильне	7	Northern Brewer	Хмелеслав, Поліський
		дуже сильне	9	Wye Challenger	Граніт
4.	Листок: колір верхнього боку листової пластинки VG (a) (б) 37–38	жовтий	1	Diva	–
		жовто-зелений	2	Comet	Альта, Хмелеслав
		зелений	3	Wye Target Brewers Gold	Заграва, Клон 18
5.	Листки: інтенсивність зеленого забарвлення верхнього боку листової пластинки VG (a) (б) 37–38	світле	3	Brewers Gold	Хмелеслав, Руслан
		помірне	5	Nugget	Заграва, Клон 18
		темне	7	Wye Target	Ксанта
6.	Час початку цвітіння MG 37–38	ранній	3	Northern Brewer	Альта
		середній	5	Wye Target	Клон 18, Заграва
		пізній	7	Hersbrucker Spat	Ксанта
7.	Рослина: тип росту MG 37–38	карликовий	1	First Gold	
		нормальний	2	Hallertauer Magnum	Слов'янка
8.	Рослина: форма (габітус) MG 37–38	веретеноподібна	1	Northern Brewer	Зміна
		від веретеноподібної до циліндричної	2	Hallertauer Taurus	Потіївський
		циліндрична	3	Hallertauer Magnum	Слов'янка
		від циліндричної до булавоподібної	4	Willamette	Заграва
		булавоподібна	5	Spalter Select	Гайдамацький
		від циліндричної до конічної	6	Galena	–
		конічна	7	Glacier	Альта
16.	Час збирання стиглих шишок MG 89	ранні	3	Northern Brewer	Альта
		середні	5	Hallertauer Merkur	Клон 18, Заграва
		пізні	7	Nugget	Гайдамацький, Граніт
17.	Шишка: за розміром MG (a) 89	мала	3	Saphir	Гайдамацький
		середня	5	Hersbrucker Spat	Поліський, Зміна
		велика	7	Tettanager	Клон 18, Заграва
18.	Шишка: форма VG (в) 89	циліндрична	1	Wye Target	Клон 18
		вужкоовальна	2	Northern Brewer	Слов'янка
		овальна	3	Nugget	Руслан, Альта
		широкоовальна	4	Brewers Gold	Злато Полісся
		куляста	5		Житич



**Рис. 3. Виявлення ознаки «форма шишки» у вітчизняних сортів**  
(1 – 'Клон 18', 2 – 'Слов'янка', 3 – 'Руслан', 4 – 'Альта', 5 – 'Злато Полісся', 6 – 'Житич')

ні шишки (від 4,5 до 6 см); ‘Клон 18’, ‘Заграва’ – великі шишки (більше 6 см).

За формою шишки (рис. 3) виділено сорт з циліндричною формою шишки – ‘Клон 18’, вузькоовальною – ‘Слов’янка’, овальною – ‘Руслан’, ‘Альта’, широкоовальною – ‘Злато Полісся’, кулястою – ‘Житич’.

Використання запропонованих вітчизняних сортів, як еталонів, може підвищити якість експертної оцінки нових селекційних генотипів та претендентів для проходження експертизи, оскільки для чіткої реєстрації виявлення ознаки поряд із сортами-кандидатами необхідно висаджувати сорти-еталони (п. 5.1 методики на ВОС [8]), а іноземні сорти-еталони не завжди є доступними для експертизи, оскільки існують певні законодавчі перешкоди щодо їхнього поширення в інших країнах, у тому числі і в Україні.

### Висновки

Проведено вивчення базової колекції загальновідомих сортів і зразків хмелю звичайного вітчизняної селекції за морфологічними ознаками вегетативних (стебло, листя, кущ), генеративних органів рослин (шишка) та фенологічними описами (час цвітіння і збирання шишок), що дозволило визначити сорти зі стабільним проявом основних ідентифікаційних ознак хмелю. Виділено вітчизняні сорти, які презентують одну еталонну ознаку (‘Житич’, ‘Злато Полісся’, ‘Руслан’, ‘Поліський’) або поєднують декілька ознак (‘Клон 18’, ‘Слов’янка’, ‘Заграва’ та ін.).

### Використана література

- Штанько І. П. Досягнення селекції хмелю в світі та напрями удосконалення сортової структури насаджень в Україні. *Аграрна наука в Україні*. 2013. Вип. 6. С. 92–97.
- TG/1/3. General introduction to the examination of distinctness, uniformity and stability and the development of harmonized descriptions of new varieties of plants / UPOV. Geneva, 2002. 26 p. URL: [https://www.upov.int/export/sites/upov/publications/en/tg\\_rom/pdf/tg\\_1\\_3.pdf](https://www.upov.int/export/sites/upov/publications/en/tg_rom/pdf/tg_1_3.pdf)
- Штанько І. П., Михайліченко К. П. Вивчення базової колекції генофонду хмелю звичайного (*Humulus lupulus* L.). *Аграрна наука в Україні*. 2008. Вип. 1. С. 23–27.
- Seigner E., Lutz A., Seefelder S. Utilization of genetic resources in breeding programmes at the Hop Research Center Huell. *Use Genetic Resources of Cultivated Plants* : Proceedings of the International Scientific Meeting (Czech Republic, Saaz). Žatec : Chmelařský institut, 2008. P. 8–12.
- Scombra U. Genetic resources of hops in Poland: collection, evaluation and utilization in breeding. *Use Genetic Resources of Cultivated Plants* : Proceedings of the International Scientific Meeting (Czech Republic, Saaz). Žatec : Chmelařský institut, 2008. P. 13–18.
- Данилова Е. С., Данилова Ю. С., Никонова З. А. Мониторинг хозяйственно ценных признаков коллекции отечественных и зарубежных сортов хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.). *Аграрная наука Евро Северо Востока*. 2011. № 6. С. 18–22.
- TG/227/1. Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Hop (*Humulus lupulus* L.) / UPOV. Geneva, 2006. 24 p. URL: <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg227.pdf>
- Методика проведення експертизи сортів хмелю звичайного (*Humulus lupulus* L.) на відмінність, однорідність і стабільність. *Методика проведення експертизи сортів рослин групи технічних на відмінність, однорідність і стабільність* / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця : Нілан ЛТД, 2016. С. 159–171.
- Rigr A., Faberová I. Klasifikátor Descriptor list genus *Humulus* L. Praha, 2000. 18 p.
- Селекція хмелю. Технологічний процес. Методи випробувань : ДСТУ 2027 2009. [Чинний від 2011.06.01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 26 с.
- Атлас морфологічних ознак сортів хмелю звичайного *Humulus lupulus* L. Вінниця : Нілан ЛТД, 2017. 40 с.

### References

- Shtanko, I. P. (2013). Achievements breeding of hop in the world and the direction of improving the structure of varietal plantings in Ukraine. *Agropromislove virobnictvo Polissâ* [Agricultural Industry of Polissya Region], 6, 92–97. [in Ukrainian]
- UPOV. (2002). *TG/1/3. General introduction to the examination of distinctness, uniformity and stability and the development of harmonized descriptions of new varieties of plants*. Geneva: UPOV. Retrieved from [https://www.upov.int/export/sites/upov/publications/en/tg\\_rom/pdf/tg\\_1\\_3.pdf](https://www.upov.int/export/sites/upov/publications/en/tg_rom/pdf/tg_1_3.pdf)
- Shtanko, I., & Mykhaylichenko, K. (2008). Studing of the base collection gntnpool of hop (*Humulus lupulus* L.). *Agropromislove virobnictvo Polissâ* [Agricultural Industry of Polissya Region], 1, 23–27. [in Ukrainian]
- Seigner, E., Lutz, A., & Seefelder, S. (2008). Utilization of genetic resources in breeding programmes at the Hop Research Center Huell. In *Use Genetic Resources of Cultivated Plants: Proceedings of the International Scientific Meeting*, Czech Republic, Saaz (pp. 8–12). Žatec: Chmelařský institute.
- Scombra, U. (2008). Genetic resources of hops in Poland: collection, evaluation and utilization in breeding. In *Use Genetic Resources of Cultivated Plants: Proceedings of the International Scientific Meeting*, Czech Republic, Saaz (pp. 13–18). Žatec: Chmelařský institute.
- Danilova, E. S., Danilova, Yu. S., & Nikonova, Z. A. (2011). Monitoring economic valuable signs of collection of home and foreign sorts of hop (*Humulus lupulus* L.). *Agrarnaâ nauka Evro Severo Vostoka* [Agricultural Science Euro North East], 6, 18–22. [in Russian]
- UPOV. (2006). *TG/227/1. Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Hop (Humulus lupulus L.)*. Geneva: UPOV. Retrieved from <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg227.pdf>
- Methods of examination of ordinary hops (Humulus lupulus L.) for difference, homogeneity and stability*. (2016). In S. O. Tkachyk (Ed.), *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy tekhnichnykh na vidminnist, odnorodnist i stabilnist* [Methodology of realization of examination of sorts of plants of group of technical is on a difference, homogeneity and stability] (pp. 159–171). Vinnytsia: Nilan LTD. [in Ukrainian]
- Rigr, A., & Faberová, I. (2000). *Klasifikátor Descriptor list genus Humulus L.* Praha: N.p.
- Seleksiia khmeliu. Tekhnolohichni protses. Metody vyprobuvan: DSTU 2027 2009* [Hops selection. Technological process. Test methods: State Standard 2027:2009]. (2011). Kyiv: Derzh spozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
- Atlas morfolohichnykh oznak sortiv khmeliu zvychnainoho Humulus lupulus L.* [Atlas of morphological characteristics of hop varieties *Humulus lupulus* L.]. (2017). Vinnytsia: Nilan LTD. [in Ukrainian]

УДК 633.791:631.527.8

**Штанько И. П.** Анализ украинской коллекции сортов хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.) для выделения сортов с эталонными признаками // *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 365–371. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.188551](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.188551)

*Институт сельского хозяйства Полесья НААНУ, Киевское шоссе, 131, г. Житомир, 10007, Украина, e mail: shtanko\_hop@meta.ua*

**Цель.** Провести обобщенную оценку образцов базой коллекции хмеля *Humulus lupulus* L. Института сельского хозяйства Полесья НААН (ИСГП НААН) по уровню проявления основных морфологических признаков для выделения отечественных сортов с эталонными признаками. **Методы.** Полевой, визуальной оценки, лабораторный, аналитический. **Результаты.** В течение 2011–2017 гг. была проведена оценка образцов базовой коллекции хмеля *Humulus lupulus* L. в условиях Полесья, определен уровень проявления ихних основных морфологических признаков. Сформирована информационная база морфологических признаков сортов хмеля с перечнем иностранных сортов стандартов и отечественных претендентов на стандарты по определенным признакам. Установлено, что сорта имеют различную степень выявления признаков. В частности, по интенсивности антоциановой окраски стебля от очень слабого – ‘Слов’янка’, ‘Заграва’ к очень сильному – ‘Граніт’; по окраске верхней части листовой пластинки: от желто-зеленой, характерной для сортов ‘Альта’ и ‘Хмелеслав’ к зеленой – для сортов ‘Заграва’ и ‘Клон 18’. По времени цветения и наступления технической спелости шишек сорта распределены по группам: ранние – ‘Альта’, средние – ‘Клон 18’, ‘Заграва’, поздние –

‘Ксанта’, ‘Гайдамацкий’, ‘Граніт’. Среди отечественных претендентов на эталоны по форме куста предложено сорт ‘Зміна’ – веретенообразная, ‘Слов’янка’ – цилиндрическая, ‘Альта’ – коническая и др.; по форме шишки – сорт ‘Клон 18’ – цилиндрическая, ‘Слав’янка’ – узкоовальная, ‘Руслан’, ‘Альта’ – овальная, ‘Злато Полісся’ – широкоовальная и ‘Житич’ – шаровидная. **Выводы.** По результатам многолетних исследований проведена сравнительная оценка сортов эталонов иностранной селекции и образцов коллекции отечественного происхождения по характеристикам вегетативных (стебель, лист, куст), генеративных органов растений (шишка) и фенологическим описаниям (время цветения и сбора шишек), что позволило определить сорта со стабильным проявлением основных идентификационных признаков хмеля. Выделены и предложены для использования в качестве эталонов отечественные сорта, которые являются носителями отдельных признаков (‘Злато Полісся’, ‘Житич’, ‘Руслан’, ‘Поліський’) или нескольких (‘Слов’янка’, ‘Заграва’, ‘Гайдамацкий’, ‘Клон 18’, ‘Хмелеслав’, ‘Альта’ и др.).

**Ключевые слова:** *Humulus lupulus* L.; окрас главного стебля; габитус куста; продолжительность вегетационного периода; тип роста; код проявления; идентификация.

UDC 633.791:631.527.8

**Shtanko, I. P.** (2019). Analysis of the Ukrainian collection of common hop varieties (*Humulus lupulus* L.) to highlight varieties with reference characters. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 365–371. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.188551](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.188551)

*Institute of Agriculture Polissia, NAAS of Ukraine, 131 Kyivske shose, Zhytomyr, 10007, Ukraine, e mail: shtanko\_hop@meta.ua*

**Purpose.** Conduct a generalized assessment of samples of the base collection of hops *Humulus lupulus* L. Institute of Agriculture Polissia of NAAS of Ukraine according to the level of manifestation of the main morphological characters to highlight domestic varieties with reference characters. **Methods.** Field, visual estimation, laboratory, analytical. **Results.** During 2011–2017 samples of the base collection of *Humulus lupulus* L. hops were evaluated in the conditions of Polissia; the level of manifestation of their main morphological characters was determined. An information base has been formed on the morphological characteristics of hop varieties with a list of foreign standard varieties and domestic applicants for standards on certain characteristics. It was revealed that breeds have varying degrees of characters manifestation. In particular, according to the intensity of the anthocyanin color of the stem from very weak – ‘Slavianka’, ‘Zahrava’ to very strong – ‘Hranit’; according to the color of the upper part of the leaf blade: from yellow green, characteristic for the ‘Alta’ and ‘Khmeleslav’ varieties to green, for the ‘Zahrava’ and ‘Clon 18’ varieties. By flowering time and onset of technical ripeness of cones, the varieties

are divided into groups: early – ‘Alta’, medium – ‘Clon 18’, ‘Zahrava’, later – ‘Xanta’, ‘Haidamatskyi’, ‘Hranit’. Among domestic applicants for standards in the form of a bush, the variety ‘Zmina’ – spindle shaped, ‘Slavianka’ – cylindrical, ‘Alta’ – conical, and others; in the shape of a cone – variety ‘Clon 18’ – cylindrical, ‘Slavianka’ – narrow oval, ‘Ruslan’, ‘Alta’ – oval, ‘Zlato Polissia’ – wide oval and ‘Zhytych’ – spherical. **Conclusions.** Based on the results of long term investigations, a comparative assessment of the reference varieties of foreign breeding and samples of the collection of domestic origin was carried out according to the characteristics of the vegetative (stem, leaf, bush), plant generative organs (cone) and phenological descriptions (time of flowering and cone harvesting), which allowed to determine the varieties with stable manifestation of the main identification signs of hops. Domestic varieties that are carriers of individual (‘Zlato Polissia’, ‘Zhytych’, ‘Ruslan’, ‘Poliskyi’) or several traits (‘Slavianka’, ‘Zahrava’, ‘Haidamatskyi’, ‘Clon 18’, ‘Khmeleslav’, ‘Alta’, etc.) are isolated and proposed for use as standards.

**Keywords:** *Humulus lupulus* L.; variety; sign; standard; code of display; collection of hop; identification.

*Надійшла / Received 23.09.2019*

*Погоджено до друку / Accepted 20.12.2019*

## Оцінка інбредних ліній кукурудзи за ознакою холодостійкості та SSR маркерами

В. Л. Жемойда<sup>1</sup>, Л. М. Присяжнюк<sup>2\*</sup>, С. А. Красновський<sup>3</sup>,  
Н. В. Башкірова<sup>1</sup>, Ю. В. Шитікова<sup>2</sup>, С. І. Мельник<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

<sup>2</sup>Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родімцева, 15, м. Київ, 03041, Україна, \*e mail: prysiazhniuk\_l@ukr.net

<sup>3</sup>KWS Україна, б р Дружби Народів, 19, м. Київ, 01042, Україна

**Мета.** Класифікація вихідного матеріалу кукурудзи за ступенем холодостійкості, ідентифікація самозапилених ліній кукурудзи в лабораторних і польових умовах за холодостійкістю, основними господарсько цінними показниками та їхнє генотипування на основі SSR маркерів. **Методи.** Польові та лабораторні методи, молекулярно генетичний аналіз. **Результати.** У результаті досліджень на основі *cold test* проведено ранжування самозапилених ліній кукурудзи за рівнем холодостійкості. На результати ранжування не впливав тип зерна, оскільки до найбільш холодостійких належать лінії з різним типом зерна. Польова схожість ліній кукурудзи варіювала залежно від строку сівби та становила 32,1–87,8% за першого (6–6,5 °C) строку сівби, 41,8–88,5% – за другого (8–8,5 °C) та 51,1–90,0% – за третього (10–10,5 °C). Самозапилені лінії HLG 1203, HLG 1238, Co 255, UCH 37 та FV 243, Q170, AK 135, F2, L155 та P165 мають найкращу регенеративну здатність та найвищу схожість за холодного пророщування насіння та її збереження відносно контролю. За показниками урожайності самозапилених ліній визначено, що вони по різному реагували на строки сівби. Визначений генетичний поліморфізм холодостійких ліній за 5 SSR маркерами. Відповідно до отриманих результатів встановлено наявність від 3 до 7 алелів. Індекс поліморфності локусу (PIC) склав 0,56–0,86. За трьома маркерами – bnlq1129, bnlq1782 та phi064 у досліджуваних ліній було виявлено внутрішньолінійний поліморфізм. Результати досліджень дозволили визначити 4 кластери, які відобразили ступінь генетичної близькості за досліджуваними маркерами. Лінії Ak 135 та Ak 153, які увійшли в один кластер є найбільш спорідненими, а найбільш віддаленими – Co225 та Q 170. Отримані дані свідчать, що досліджувані лінії кукурудзи сформували кластери відносно до їхнього походження і деякі – відповідно до їхньої холодостійкості. **Висновки.** За результатами досліджень виділено 7 самозапилених ліній кукурудзи (Co 255, HLG 1203, HLG 1238, Q 170, UCH 37, Ak 135, FV 243), які є цінним вихідним матеріалом у селекції на холодостійкість.

**Ключові слова:** самозапилні лінії кукурудзи; холодостійкість; SSR маркери; ДНК.

### Вступ

Кукурудза є однією з найпродуктивніших культур, які вирощуються в Україні. Площі

під цією культурою з кожним роком стрімко зростають завдяки розширенню зони її вирощування в північних регіонах країни. Рівень урожайності гібридів кукурудзи на сьогодні досягає 14–16 т/га навіть у зоні Північного Лісостепу, проте, у зоні Полісся він значно нижчий, у першу чергу за рахунок нестабільних погодних умов у весняний період.

Через зміни клімату, створення і впровадження у виробництво нових високопродуктивних гібридів кукурудзи, адаптованих до умов різних природно-кліматичних зон, значно зросли посівні площі в зонах Полісся та Лісостепу. Зокрема, за останні 15 років площі під кукурудзою на Поліссі збільшилися

Vitalii Zhemoida

[http://orcid.org/0000\\_0002\\_4411\\_1592](http://orcid.org/0000_0002_4411_1592)

Larysa Prysiazhniuk

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

Serhii Krasnovskyi

[http://orcid.org/0000\\_0001\\_9724\\_4965](http://orcid.org/0000_0001_9724_4965)

Natalia Bashkirova

[https://orcid.org/0000\\_0001\\_6940\\_5194](https://orcid.org/0000_0001_6940_5194)

Yuliia Shytikova

[http://orcid.org/0000\\_0002\\_1403\\_694X](http://orcid.org/0000_0002_1403_694X)

Serhii Melnyk

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

майже у 8, а в Лісостепу – у 6 разів. У Степу, де останнім часом спостерігається дефіцит вологи, вони залишилися практично незмінними [1]. Одним із факторів розширення посівних площ під цією культурою є використання скоростиглих холодостійких гібридів, які здатні формувати високі врожаї в цих регіонах [2–4].

Оцінка вихідного селекційного матеріалу за ступенем генетичної близькості дозволяє значно скоротити селекційний процес. Сучасні методи ДНК аналізу, зокрема ПЛР-аналіз, дозволяють визначити внутрішньовидову мінливість, що робить можливим класифікацію сортів, ліній і форм у залежності від їхніх генетичних взаємовідносин та залучити в селекційний процес найбільш віддалені лінії [8, 9].

Молекулярні маркери для оцінки генетичного різноманіття ліній кукурудзи застосовуються для визначення взаємозв'язків між досліджуваними генотипами. Використовують різноманітні молекулярні маркери на основі запасних білків та ДНК [10, 11]. Серед ДНК маркерів широко використовують маркери на основі полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР), зокрема мікросателітні маркери (SSR – Simple Sequence Repeats), оскільки вони є кодомінантними та високополіморфними [12].

*Мета досліджень* – класифікація вихідного матеріалу кукурудзи за ступенем холодостійкості, ідентифікація самозапилених ліній кукурудзи в лабораторних і польових умовах за холодостійкістю та основними господарсько-цінними показниками та їхнє генотипування за допомогою SSR маркерів.

### Матеріали та методика досліджень

Матеріалом для дослідження слугували колекційні зразки кукурудзи вітчизняної та зарубіжної селекції, які були отримані з Всеросійського інституту рослинництва імені М. І. Вавилова (м. Санкт-Петербург, Російська Федерація), Національного центру генетичних ресурсів рослин України (м. Харків, Україна), кафедри селекції та насінництва Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП України), ННЦ «Інституту землеробства НААН України» та ТОВ «Расава».

Лабораторне визначення холодостійкості проводили згідно методики Кіяшко Н. І. [5]. Польові дослідження проводили згідно Методичних рекомендацій польового та лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи [13] протягом 2009–2011 рр. на полях лабораторії селекції кафедри генетики, селекції і насінництва ім. проф. М. О. Зеленсь-

кого виробничого підрозділу «Агрономічна дослідна станція» НУБіП України, яка розташована в с. Пшеничне Васильківського району Київської області.

У польових умовах з метою визначення холодостійкості було проведено сівбу за різних температур ґрунту на глибині загортання насіння (5–6 см). Сівбу (перший строк) проводили за температури ґрунту 6,0–6,5 °С, другий – 8,0–8,5 °С та третій – 10,0–10,5 °С. Контролем слугував третій строк сівби. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий, малогумусний, крупнопилувато-середньосуглинковий за гранулометричним складом [14]. Погодні умови років досліджень були сприятливими для вирощування кукурудзи на зерно.

Вивчення колекційних зразків кукурудзи в польових умовах проводили в чотирьохразовій повторності при рендомізованому розміщенні ділянок. Облікова площа ділянок становила для самозапилених ліній – 4,9 м<sup>2</sup>, для гібридів – 9,8 м<sup>2</sup>. Фенологічні спостереження, біометричні виміри, обліки стійкості проти шкідників і хвороб, аналіз показників структури врожаю та врожайності виконували відповідно до загальноприйнятих методик [5–7, 15–17]. Вологість зерна при збиранні вимірювали вологоміром Wile 55.

### Молекулярно-генетичний аналіз

Інбредні лінії кукурудзи, які були відібрані за ознакою холодостійкості з 2011 року були залучені в селекційний процес, який включав перевірку комбінаційної здатності та розмноження ліній. Для визначення найбільш генетично віддалених форм проводили аналіз інбредних ліній за SSR маркерами. Дослідження проводили на базі лабораторії молекулярно-генетичного аналізу Українського інституту експертизи сортів рослин протягом 2019 р. Для виділення ДНК використовували по 5 п'ятиденних проростків кожної лінії. Насіння пророщували відповідно до вимог ДСТУ 4138-2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості». ДНК екстрагували з 5-денних проростків кукурудзи з використанням СТАБ. Отриману сумарну ДНК розчиняли в ТЕ буфері [18]. Кількість та якість ДНК оцінювали за допомогою спектрофотометра Biophotometr (Eppendorf, Germany). Вивчення молекулярно-генетичного поліморфізму проводили за п'ятьма SSR маркерами відповідно ISO/TR 17623:2015 Molecular biomarker analysis – SSR analysis of maize [19]. Маркери, які застосовували для аналізу досліджуваних ліній кукурудзи мали високе значення індексу поліморфності локуса (PIC), який

розрахований для ліній кукурудзи, вказаних у ISO/TR 17623:2015. Нуклеотидні послі-

довності праймерів та їхні характеристики представлені в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1

## Нуклеотидні послідовності праймерів

SSR	Прямий праймер 5'→3'	Зворотній праймер 5'→3'
phi064	CCGAATTGAAATAGCTGCGAGAACCT	ACAATGAACGGTGGTTATCAACACGC
umc1448	ATCCTCTCATCTTTAGGTCCACCG	CATATACAGTCTTCTGGCTGCTCA
umc1792	CATGGGACAGCAAGAGACACAG	ACCTTCATCACCTGCAACTACGAC
bnlg1782	CGATGCTCCGCTAGGAATAG	TGTGTTGGAAATTGACCCAA
bnlg1129	GAGAGTATGCTACTCGCCGC	GACGAGTTGGAGTGCCATT

Таблиця 2

## Характеристики досліджуваних SSR маркерів

SSR	Бін/Хромосома	Мотив	Очікуваний розмір ампліконів, п.н.
phi064	1,11	(ATCC) <sub>n</sub>	75–110
umc1448	2,04	(GCT) <sub>5</sub>	137–161
umc1792	5,08	CGG(5)	115–134
bnlg1782	8,05	AG(13)	219–236
bnlg1129	9,08	AG(12)	179–202

ПЛР проводили на ампліфікаторі T-CY (Creacon Technologies B.V., The Netherlands). Реакційна суміш об'ємом 10 мкл містила: 50 нг ДНК, однократний (1×) буфер (10 mM Tris-HCl, pH 9,0; 50 mM KCl; 0,01% Triton X-100), 3 mM MgCl<sub>2</sub>; 125 мкМ дезоксинуклеотидтрифосфатів (дНТФ), 0,25 мкМ кожного з праймерів та 0,25 одиниць Taq полімерази. Тип ПЛР – TouchDown. Для праймерів phi064, umc1448, bnlg1782 та bnlg1129 застосовувались наступні умови: початкова денатурація 94 °C – 10 хв, денатурація 94 °C – 30 с, гібридизація праймерів 64–55 °C – 30 с, елонгація 72 °C – 30 с, кінцева елонгація – 72 °C – 10 хв. Температуру гібридизації праймерів знижували від 64 до 55 °C по 1 °C за 1 цикл (10 циклів), кількість циклів за температури 55 °C – 30. Для праймера umc1792 умови TouchDown ПЛР були такими: початкова денатурація 10 хв при 94 °C, денатурація при 94 °C – 30 с, гібридизація праймерів за температури від 62 до 53 °C – 30 с, елонгація при 72 °C – 30 с, кінцева елонгація – 10 хв при 72 °C. Температуру гібридизації праймерів знижували від 62 до 53 °C з кроком у 2 °C по 2 цикли (10 циклів), кількість циклів за температури 53 °C – 30.

Продукти ампліфікації аналізували методом електрофорезу в 2% агарозному гелі у 0,5×TBE (трис-боратний буферний розчин) з бромистим етидієм [20]. Електрофорез проводили протягом 1,5 годин за напруженості електричного поля 5 В/см.

Відповідно до отриманих розмірів алелів розраховували PIC (polymorphism information content) [21] та будували матрицю, у якій

присутність/відсутність певного амплікону позначали 1/0 відповідно. Для аналізу результатів досліджень застосовували метод ієрархічної кластеризації з Евклідовою мірою відстані за допомогою комп'ютерної програми Statistica 12.0 (тестова версія, яка не потребує ліцензії). Групування досліджених генотипів у кластери проводили за допомогою Statistica 6.0 [22, 23].

## Результати досліджень

На основі аналізу джерел наукової літератури встановлено, що найбільш ефективною для визначення холодостійкості є методика, запропонована Кіяшко Н. І. (*cold test*) [6], яка дозволяє в короткі терміни ідентифікувати холодостійкі генотипи. Добір холодостійких зразків, у першу чергу, ґрунтується на визначенні схожості за умов пророщування при низьких температурах у лабораторних умовах. Для визначення і добору холодостійких зразків за результатами *cold test* запропоновано модифіковану класифікацію, яка дозволяє провести розподіл зразків на групи за рівнем холодостійкості (табл. 3).

Таблиця 3

## Розподіл досліджуваних зразків кукурудзи на групи за холодостійкістю, шт.

Потенційна схожість, % (20 діб пророщування при 10 °C)	Залишкова схожість, % (3 дні дорощування при 25 °C)		
	≥ 95	≥ 70–94	< 69
(9 балів) 95–100	24	1	0
(7 балів) 70–94	12	17	0
(5 балів) < 69	6	23	8

Серед 91 проаналізованої лінії до кременистого підвиду належать 15, кременисто-зубовидного – 66 і зубовидного – 10 ліній. До I групи холодостійкості з усіх проаналізованих належать: кременисті – 20,0% (3 лінії); кременисто-зубовидні – 27,2% (18 ліній); зубовидні – 30,0% (3 лінії). Визначено, що холодостійкість залежить від генотипу, а не типу зерна. Тому, під час ведення селекції

кукурудзи на холодостійкість доцільно вести добір серед усіх підвидів.

Встановлено, що найкращою регенеративною здатністю та найвищою схожістю за холодного пророщування насіння та її збереження відносно контролю (варіювання в межах 96,4–100,0%) володіють самозапилени лінії: HLG 1203, HLG 1238, Co 255, UCH 37 та FV 243, Q170, AK 135, F2, L155 та P165, з якими продовжилась робота в польових умовах.

**Оцінка холодостійкості самозапилених ліній кукурудзи в польових умовах.** Польова схожість самозапилених ліній за опти-

мального строку сівби в середньому за два роки варіювала в межах від 51,1 до 90,0% (рис. 1). За 1-го раннього строку сівби вона в більшості ліній знижувалась і варіювала в межах 32,1–87,8%. За другого строку сівби варіювала в межах 41,8–88,5%.

Найвищу схожість за роки досліджень відмічено за першого строку сівби в лінії: Co 255 – 87,8–88,5%, HLG 1203 – 73,0–76,3%, HLG 1238 – 77,2–75,3% та Q 170 – 75,0–86,6%. Ці ж лінії характеризуються і найвищим показником відсотка збереження схожості в порівнянні з контролем (третій строк сівби) – 86,0–103,0%.

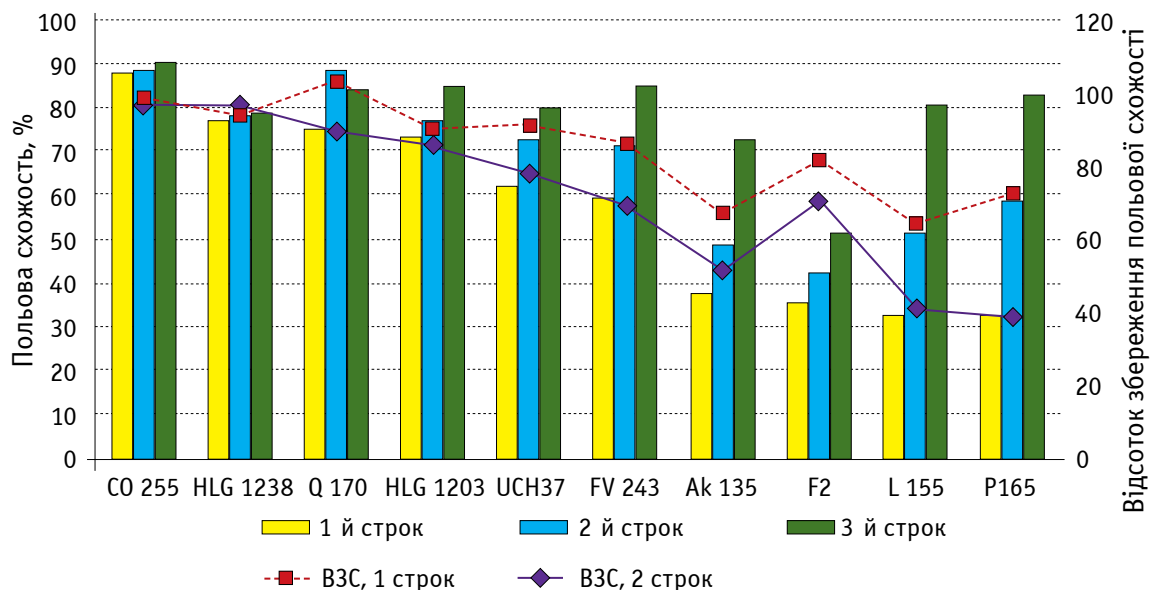


Рис. 1. Польова схожість та ВЗС кращих самозапилених ліній кукурудзи (2010–2011 рр.)

**Урожайність та вологість зерна самозапилених ліній кукурудзи.** Під час аналізу врожайності кожної окремої інбредної лінії встановлено, що генотипи за цим показником по різному реагують на строк сівби. Зокрема, лінія FV 243 в середньому за два роки за першого строку сівби сформувала найвищу врожайність – 3,7 т/га у порівнянні з другим – 3,6 т/га та третім – 3,1 т/га. Лінії HLG 1238 та UCH 37 сформували однакову врожайність за трьох строків сівби – 2,8–2,9 та 1,7–2,0 т/га, відповідно. Урожайність самозапилених ліній кукурудзи за оптимального та ранніх строків сівби наведено в таблиці 4. За першого та другого строку сівби лінії сформували наступну урожайність: FV 243 – 3,7 т/га; Co 255 – 3,4 т/га та HLG 1238 – 2,9 т/га. Дані лінії мають найвищу потенційну холодостійкість.

За першого строку сівби середня вологість для всіх ліній за роки випробування становила 18,2%, другого – 17,1% і третього –

17,7%. Холодостійкі лінії мали дещо вищу вологість зерна за ранніх строків сівби. Так лінія HLG 1203 за першого строку сівби мала вологість 18,8%, тоді як за третього – 16,6%. Таку ж тенденцію відмічено в ліній HLG 1238, FV 243, UCH 37.

За результатами лабораторних і польових досліджень було виділено 13 самозапильних ліній, стійких до знижених температур.

**Лінія Co225.** Походження – Канада. Середньорання група стиглості. Висота рослин 200–210 см, продуктивність зерна з рослини 90–95 г. Холодостійкість лабораторна – 9 балів (схожість 95–100% при температурі 10 °C).

**Лінія HLG 1203.** Походження – Україна. Рання група стиглості. Висота рослин 150–160 см, продуктивність зерна з рослини 110–115 г. Холодостійкість лабораторна – 9 балів.

**Лінія HLG 1238.** Походження – Україна. Рання група стиглості. Висота рослин 140–150 см, продуктивність зерна з рослини 80–95 г. Холодостійкість лабораторна – 9 балів.

Таблиця 4

## Урожайність холодостійких самозапиленних ліній кукурудзи, т/га

Назва лінії	Строк сівби								
	Перший (6–6,5 °С)			Другий (8–8,5 °С)			Третій (10–10,5 °С)		
	2010	2011	середнє	2010	2011	середнє	2010	2011	середнє
HLG 1203	2,1	3,0	2,6	2,8	2,8	2,8	2,9	2,8	2,9
HLG 1238	2,9	3,0	2,9	2,8	3,0	2,9	2,7	3,1	2,9
FV 243	3,5	3,9	3,7	3,1	4,1	3,6	2,6	3,6	3,1
Q 170	2,2	3,3	2,8	2,0	4,3	3,1	2,7	3,9	3,3
Co 255	3,0	3,9	3,4	2,7	4,6	3,7	3,5	4,1	3,8
UCH 37	1,2	2,8	2,0	1,5	2,0	1,7	1,5	2,2	1,9
Ak 135	1,9	1,9	1,9	1,7	1,9	1,8	2,7	2,4	2,5
F 2	1,1	1,8	1,4	1,2	2,5	1,9	1,6	3,4	2,5
P165	0,8	2,9	1,9	1,0	2,5	1,7	1,7	3,5	2,6
L 155	0,5	1,7	1,1	0,5	2,3	1,4	0,8	3,8	2,3
HIP <sub>0,05</sub>	0,24	0,35	–	0,21	0,34	–	0,30	0,37	–

*Лінія UCH 37.* Походження – Україна. Середньорання група стиглості. Висота рослин 160–170 см, продуктивність зерна з рослини 70–80 г. Холодостійкість лабораторна – 9 балів.

*Лінія Ak 135.* Походження – Україна. Середньорання група стиглості. Висота рослин 150–160 см, продуктивність зерна з рослини 90–100 г. Холодостійкість лабораторна – 9 балів.

*Лінія Ak 149.* Походження – Україна. Рання група стиглості. Висота рослин 170–185 см, продуктивність зерна з рослини 45–51 г. Холодостійкість лабораторна – 7 балів.

*Лінія Ak 151.* Походження – Україна. Середньорання група стиглості. Висота рослин 170–190 см, продуктивність зерна з рослини 43–55 г. Холодостійкість лабораторна – 9 балів.

*Лінія Ak 153.* Походження – Україна. Рання група стиглості. Висота рослин 170–180 см, продуктивність зерна з рослини 50–65 г. Холодостійкість лабораторна – 7 балів (схожість 70–94% при 10 °С).

*Лінія Ak 155.* Походження – Україна. Середньорання група стиглості. Висота рослин 170–180 см, продуктивність зерна з рослини 95–105 г. Холодостійкість лабораторна – 7 балів.

*Лінія Ak 157.* Походження – Україна. Середньорання група стиглості. Висота рослин – 170–180 см, продуктивність зерна з рослини – 95–100 г. Холодостійкість лабораторна – 9 балів.

*Лінія Ak 159.* Походження – Україна. Середньорання група стиглості. Висота рослин 180–185 см, продуктивність зерна з рослини 94–100 г. Холодостійкість лабораторна – 7 балів.

*Лінія Q 170.* Походження – Канада. Рання група стиглості. Висота рослин 155–160 см, продуктивність зерна з рослини 75–85 г. Холодостійкість лабораторна – 9 балів.

*Лінія FV 243.* Походження – Росія. Середньорання група стиглості. Висота рослин 175–

185 см, продуктивність зерна з рослини 99–105 г. Холодостійкість лабораторна – 9 балів.

**Молекулярно-генетичний аналіз холодостійких ліній кукурудзи.** Різноманітність комерційних сортів і селекційних форм різного походження, що використовуються при гібридизації, потребують попереднього аналізу і класифікації за рівнем генетичної близькості [8, 9, 11, 24].

З цією метою було проведено SSR аналіз 13 відібраних ліній кукурудзи. Концентрація отриманої ДНК становила 210–355 мкг/мл, чистота – 1,7–1,9. У результаті ПЛП ідентифіковано від 3 до 7 алелів (табл. 5).

Встановлено, що найбільш поліморфним виявився маркер phi064, значення PIC становило 0,86. Визначено, що за даним маркером ідентифіковано найбільшу кількість алелів, які рівномірно представлені у вибірці. Найменш поліморфним для досліджуваних ліній є маркер umc1792, на що вказує низьке значення PIC та нерівномірність частот виявлених алелів. За іншими маркерами значення PIC становило від 0,66 до 0,75. Частоти ідентифікованих алелів варіювали від 0,04 до 0,46. Визначено, що алель розміром 120 п.н. представлений тільки в лінії Ak 159, яка за цим маркером також має ще один алель розміром 88 п.н. з частотою 0,19. Найбільшу частоту має алель розміром 174 п.н., який ідентифікований за маркером umc1448 у 6 досліджуваних ліній.

Варто відмітити, що за маркерами bnlgl129, bnlgl1782 та phi064 в досліджуваних ліній було виявлено внутрішньолінійний поліморфізм.

За маркером bnlgl129 по два алелі ідентифіковано в ліній HLG 1203, HLG 1238, FV 243 та Ak 155, за маркером bnlgl1782 в ліній FV 243 та Q 170, за маркером phi064 – Ak 151, Ak 155 та Ak 159. Отже, найбільш гетероген-



Таблиця 5

## Алелі, ідентифіковані в самозапильних ліній кукурудзи за SSR маркерами

SSR	Кількість алелів, шт.	Розмір алелів, п.н.	Частоти алелів	PIC
phi064	7	76; 80; 88; 96; 112; 120; 124	0,08; 0,15; 0,19; 0,23; 0,15; 0,04; 0,15	0,86
umc1448	4	159; 165; 174; 189	0,15; 0,31; 0,46; 0,08	0,66
umc1792	3	123; 129; 135	0,38; 0,54; 0,08	0,56
bnlg1782	4	228; 240; 250; 288	0,08; 0,46; 0,23; 0,23	0,67
bnlg1129	5	188; 194; 210; 228; 240	0,08; 0,23; 0,38; 0,15; 0,15	0,75

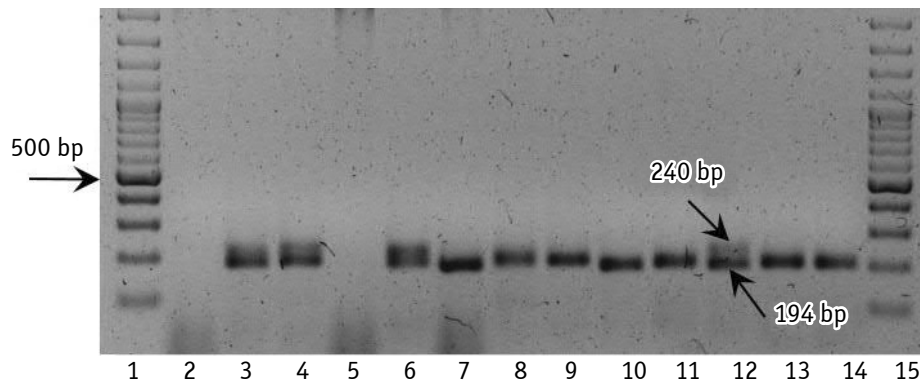


Рис. 2. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК ліній кукурудзи за маркером **bnlg1129**: 1–15 – маркер молекулярної маси 100 bp DNA Ladder O'GeneRuler (Thermo Scientific); 3–4 – лінії HLG 1203 та HLG 1238; 6–7 – FV 243, Q 170, Ak 135, Ak 149, Ak 151, Ak 153, Ak 155, Ak 157, Ak 159

ними за досліджуваними маркерами виявились лінії FV 243 та Ak 155, які продемонстрували внутрішньо лінійний поліморфізм за двома з п'яти досліджуваних маркерів. Під час дослідження поліморфізму ліній кукурудзи за 30 SSR маркерами Gurung et al. [24] встановлено, що найбільш поліморфним виявився маркер phi064, значення PIC становило 0,83. За результатами Choukan et al. [25], якими досліджено 58 інбредних ліній кукурудзи за 46 SSR маркерами, значення PIC за цим маркером становило 0,67. Дослідження Jompuk et al. [26] показали застосування маркера bnlg1782 в ролі функціонального. Kumar et al. [27] досліджували генетичне різноманіття 16 ліній кукурудзи за 24 маркерами. Авторами визначено, що за маркером umc1792, який продемонстрував найнижчий рівень поліморфізму, ідентифіковано 3 алеля, PIC 0,60. Це також знайшло підтвердження в нашій роботі: за цим маркером було визначено також 3 алеля. Дослідженнями авторів Laborda et al.; Liu et al.; Wang et al.; Zhao et al. [28–31] також підтверджено ефективність застосування SSR маркерів для оцінки генетичного різноманіття кукурудзи та пошуку пов'язаних з ними господарсько-цінних ознак.

Для 13 самозапильних ліній кукурудзи з метою визначення взаємозв'язків за SSR маркерами проводили кластерний аналіз.

Результати кластеризації у вигляді філогенетичного дерева представлені на рисунку 3.

У результаті аналізу отримано чотири кластера, які сформовано лініями кукурудзи, відповідно до їхньої генетичної близькості за досліджуваними SSR маркерами. Визначено, що найбільш спорідненими лініями, які увійшли в один кластер є лінії Ak 135 та Ak 153, а найбільш віддаленими – Co225 та Q 170. Інші два кластера сформовано лініями Ak 157 та Ak 159, HLG 1203 та HLG 1238. Відмічено, що лінії Ak 151, Ak 149, Ak 155, UCH 37 та FV 243 не увійшли до жодного кластера, а знаходились у прилеглих до визначених кластерів позиціях. Згідно з отриманими даними, досліджувані лінії кукурудзи сформували кластери відповідно до їхнього походження. Так, до одного кластера увійшли лінії канадського походження, а єдина лінія російського походження FV 243 знаходилась окремо від інших кластерів. Лінії Ak 135 та Ak 153, Ak 157 та Ak 159, які були отримані НУБіП України, також сформували по одному кластеру. Слід зауважити, що лінії HLG 1203 та HLG 1238, які сформували один кластер, належать до однієї групи стиглості – ранньої, а лінії Ak 157 та Ak 159 – до середньоранньої. Відповідно до балової оцінки холодостійкості самозапильних ліній визначено, що до одного кластера увійшли також лінії з оцінкою 9: Co225 та Q 170, HLG 1203 та HLG 1238.

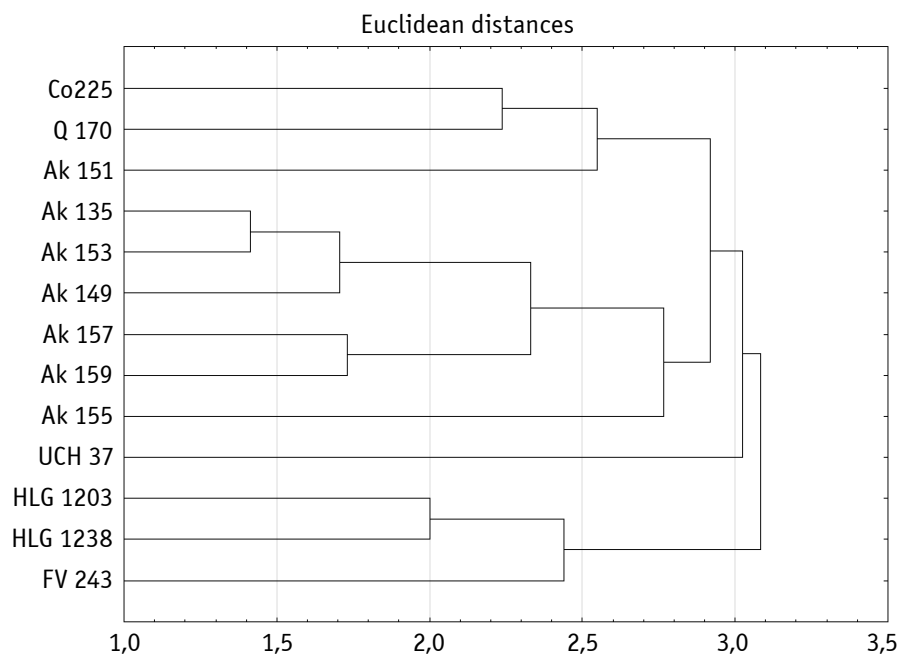


Рис. 3. Кластерний розподіл самоzapильних ліній кукурудзи за SSR маркерами

Таким чином, встановлено, що ступінь генетичної близькості досліджуваних самоzapильних ліній кукурудзи відображається відповідно до їхнього походження. Найбільш близькими виявились лінії, які належать одній установі або мають спільну країну походження.

### Висновки

На підставі вивчення вихідного матеріалу кукурудзи виділено 7 самоzapильних ліній (Co 255, HLG 1203, HLG 1238, Q 170, UCH 37, Ak 135, FV 243), які можуть бути цінними джерелами холодостійкості. Лінії передано до Національного центру генетичних ресурсів рослин України для ідентифікації та занесення до Національного каталогу.

Визначено молекулярно-генетичні характеристики самоzapильних ліній за SSR маркерами. Встановлено ступінь генетичної близькості 13 самоzapильних ліній за мікросателітними маркерами.

### Використана література

- Посівні площі сільськогосподарських культур за їх видами по регіонах у 2018 році. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/sg/ppsgk/ppsgk2018.xls>
- Красновский С. А., Жемойда В. Л. Отбор холодостойких генотипов кукурузы методом холодного проращивания (*cold test*). *Земледелие и селекция в Беларуси*. 2016. Вып. 52. С. 274–280.
- Черчель В. Ю. Селекція скоростиглих гібридів кукурудзи, адаптованих до умов різних природно кліматичних зон України : автореф. дис. ... д ра с. г. наук : спец. 06.01.05 – селекція і насінництво / Ін т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2018. 67 с.
- Zhemoyda V. L., Krasnovsky S. A., Karpuk L. M., Makarchuk O. S. The algorithm selection of initial material corn by breeding for cold resistance and model of inbred line. *Eurasia J. Biosci.* 2019. Vol. 13, Iss. 1. P. 431–436.
- Кияшко Н. И. Физиологические особенности холодостойкости линий и гибридов кукурузы (*Zea mays* L.) : дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.00.12 – физиология растений / ВНИИ растениеводства. Санкт Петербург, 1992. 224 с.
- Филипов Г. Л., Вишнеvский М. В. Диагностика и отбор инбредных линий кукурузы на термостойчивость по физиологическим признакам. *Сельскохозяйственная биология*. 1987. № 5. С. 61–64.
- Филипов Г. Л., Вишнеvский М. В., Губенко В. А., Максимова Л. А. Методика диагностики селекционного материала для отбора на адаптивную устойчивость (засухо, жаро, холодостойчивость, устойчивость к загущению). Днепропетровск, 1989. 19 с.
- Созинов А. А. Теоретические основы использования молекулярно генетических маркеров в селекции растений. *Агроэкология і біотехнологія*. Київ, 1996. С. 141–170.
- Сиволап Ю. М., Календарь Р. Н., Чеботарь С. В. Генетический полиморфизм растений, детектируемый ПЦР с произвольными праймерами. *Цитология и генетика*. 1994. Т. 28, № 6. С. 113–129.
- Присяжнюк Л. М., Сатарова Т. М., Ткачик С. О. та ін. Аналіз електрофоретичних спектрів зеїнів для оцінки генетичного різноманіття ліній кукурудзи (*Zea mays* (L.) Merr.). *Plant Var. Stud. Prot.* 2018. Т. 14, № 1. С. 89–96. doi: 10.21498/25181017.14.1.2018.126517
- Сиволап Ю. М., Кожухова К. О. ДНК технології в реєстрації та охороні прав на сорти рослин. *Plant Var. Stud. Prot.* 2005. № 1. С. 66–74. doi: 10.21498/25181017.1.2005.66849
- Drinić S. M., Kostadinović M., Ristić D. et al. Correlation of yield and heterosis of maize hybrids and their parental lines with genetic distance based on SSR markers. *Genetika*. 2012. Vol. 44, Iss. 2. P. 399–408. doi: 10.2298/GENSR1202399D
- Гур'єва І. А., Рябчун В. К., Літун П. П. та ін. Методичні рекомендації польового та лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи. Харків, 2003. 43 с.
- Дубровіна Н. Я., Аксьом О. М. Грунти агрономічної дослідної станції «Митниця» Васильківського району Київської області. *Наукові праці Укр. с. г. академії : Біологія і агротехніка по*

- льових культур в Полісі і Лісостепу УРСР. Київ, 1974. Вип. 123. С. 3–17.
- Кириченко В. В., Гур'єва І. А., Рябчун В. К. та ін. Класифікація довідник виду *Zea mays* L. Харків, 2009. 82 с.
  - Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
  - Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця : ФОРМ Корзун Д. Ю., 2016. 82 с.
  - Przyaszniuk L., Shytikova Y., Dikhtiar I., Mizerna N. Evaluation of genetic and morphological distances between soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *Zemdirbyste Agriculture*. 2019. Vol. 106, Iss. 2. P. 117–122. doi: 10.13080/z.a.2019.106.015
  - Molecular biomarker analysis – SSR analysis of maize (E) : ISO/TR 17623:2015. Geneva, 2015. 10 p.
  - Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця : Нілан ЛТД, 2015. 160 с.
  - Сиволап Ю. М., Календарь Р. Н., Вербицкая Т. Г. и др. Использование ПЦР анализа в генетико селекционных исследованиях. Киев : Аграрная наука, 1998. 156 с.
  - Дроздов В. И. Инструкция по использованию пакета Statistica 6.0. Курск : Изд во ЮЗГУ, 2010. 74 с.
  - Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.
  - Gurung D., George M., Dela Cruz Q. Analysis of genetic diversity within Nepalese maize populations using SSR markers. *Nepal J. Sci. Technol.* 2010. Vol. 11. P. 1–8. doi: 10.3126/njst.v11i0.4082
  - Choukan R., Hossainzadeh A., Ghannadha M. R. et al. Use of SSR data to determine relationships and potential heterotic groupings within medium to late maturing Iranian maize inbred lines. *Field Crop. Res.* 2006. Vol. 95, Iss. 2–3. P. 212–222. doi: 10.1016/j.fcr.2005.02.011
  - Jompuk C., Fracheboud Y., Stamp P., Leipner J. Mapping of quantitative trait loci associated with chilling tolerance in maize (*Zea mays* L.) seedlings grown under field conditions. *J. Exp. Bot.* 2005. Vol. 56, Iss. 414. P. 1153–1163. doi: 10.1093/jxb/eri108
  - Kumar B., Rakshit S., Singh R. D. et al. Genetic Diversity of Early Maturing Indian Maize (*Zea mays* L.) Inbred Lines Revealed by SSR Markers. *J. Plant Biochem. Biotechnol.* 2008. Vol. 17, Iss. 2. P. 133–140. doi: 10.1007/BF03263274
  - Laborda P. R., Oliveira K. M., Garcia A. A. F. et al. Tropical maize germplasm: what can we say about its genetic diversity in the light of molecular markers? *Theor. Appl. Genet.* 2005. Vol. 111, Iss. 7. P. 1288–1299. doi: 10.1007/s00122-005-0055-7
  - Liu X., Zhang Y., Zheng Z. et al. QTL Mapping for Controlling Days to Pollen Shed under Different Nitrogen Regimes in Maize. *Proc. of 4<sup>th</sup> Int. Conf. on Bioinformatics and Biomedical Engineering* (Chengdu, June 18–20, 2010). Chengdu, China : IEEE, 2010. P. 1–4. doi: 10.1109/icbbe.2010.5518247
  - Wang A. Y., Li Y., Zhang C. Q. QTL mapping for stay green in maize (*Zea mays*). *Can. J. Plant Sci.* 2012. Vol. 92, Iss. 2. P. 249–256. doi: 10.4141/cjps2011-108
  - Zhao Y., Zhang Y., Wang, L. et al. Mapping and functional analysis of a maize silkless mutant *sk A7110*. *Front. Plant Sci.* 2018. Iss. 9. P. 1227. doi: 10.3389/fpls.2018.01227
  - Cherchel, V. Yu. (2018). *Seleksiia skorostyhykh hibrydiv kuku rudy, adaptovanykh do umov riznykh pryrodno klimatychnykh zon Ukrainy* [Breeding of early maturing corn hybrids adapted to the conditions of different natural and climatic zones of Ukraine] (Extended Abstract of Dr. Agric. Sci. Diss.). Plant Production Institute nd. a. V. Ya. Yuriev of NAAS, Kharkiv, Ukraine. [in Ukrainian]
  - Zhemoida, V. L., Krasnovsky, S. A., Karpuk, L. M., & Makarchuk, O. S. (2019). The algorithm selection of initial material corn by breeding for cold resistance and model of inbred line. *Eurasia J. Biosci.*, 13(1), 431–436.
  - Kiyashko, N. I. (1992). *Fiziologicheskie osobennosti kholodous toychivosti liniy i gibrydov kukuruzy (Zea mays L.)* [Physiological features of cold resistance of maize lines and hybrids (*Zea mays* L.)] (Cand. Biol. Sci. Diss). All Russia Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia. [in Russian]
  - Filipov, G. L., & Vishnevskiy, M. V. (1987). Diagnosis and selection of inbred lines of corn for heat resistance according to physiological characteristics. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 5, 61–64. [in Russian]
  - Filipov, G. L., Vishnevskiy, M. V., Gubenko, V. A., & Maksimova, L. A. (1989). *Metodika diagnostiki selektsionnogo materiala dlya otbora na adaptivnuyu ustoychivost (zasukho, zharo, kholodo ustoychivost', ustoychivost' k zagushcheniyu)* [Method for the diagnosis of breeding material for selection on adaptive stability (drought, heat, cold resistance, resistance to thicken ing)]. Dnipropetrovsk: N.p. [in Russian]
  - Sozinov, A. A. (1996). The theoretical basis for the use of molecular genetic markers in plant breeding. In *Ahroekolohiia i biotekhnolohiia* [Agroecology and Biotechnology] (pp. 141–170). Kyiv: N.p. [in Russian]
  - Sivolap, Yu. M., Kalendar, R. N., & Chebotar, S. V. (1994). Genetic plant polymorphism detected by PCR with arbitrary primers. *TSitol. Genet.* [Cytol. Genet.], 28(6), 113–129. [in Russian]
  - Przyaszniuk, L. M., Satarova, T. M., Tkachyk, S. O., Shytikova, Yu. V., Dziubetskyi, B. V., & Cherchel, V. Yu. (2018). Analysis of electrophoretic spectra of zeins for the evaluation of the genetic diversity of maize lines (*Zea mays* (L.) Merr.). *Plant Var. Stud. Prot.*, 14(1), 89–96. doi: 10.21498/25181017.14.1.2018.126517. [in Ukrainian]
  - Syvolap, Y., & Kozhukhova, N. (2005). DNA Techniques in the register and protection of plant varieties rights. *Plant Var. Stud. Prot.*, 1, 66–74. doi: 10.21498/25181017.1.2005.66849. [in Ukrainian]
  - Drinić, S. M., Kostadinović, M., Ristić, D., Stevanović, M., Čamdžija, Z., Filipović, M., & Kovačević, D. (2012). Correlation of yield and heterosis of maize hybrids and their parental lines with genetic distance based on SSR markers. *Genetika*, 44(2), 399–408. doi: 10.2298/GENSER1202399D
  - Hurieva, I. A., Riabchun, V. K., Litun, P. P., Kuzmyshyna, N. V., Vakulenko, C. M., Kolomatska, V. P., & Belkin, O. O. (2003). *Metodychni rekomendatsii polovoho ta laboratornoho vyvchenia henetychnykh resursiv kukurudy* [Methodical guidelines for field and laboratory study of maize genetic resources]. Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]
  - Dubrovina, N. Ya., & Aksom, O. M. (1974). Soils of agronomic research station "Customs" of Vasytkiv district in Kyiv region. *Naukovi pratsi Ukrainskoi silskohospodarskoi akademii: Biolohiia i ahrotekhnika polovykh kultur v Polissi i Lisostepu URSR* [Scientific works of Ukr. Agricultural Academy: Biology and Agrotechnics of Field Crops in Polissia and Forest Steppe of the USSR], 123, 3–17. [in Ukrainian]
  - Kyrychenko, B. B., Hurieva, I. A., Riabchun, V. K., Kuzmyshyna, N. V., Vakulenko, C. M., & Stepanova, V. P. (2009). *Klasyfikator dovidnyk vydu Zea mays L.* [Classical reference book for *Zea mays* L. species]. Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]
  - 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

## References

- Posivni ploshchi silskohospodarskykh kultur za yikh vydamy po rehionakh u 2018 rotsi [Crop areas by species by region in 2018]. (2018). Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/sg/ppsgk/ppsgk2018.xls>
- Krasnovsky, S. A., & Zhemoida, V. L. (2016). Selection of cold tolerant highly productive corn genotypes using cold test method. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi* [Agriculture and Breeding in Belarus], 52, 274–280. [in Russian]

- research results)]. (5<sup>th</sup> ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
17. Tkachik, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methods of examination of plant varieties of cereals, cereals and legumes for suitability for distribution in Ukraine]. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
  18. Prysiazhniuk, L., Shytikova, Y., Dikhtiar, I., & Mizerna, N. (2019). Evaluation of genetic and morphological distances between soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *Zemdirbyste Agriculture*, 106(2), 117–122. doi: 10.13080/z.a.2019.106.015
  19. *Molecular biomarker analysis – SSR analysis of maize (E): ISO/TR 17623:2015*. (2015). Geneva.
  20. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2015). *Metodyka provedennia kvalifi katsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva* [Regulations on the procedure and the conduct of qualification tests for suitability of crop varieties for dissemination in Ukraine. Methods of determining quality indices of crop products]. Vinnytsia: Nilan LTD. [in Ukrainian]
  21. Sivolap, Yu. M., Kalendar, R. N., Verbitskaya, T. G., Brik, A. F., Kozhukhova, N. E., Solodenko, A. E., ... Topchieva, E. A. (1998). *Ispolzovanie PCR analiza v genetiko selektsionnykh issledovaniyakh* [The use of PCR analysis in genetic breeding studies]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Russian]
  22. Drozdov, V. I. (2010). *Instruktsiya po ispolzovaniyu paketa Statistika 6.0* [Manual for using the Statistica 6.0]. Kursk: Izdatelstvo YuZGU. [in Russian]
  23. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistika 6.0* [Statistical analysis of agronomic study data in the software suite Statistica 6.0]. Kyiv: PolihrafKonsaltnh. [in Ukrainian]
  24. Gurung, D., George, M., & Dela Cruz, Q. (2010). Analysis of genetic diversity within Nepalese maize populations using SSR markers. *Nepal J. Sci. Technol.*, 11, 1–8. doi: 10.3126/njst.v11i0.4082
  25. Choukan, R., Hossainzadeh, A., Ghannadha, M. R., Warburton, M. L., Taleib, A. R., & Mohammadid, S. A. (2006). Use of SSR data to determine relationships and potential heterotic groupings within medium to late maturing Iranian maize in bred lines. *Field Crop. Res.*, 95(2–3), 212–222. doi: 10.1016/j.fcr.2005.02.011
  26. Jompuk, C., Fracheboud, Y., Stamp, P., & Leipner, J. (2005). Mapping of quantitative trait loci associated with chilling tolerance in maize (*Zea mays* L.) seedlings grown under field conditions. *J. Exp. Bot.*, 56(414), 1153–1163. doi: 10.1093/jxb/eri108
  27. Kumar, B., Rakshit, S., Singh, R. D., Gadag, R. N., Nath, R., & Paul, A. K. (2008). Genetic Diversity of Early Maturing Indian Maize (*Zea mays* L.) Inbred Lines Revealed by SSR Markers. *J. Plant Biochem. Biotechnol.*, 17(2), 133–140. doi: 10.1007/BF03263274
  28. Laborda, P. R., Oliveira, K. M., Garcia, A. A., Paterniani, M. E., & de Souza, A. P. (2005). Tropical maize germplasm: what can we say about its genetic diversity in the light of molecular markers? *Theor. Appl. Genet.*, 111(7), 1288–1299. doi: 10.1007/s00122-005-0055-7
  29. Liu, X., Zhang, Y., Zheng, Z., Li, Z., He, C., Liu, D., ... Tan, Z. (2010). QTL Mapping for Controlling Days to Pollen Shed under Different Nitrogen Regimes in Maize. In *Proc. 4<sup>th</sup> Int. Conf. on Bioinformatics and Biomedical Engineering* (pp. 1–4). June 18–20, 2010, IEEE, Chengdu, China. doi: 10.1109/icbbe.2010.5518247
  30. Wang, A. Y., Li, Y., & Zhang, C. Q. (2012). QTL mapping for stay green in maize (*Zea mays*). *Can. J. Plant Sci.*, 92(2), 249–256. doi: 10.4141/cjps2011-108
  31. Zhao, Y., Zhang, Y., Wang, L., Wang, X., Xu, W., Gao, X., & Liu, B. (2018). Mapping and functional analysis of a maize silkless mutant *sk A7110*. *Front. Plant Sci.*, 9, 1227. doi: 10.3389/fpls.2018.01227

УДК 631.527:633.15:632.111.6:577.213.7

Жемойда В. Л.<sup>1</sup>, Присяжнюк Л. М.<sup>2\*</sup>, Красновский С. А.<sup>3</sup>, Башкирова Н. В.<sup>1</sup>, Шитикова Ю. В.<sup>2</sup>, Мельник С. И.<sup>2</sup>

Оценка инбредных линий кукурузы по признаку холодоустойчивости и SSR маркерам // Plant Varieties Studying and Protection. 2019. Т. 15, № 4. С. 372–381. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.4.2019.188553>

<sup>1</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборон, 15, г. Киев, 03041, Украина

<sup>2</sup>Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина,

\*e-mail: prysiazhniuk\_l@ukr.net

<sup>3</sup>KWS Украина, б р Дружбы Народов, 19, г. Киев, 01042, Украина

**Цель.** Классификация исходного материала кукурузы по степени холодоустойчивости, идентификация самоопыленных линий кукурузы в лабораторных и полевых условиях по холодоустойчивости, основным хозяйственно ценными показателями и их генотипирование на основе SSR маркеров. **Методы.** Полевые и лабораторные методы, молекулярно генетический анализ. **Результаты.** В результате исследований на основе *cold test* проведено ранжирование самоопыленных линий кукурузы в соответствии с уровнем их холодоустойчивости. На результат ранжирования не влияет тип зерна, поскольку к наиболее холодостойким принадлежат линии с различным типом зерна. Полевая всхожесть линий кукурузы варьировала в зависимости от срока посева и составила 32,1–87,8% при первом (6–6,5 °C) сроке посева, 41,8–88,5% – при втором (8–8,5 °C) и 51,1–90,0% – при третьем (10–10,5 °C). Самоопыленные линии: HLG 1203, HLG 1238, Co 255, UCH 37 и FV 243, Q170, AK 135, F2, L155 и P165 имели лучшую регенеративную способность и высокую всхожесть в условиях холодного проращивания семян и ее сохранение относительно контроля. По результатам по

левых исследований выделены линии Co 255, HLG 1203, HLG 1238 и Q 170, в которых были отмечены высокие показатели процента сохранения всхожести по сравнению с контролем. По показателям урожайности самоопыленных линий кукурузы определено, что они по разному реагируют на сроки посева. В результате ПЦР анализа 13 холодостойких линий определен генетический полиморфизм по 5 SSR маркерам. Согласно полученным результатам установлено наличие от 3 до 7 аллелей. Индекс полиморфности локуса (PIC) составил 0,56–0,86. Определено, что по трем маркерами bnlgl129, bnlgl1782 и phi064 в исследуемых линиях был обнаружен внутрилинейный полиморфизм. Результаты исследований позволили определить четыре кластера, которые отражают степень генетической близости по исследуемым маркерам. Линии Ak 135 и Ak 153, которые вошли в один кластер, являются наиболее родственными, а наиболее удаленными – Co225 и Q 170. Полученные данные свидетельствуют, что исследуемые линии кукурузы сформировали кластеры в соответствии с их происхождением и некоторые – в соответствии с их холодоустойчиво

стью. **Выводы.** По результатам исследований выделено 7 самоопыленных линий кукурузы (Co 255, HLG 1203, HLG 1238, Q 170, UCH 37, Ak 135, FV 243), которые являются ценными источниками при селекции на холодоустойчивость.

**Ключевые слова:** самоопыленные линии кукурузы; холодоустойчивость; SSR маркеры; ДНК.

UDC 631.527:633.15:632.111.6:577.213.7

Zhemoida, V. L.<sup>1</sup>, Prysiashniuk, L. M.<sup>2\*</sup>, Krasnovskiy, S. A.<sup>3</sup>, Bashkirova, N. V.<sup>1</sup>, Shytikova, Yu. V.<sup>2</sup>, & Melnyk, S. I.<sup>2</sup> (2019). The estimation of corn inbred lines by cold resistance and SSR markers. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 372–381. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.188553](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.188553)

<sup>1</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine,

\*e mail:breedingdepartment@gmail.com

<sup>2</sup>Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine, \*e mail:prysiazhniuk\_l@ukr.net

<sup>3</sup>KWS Ukraine, 19 Druzhby Narodiv Blvd, Kyiv, 01042, Ukraine, \*e mail:sergiy.krasnovskiy@kws.com

**Purpose.** Classification of the source material of maize by the rate of cold resistance, identification of self pollinated maize lines in laboratory and field conditions by cold resistance and main economically valuable indicators, and their genotyping based on SSR markers. **Methods.** Field and laboratory methods, molecular genetic analysis. **Results.** As a result of studies based on the *cold test*, the ranking of self pollinated lines of corn on 6 groups was carried out in accordance with the level of their cold resistance. It was revealed that the type of grain does not affect the ranging result, since lines with different types grain belong to the most cold resistant ones. It was determined that field germination of maize lines varied depending on the sowing period and amounted to 32.1–87.8% at the first (6–6.5 °C), 41.8–88.5% at the second (8–8.5 °C) and 51.1–90.0% at the third (10–10.5 °C) sowing dates. It was determined that self pollinated lines: HLG 1203, HLG 1238, Co 255, UCH 37 and FV 243, Q170, AK 135, F2, L155 and P165 have the best regenerative ability and high germination under conditions of cold germination of seeds and its maintaining relatively to control. Based on the results of field studies, the lines Co 255, HLG 1203, HLG 1238, and Q 170 were identified, in

which the germination rate (in percent) was high compared to the control. Based on the assessment of the yield of self pollinated maize lines, it was determined that they react differently to the sowing dates. As a result of PCR analysis of 13 cold resistant lines, genetic polymorphism was determined by 5 SSR markers. According to obtained results, the presence of 3 to 7 alleles was revealed. PIC was 0.56–0.86. It was determined that, using the three markers bnlg1129, bnlg1782 and phi064, intralinear polymorphism was detected in the studied lines. The results of the studies allowed to obtain four clusters which reflect the degree of genetic proximity to the studied markers. It was found that lines the Ak 135 and Ak 153 entered the same cluster are the most related and the most distant lines are Co225 and Q 170. The obtained data indicate that the studied maize lines formed clusters according to their origin and some lines according to their cold resistance. **Conclusions.** According to the results of studies, 7 self pollinated lines of corn (Co 255, HLG 1203, HLG 1238, Q 170, UCH 37, Ak 135, FV 243) were indentify. They are valuable sources for breeding to cold resistance.

**Keywords:** self pollinated maize lines; cold resistance; SSR markers; DNA.

Надійшла / Received 13.09.2019

Погоджено до друку / Accepted 02.11.2019

## Урожайність та насіннева продуктивність добазової насінневої картоплі залежно від елементів технології вирощування

О. В. Вишневська\*, О. П. Пікіч, Н. А. Захарчук, М. В. Рязанцев

Інститут картоплярства НААН України, вул. Чкалова, 22, смт Немішаєве, Бородянський р н, Київська обл., 07853, Україна, \*e mail: [olgavushnev\\_@ukr.net](mailto:olgavushnev_@ukr.net)

**Мета.** Розробити елементи технології вирощування добазової насінневої картоплі за використання рістрегулюючих речовин і різної густоти садіння мінібульб різних фракцій. **Методи.** Польовий, лабораторний, статистичний. **Результати.** Встановлено вплив рістрегулюючих речовин (PPP), густоти садіння мінібульб на урожайність та насінневу продуктивність оздоровленого в культурі меристем *in vitro* насінневого матеріалу картоплі в розсаднику добазового насінництва Інституту картоплярства НААН в умовах південної частини зони Полісся України в 2015–2016 рр. Використання PPP Стимпо за різних способів внесення, розміру садивних бульб та густоти садіння забезпечило зростання урожайності сорту 'Слuch' у межах 0,4–3,7 т/га (1,5–14,9%). Приріст урожаю картоплі сорту 'Струмок' до контролю за густоти насаджень насінневих бульб фракції 28–60 мм 74,1 тис./га становив 4,4 т/га (17,7%), при садінні картоплі за густоти рослин 66,7 тис./га – 5,6 т/га (22,2%). **Висновки.** Найефективнішою густотою садіння оздоровлених садивних бульб сортів 'Слuch' і 'Струмок' у зоні південного Полісся з використанням фракцій розміром 28–60 мм та менше 28 мм при застосуванні різних способів внесення PPP Регоплант, Стимпо виявилась густота 66,7 тис./га. Обприскування рослин та обробка бульб перед садінням PPP Стимпо сорту 'Струмок' сприяла зростанню урожайності насінневих бульб, особливо при садінні бульб фракцією 28–60 мм з густотою садіння 66,7 тис./га з приростом до контролю в межах 5,6 т/га (22,2%) та дрібних бульб за такою ж густотою – на 5,0 (23,5%).

**Ключові слова:** картопля; мінібульби; урожайність; насіннева продуктивність; рістрегулюючі речовини; густота садіння; фракція бульб.

### Вступ

Насінництво картоплі є складним, енерговитратним і трудомістким процесом. Одним із основних способів збільшення обсягів вирощування вихідного оздоровленого насінневого матеріалу є розроблення нових методів інтенсифікації процесу розмноження вихідного матеріалу картоплі на початкових етапах насінництва. Важливим є проведення досліджень щодо впливу обробки оздоровлених мінібульб різних фракцій рістрегулюючими речовинами за використання

різної густоти їхнього садіння на підвищення урожайності та насінневої продуктивності добазової насінневої картоплі.

У добазовому насінництві, як правило, використовуються різні фракції насінневого матеріалу у зв'язку з тим, що він є вільним від збудників вірусних, віроїдних і бактеріальних хвороб [1]. Синтетичні біостимулятори здатні підвищувати урожайність сільськогосподарських культур до 10–48%, впливаючи на передачу генетичної інформації прискорювати поділ клітин, посилювати життєдіяльність клітин рослинних організмів, підвищувати проникність міжклітинних мембран, що призводить до покращення умов живлення, дихання та фотосинтезу. Підвищується стійкість рослин до несприятливих погодних умов і до уражень хворобами та шкідниками [2–3].

У дослідженні з визначення впливу регуляторів росту у 2013 році на сортах картоплі: 'Irga' (препарат Kelpak SL), 'Valfi' (Bio-Algeen S-90, Kelpak SL, Trifender WP),

Olha Vyshnevska

[http://orcid.org/0000\\_0002\\_1089\\_6862](http://orcid.org/0000_0002_1089_6862)

Olga Pikich

[http://orcid.org/0000\\_0003\\_1853\\_9904](http://orcid.org/0000_0003_1853_9904)

Nataliia Zakharchuk

[http://orcid.org/0000\\_0002\\_8194\\_2491](http://orcid.org/0000_0002_8194_2491)

Mikhail Ryazantsev

[http://orcid.org/0000\\_0002\\_3903\\_6604](http://orcid.org/0000_0002_3903_6604)

‘Blaue St. Galler’ (Trifender WP) та ін. доведено, що застосування рістрегулюючих речовин сприяло підвищенню стійкості картоплі до раннього та пізнього прояву фітофтору, зростанню урожайності бульб та покращенню фракційного складу врожаю [4]. Численними дослідженнями встановлено позитивний вплив застосування рістрегулюючих речовин на показники росту та розвитку рослин картоплі *in vitro* за мікроклонального розмноження [5–10]. За визначення впливу рістрегуляторів на продуктивність оздоровленої картоплі на розсадній культурі встановлено, що позакореневе підживлення гібереліном  $A_3$  в дозі 20 г/га підвищувало врожайність картоплі на 19–26%, збільшувало коефіцієнт розмноження рослин на 18–22%, вихід бульб з одиниці площі на 17–18%. Застосування обприскування оздоровлених рослин картоплі розчином бурштинової кислоти в дозі 2 кг/га сприяло зростанню урожайності картоплі на 21–25% [11].

Обробка оздоровлених рослин *in vitro* PPP Вимпел у поєднанні з прищепленням рослин та підгортанням у ґрунтово-кліматичних умовах північно-східної частини Лісостепу забезпечили приріст урожаю бульб сорту ‘Глазурна’ відносно контролю на 6,1 т/га (32%), сорту ‘Оберіг’ – на 1,5 т/га (12%) [12].

**Мета досліджень** – розробити елементи технології вирощування доbazової насінневої картоплі за використання рістрегулюючих речовин та густоти садіння мінібульб різної фракції.

## Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили в розсаднику доbazового насінництва Інституту картоплярства НААН, розміщеного в смт Немішаєве, Бородянського району, Київської області в умовах південної частини зони Полісся України у 2015–2016 рр.

Метеорологічні умови вегетаційного періоду 2015 року були мало сприятливими для росту та розвитку картоплі. Середньомісячна температура квітня становила 9,1 °С, що на 2,2 °С було вищим за середньобазаторічний показник (табл. 1). Травень характеризувався сприятливими умовами: середньомісячна температура – 16,6 °С, достатня кількість опадів – 85,0 мм, забезпечили вчасну появу сходів та нормальний ріст і розвиток рослин картоплі. У червні за оптимальних середньомісячних показників температури повітря (20,1 °С) недостатня кількість опадів (на 65,0 мм менше середньої базаторічної) негативно вплинула на ріст і розвиток рослин картоплі. Температурний режим липня був дещо вищим, ніж у червні.

Середньомісячна температура повітря складала 22,8 °С, що на 3,7 °С більше за середні базаторічні дані. Опадів випало мало, на 56 мм менше середніх базаторічних показників. Серпень характеризувався жаркою погодою і відсутністю опадів, що негативно вплинуло на врожай бульб картоплі.

Таблиця 1

Метеорологічні умови вегетаційного періоду 2015 року

Період	Квітень		Травень		Червень		Липень		Серпень		Вересень	
	t°С	опад, мм	t°С	опад, мм	t°С	опад, мм	t°С	опад, мм	t°С	опад, мм	t°С	опад, мм
Середньомісячна	9,1	31,5	16,6	85,0	20,1	15,0	22,8	30,0	23,2	4,0	17,6	26,0
Середньобазаторічна	6,9	58,0	14,4	60,0	17,4	80,0	19,1	86,0	17,8	80,0	13,1	69,0
Відхилення від середніх базаторічних даних	+2,2	26,5	+2,2	25	+2,7	65	+3,7	56	+5,4	76	+4,5	43

У 2016 році за вегетаційний сезон травень–вересень відмічено відхилення середньомісячних температур повітря у бік підвищення відносно середніх базаторічних даних: у квітні – +4,8; травні – +1,3; червні – +3,6; липні – +3,6; серпні – +4,1; вересні – +4,2 (табл. 2), що негативно впливало на ріст і розвиток картоплі. Особливо небезпечною для нормального росту і розвитку рослин картоплі була недостатня кількість опадів відносно середніх базаторічних показників у період червень–серпень (у червні – 65, липні – 34, серпні – 52 мм).

Ґрунт дослідної ділянки – дерново-середньопідзолистий супіщаний, глибина орного шару 20–22 см з такою агрохімічною характеристикою: вміст гумусу 1,2–1,5%, рН сольової витяжки 4,5–5,9, гідролітична кислотність 1,72–2,31 мг. екв на 100 г ґрунту, рухомих форм фосфору 8,67–15,43 мг та рухомого калію 6,7–9,4 мг на 100 г ґрунту.

Загальна площа варіанту складала 55 м<sup>2</sup>, облікова – 21 м<sup>2</sup>, повторність чотириразова. Технологія вирощування картоплі – загальноприйнята для насінницьких посівів зони Полісся. У дослідженнях використо-

Метеорологічні умови вегетаційного періоду 2016 року

Період	Квітень		Травень		Червень		Липень		Серпень		Вересень	
	t°C	опад, мм	t°C	опад, мм	t°C	опад, мм	t°C	опад, мм	t°C	опад, мм	t°C	опад, мм
Середньомісячна	12,4	68,0	15,5	146,0	20,6	15,0	22,4	46,0	21,1	28,0	16,1	5,5
Середньобагаторічна	7,6	58,0	14,2	60,0	17,0	80,0	18,8	80,0	17,0	80,0	14,9	69,0
Відхилення від середніх багаторічних даних	+4,8	+10	+1,3	+86	+3,6	65	+3,6	34	+4,1	52	+1,2	63,5

Схема досліджу

№ п/п	Фактори досліджу		
	Фактор А – обробка РРР	Фактор Б – густина садіння	Фактор В – фракція садивних бульб
1.	Контроль – обробка бульб картоплі протруйником Матадор, д.р. імідаклопрід, 200 г/л (Фон) Фон + РРР Регоплант (обробка бульб – 50 мл в 20 л води/т) Фон + РРР Стимпо (обробка бульб – 15 мл в 20 л води/т) Фон + РРР Стимпо (обробка бульб – 15 мл в 20 л води/т) + РРР Стимпо (обприскування рослин у фазу сходи/бутонізація – 15 мл в 300 л/га) Фон + РРР Потейтін (обробка бульб – 5 мл в 20 л води/т бульб) + РРР Потейтін (обприскування рослин у фазу сходи/бутонізація – 15 мл в 300 л води на 1 га)	74,1 тис. рослин на 1 гектар	Бульби розміром 28–60 мм за найбільшим поперечним діаметром (насіннева фракція)
2.			
3.		66,7 тис. рослин на 1 гектар	Бульби розміром < 28 мм за найбільшим поперечним діаметром (дрібна фракція)
4.			
5.			

ували ранній сорт ‘Струмок’ і середньо-стиглий ‘Случ’.

Для виробництва мінібульб використовували оздоровлені рослини та мікробульби *in vitro*. Культивування рослин *in vitro* проводили розсадним способом з передпосадковим дорощуванням їх у касетах на перліті шляхом укорінення живців для отримання рослин-регенерантів. У касеті розміщували приблизно 500 живців на 1 м<sup>2</sup> корисної площі. Розсаду з 8–9 листками на рослині та мікробульби *in vitro* висаджували в теплицю. Мінібульби збирали вручну, з розділенням їх на фракції: фракція розміром < 28 мм за найбільшим поперечним діаметром бульби; фракція розміром 28–60 мм.

Застосування РРР здійснювалось на фоні протруєння садивного матеріалу (мінібульб) інсектицидом Матадор (д.р. імідаклопрід, 200 г/л).

У польових дослідженнях садіння мінібульб проводили вручну, розкладаючи насіннєвий матеріал з різною густиною згідно схеми досліджу. Для забезпечення густоти 74,1 тис./га бульби розміщували в рядку на відстані 18 см одна від одної при ширині міжряддя 75 см, для густоти 66,7 тис./га відстань між бульбами в рядку становила 20 см.

У періоди настання відповідних фаз росту і розвитку картоплі – сходи, бутонізація, застосовували регулятори росту рослин. РРР у дослідженнях представлені препаратами Регоплант, Стимпо і Потейтін. РРР Потейтін використовувався як еталон. Система захисту картоплі від хвороб та шкідників у дослідженнях включала чотири фунгіцидно-інсектицидні обробки рослин проти колорадського жука, попелиці, фітофторозу й альтернаріозу з використанням препаратів: Кораген 20 КС – 0,06 л/га, Карате Зеон 050 CS – 0,1 л/га, Енжіо 247 SC – 0,18 л/га, Метаксил ЗП – 2,0–2,5 л/га, Ширлан 500 SC – 0,3 кг/га та Натіво 75 WG – 0,35 кг/га. Обробку бульб картоплі та рослин під час вегетації розчинами регуляторів росту і проти шкідників і хвороб здійснювали за допомогою ранцевого оприскувача нормою витрати робочої рідини 170 л/га.

Облік урожайності картоплі та визначення насіннєвої продуктивності урожаю здійснювали згідно з Методичними рекомендаціями щодо досліджень з картоплею Інституту картоплярства НААН [13].

Облік урожаю – подільанковий, з кожного варіанту й повторення. Перед початком збирання врожаю проводили повний облік кількості здорових і хворих рослин, відмічали місця можливих виключень.



Структуру врожаю визначали по всіх варіантах з ділянок першого та третього повторення. Відбирали проби вагою 10 кг. Розбирали бульби на фракції: до 28 мм, 28–60 мм, більше 60 мм. Кількість бульб кожної фракції підраховували, зважували та визначали у відсотках до загальної кількості або маси.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили з використанням комп'ютерної програми Statistica 6.0 [14].

### Результати досліджень

У результаті досліджень виявлено ефективність застосування РРР Стимпо для обробок дрібних мінібульб сорту 'Случ' перед садінням (табл. 3). За густоти садіння 74,1 тис./га садивних бульб розміром < 28 мм (вар. 3) за обробки РРР Стимпо приріст урожаю був 1,7 т/га (6,8%), за густоти 66,7 – 1,9 т/га (7,2%). Комплексна обробка бульб (28–60) та рослин картоплі (два рази за вегетацію) РРР Стимпо (вар. 4) при густоті садіння 74,1 тис./га забезпечила урожайність картоплі 29,2 т/га з приростом до контролю 2,1 т/га (7,7%), при густоті 66,7 тис./га – 28,9 т/га з приростом до контролю 3,3 т/га (12,9%).

За використання для садіння дрібних мінібульб за густоти садіння 74,1 тис./га (вар. 4) за рахунок застосування комплексних обробок РРР урожай бульб був 28,6 т/га з приростом до контролю 3,7 т/га (14,9%), тоді як за густоти 66,7 тис./га – 29,9 з приростом врожаю 3,7 т/га (14,1%). Загалом використання РРР Стимпо за різних способів внесення, розміру садивних бульб та схем садіння забезпечило зростання врожайності сорту 'Случ' у межах 0,4–3,7 т/га (1,5–14,9%).

У результаті досліджень встановлено, що найефективнішою густотою садіння оздоровлених садивних мінібульб сорту 'Случ' в умовах південної частини Полісся, з використанням бульб насінневої та дрібної фракції при застосуванні різних способів внесення РРР Регоплант, Стимпо виявилась 66,7 тис./га. Застосування РРР забезпечило найбільші прирости врожайності в абсолютних та відносних одиницях при використанні для садіння дрібних мінібульб. Для насінневої фракції обробки РРР Стимпо, Потейтін, Регоплант (обробка бульб при садінні) були ефективними за густоти садіння 66,7 тис./га.

Таблиця 3

Урожайність картоплі 'Случ' залежно від застосування рістрегулюючих речовин, фракції насінневих бульб та густоти садіння мінібульб, 2015–2016 рр., т/га

Варіанти	Фракція розміром 28–60 мм						Фракція розміром <28 мм					
	Густота садіння, тис./га											
	74,1	± до контролю	%	66,7	± до контролю	%	74,1	+ до контролю	%	66,7	± до контролю	%
1. Контроль протруєння бульб Матадор (фон)	27,1	–	–	25,6	–	–	24,9	–	–	26,2	–	–
2. Фон + обробка бульб Регоплант	25,8	1,3	–	25,8	+0,2	0,78	25,6	+0,7	2,8	26,6	+0,4	1,5
3. Фон + обробка бульб Стимпо	27,5	+0,4	1,5	27,6	+2,0	7,8	26,6	+1,7	6,8	28,1	+1,9	7,2
4. Фон + обробка бульб Стимпо + рослини сходи/бутонізація	29,2	+2,1	7,7	28,9	+3,3	12,9	28,6	+3,7	14,9	29,9	+3,7	14,1
5. Фон + обробка бульб Потейтін + рослини сходи/бутонізація	28,3	+1,2	4,4	29,0	+3,4	13,3	29,3	+4,4	17,6	29,4	+3,2	12,2
НІР <sub>0,05</sub> Фактор А	1,27											
НІР <sub>0,05</sub> Фактор Б	0,81											
НІР <sub>0,05</sub> Фактор АБ	1,98											

У результаті досліджень встановлено, що обробка бульб картоплі сорту 'Струмок' перед садінням РРР Регоплант сприяла зростанню врожайності картоплі за густоти садіння 66,7 тис./га садивних бульб розміром < 28 мм на 2,5 т/га (11,7%) (табл. 4, вар. 2), при врожайності на контролі без застосування РРР – 21,3 т/га. При обробці дрібних бульб перед

садінням РРР Стимпо отримано приріст урожайності сорту 'Струмок' 1,6 т/га (7,5%) (вар. 3). Ефективність РРР зростала при поєднанні обробки бульб РРР Стимпо з дворазовим обприскуванням рослин у період вегетації (вар. 4) – приріст урожаю картоплі сорту 'Струмок' до контролю за густоти насаджень насінневих бульб фракції 28–60 мм 74,1 тис./га

становив 4,4 т/га (17,7%), при садінні картоплі за густоти рослин 66,7 тис./га (75×20 см) – 5,6 т/га (22,2%). Використання бульб розміром < 28 мм при застосуванні обробки бульб перед садінням та рослин двічі під час вегетації РРР Стимпо (вар. 4) сприяло зростанню урожайності на 2,7 т/га (10,5%) (при густоті садіння 74,1 тис./га) та на 5,0 т/га (23,5%) за густоти 66,7 тис./га. Комплексна

обробка бульб та рослин РРР Потейтін (еталонний варіант) забезпечувала приріст урожаю до контролю насінневих бульб за густоти їхнього садіння 74,1 тис./га на 27,0%, при 66,7 тис./га – 23,5% (вар. 5). У загальному обробка РРР Стимпо за різних способів внесення, розміру садивних бульб та густоти садіння забезпечила зростання урожайності сорту ‘Струмок’ на 0,7–5,6 т/га (2,8–23,5%).

Таблиця 4

**Урожайність картоплі ‘Струмок’ залежно від застосування рістрегулюючих речовин, фракції насінневих бульб та схем густоти мінібульб, 2015–2016 рр., т/га**

Варіанти	Густота садіння, тис./га											
	74,1	± до контролю	%	66,7	± до контролю	%	74,1	± до контролю	%	66,7	± до контролю	%
	Бульби розміром 28–60 мм						Бульби розміром < 28 мм					
1. Контроль – протруєння бульб Матадор (ФОН)	24,8	–	–	25,2	–	–	25,7	–	–	21,3	–	–
2. ФОН + обробка бульб Регоплант	22,5	2,3	–	20,8	4,4	–	24,7	1,0	–	23,8	+2,5	11,7
3. ФОН + обробка бульб Стимпо	25,5	+0,7	2,8	24,0	1,2	–	27,1	+1,4	5,4	22,9	+1,6	7,5
4. ФОН + обробка бульб Стимпо + рослини сходи/бутонізація	29,2	+4,4	17,7	30,8	+5,6	22,2	28,4	+2,7	10,5	26,3	+5,0	23,5
5. ФОН + обробка бульб Потейтін + рослини сходи/бутонізація (еталон)	31,5	+6,7	27,0	28,5	+3,3	13,1	29,5	+3,8	14,8	25,6	+4,3	20,2
НІР <sub>0,05</sub> фактор А							1,11					
НІР <sub>0,05</sub> фактор Б							1,2					
НІР <sub>0,05</sub> фактор АБ							2,94					

У дослідженнях за обробок різнофракційних бульб перед садінням РРР Регоплант та Стимпо та різної густоти садіння (табл. 5; вар. 2 і 3) виявлено їхній позитивний вплив на зростання насінневої продуктивності посіву дозавої насінневої картоплі. Приріст насінневої продуктивності посіву за обробки насіння картоплі перед садінням РРР Регоплант з використанням бульб розміром < 28 мм (дрібні бульби) (вар. 2) становив 1,9 т/га (9,3%), за обробки РРР Стимпо бульб розміром < 28 мм (вар. 3) – 3,6 т/га (17,6%).

Комплексне застосування РРР Стимпо забезпечило підвищення насінневої продуктивності насаджень картоплі сорту ‘Случ’ на 4,1 т/га (20,3%) (табл. 5, вар. 4) за густоти садіння 66,7 тис./га. Варіант за обробки РРР Стимпо садивних бульб розміром < 28 мм (дрібні бульби) за густоти садіння 74,1 тис./га сприяв приросту насінневої урожайності до 3,5 тис./га (16,9%), за густоти 66,7 тис./га – до 6,3 т/га (30,7%). Обробка бульб при садінні та рослин під час вегетації РРР Потейтін за використання бульб розміром 28–60 мм за густоти 66,7 тис./га сприяла зростанню насінневої урожайності картоплі 3,6 т/га (17,8%). Застосування РРР Потейтін для об-

робки бульб і рослин за висаджування дрібних бульб розміром < 28 мм виявилось ефективним для двох досліджуваних густот садіння – приріст насінневої урожайності за густоти 74,1 тис./га становив 3,4 т/га (16,4 %) та за 66,7 тис./га – 5,3 т/га (25,8%).

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що обприскування рослин картоплі та обробка бульб сорту ‘Струмок’ перед садінням РРР Стимпо (табл. 6, вар. 4) сприяла зростанню урожайності насінневих бульб, особливо при садінні бульб фракцією 28–60 мм з густотою садіння 66,7 тис./га з приростом до контролю 5,9 т/га (29,4%) та дрібних бульб за такою ж густотою садіння – на 4,1 (23,0%). У дослідженнях не виявлено впливу обробки різнофракційних бульб перед садінням РРР Регоплант та Стимпо та різної густоти садіння (вар. 2 і 3) на зростання насінневої продуктивності посіву. Обробка бульб і рослин РРР Потейтін (вар. 5) підвищувала насінневу продуктивність при використанні бульб насінневої фракції – приріст до контролю склав 3,9 т/га (18,9%) при густоті рослин 74,1 тис./га та 3,5 (17,4%) при густоті 66,7 тис./га. Також при садінні дрібних бульб відмічено зрос-

Таблиця 5

**Насіннева продуктивність картоплі 'Случ' залежно від застосування рістрегулюючих речовин, фракції насінневих бульб та густоти садіння мінібульб, 2015–2016 рр., т/га**

Варіанти	Фракція розміром 28–60 мм						Фракція розміром < 28 мм					
	Густота садіння, тис./га											
	74,1	± до контролю	%	66,7	± до контролю	%	74,1	± до контролю	%	66,7	± до контролю	%
1. Контроль – протруєння бульб Матадор (фон)	21,8	–	–	20,2	–	–	20,7	–	–	20,5	–	–
2. Фон + обробка бульб Регоплант	22,4	+0,6	2,8	21,2	+1,0	0,5	22,0	+1,3	6,3	22,4	+1,9	9,3
3. Фон + обробка бульб Стимпо	22,2	+0,4	1,8	21,1	+0,9	4,5	22,2	+1,5	7,2	24,1	+3,6	17,6
4. Фон + обробка бульб Стимпо + рослини сходи/бутонізація	22,7	+0,9	4,1	24,3	+4,1	20,3	24,2	+3,5	16,9	26,8	+6,3	30,7
5. Фон + обробка бульб Потейтін + рослини сходи/бутонізація	23,5	+1,7	7,8	23,8	+3,6	17,8	24,1	+3,4	16,4	25,8	+5,3	25,9
НІР <sub>0,05</sub> фактор А							0,86					
НІР <sub>0,05</sub> фактор Б							0,89					
НІР <sub>0,05</sub> фактор АБ							2,2					

Таблиця 6

**Насіннева продуктивність картоплі 'Струмок' залежно від застосування рістрегулюючих речовин, фракції насінневих бульб та густоти садіння мінібульб, 2015–2016 рр., т/га**

Варіанти	Густота садіння, тис./га											
	74,1	± до контролю	%	66,7	± до контролю	%	74,1	± до контролю	%	66,7	± до контролю	%
	Бульби розміром 28–60 мм						Бульби розміром < 28 мм					
1. Контроль – протруєння бульб Матадор (ФОН)	20,6	–	–	20,1	–	–	20,9	–	–	17,8	–	–
2. Фон + обробка бульб Регоплант	18,5	2,1	2,1	17,3	2,8	–	20,6	0,3	–	17,9	+0,1	0,56
3. Фон + обробка бульб Стимпо	21,5	+0,9	4,4	20,5	+0,4	2,0	22,2	+1,3	6,2	18,7	+0,9	5,06
4. Фон + обробка бульб Стимпо + рослини сходи/бутонізація	23,9	+3,3	16,0	26,0	+5,9	29,4	22,5	+1,6	7,7	21,9	+4,1	23,0
5. Фон + обробка бульб Потейтін + рослини сходи/бутонізація (еталон)	24,5	+3,9	18,9	23,6	+3,5	17,4	22,4	+1,5	7,2	21,7	+3,9	16,2
НІР <sub>0,05</sub> Фактор А							1,05					
НІР <sub>0,05</sub> Фактор Б							1,12					
НІР <sub>0,05</sub> Фактор АБ							2,76					

тання насінневої продуктивності посіву, але лише за густоти рослин 66,7 тис./га, де приріст до контролю склав 3,9 т/га (16,2%).

### Висновки

У результаті досліджень встановлено високу ефективність застосування РРР Стимпо для обробки дрібних мінібульб перед садінням. Найкращий показник приросту врожаю бульб сорту 'Случ' отримано на варіанті за комплексного застосування РРР Стимпо (обробка бульб і рослин двічі) з густотою садіння 74,1 тис./га, що забезпечило урожайність картоплі 28,6 т/га з приростом 3,7 т/га

(14,9%) та за густоти садіння 66,7 тис./га – 29,9 т/га з приростом врожаю 3,7 т/га (14,1%). Застосування комплексу обробок для бульб < 28 мм сприяло збільшенню врожаю бульб насінневої фракції (розміром 28–60). Високим приростом врожаю бульб насінневої фракції сорту 'Случ' до контролю – 6,3 т/га (30,7%) характеризувався варіант із садінням дрібних бульб з густотою 66,7 тис./га та застосуванням комплексних обробок бульб і рослин РРР Стимпо.

Встановлено, що поєднання передсадивної обробки бульб з дворазовим обприскуванням вегетуючих рослин рістрегулятором Стимпо

при використанні для садіння насінневих бульб розміром 28–60 мм за густоти садіння 74,1 тис./га сприяло підвищенню урожайності сорту ‘Струмок’ на 4,4 т/га (17,7%), за густоти садіння 66,7 тис./га – на 5,6 т/га (22,2%). Використання дрібних бульб для садіння при застосуванні обробки садивного матеріалу сорту ‘Струмок’ перед садінням та рослин двічі за вегетацію РРР Стимпо сприяло зростанню урожайності картоплі на 2,7 т/га (10,5%) за густоти садіння 74,1 тис./га та на 5,0 т/га – за 66,7 тис./га (23,5%). Обприскування рослин та обробка бульб перед садінням РРР Стимпо сприяла зростанню насінневої продуктивності, за садіння бульб фракції 28–60 мм, особливо з густотою садіння 66,7 тис./га з приростом до контролю в межах 5,9 т/га (29,4%) та дрібних бульб за такою ж густотою – на 4,1 т/га (23,0%). Встановлено, що найефективнішою густотою садіння оздоровлених садивних бульб сортів ‘Случ’ і ‘Струмок’ у зоні південного Полісся з використанням фракцій розміром 28–60 мм та розміром < 28 мм при застосуванні різних способів внесення РРР Регоплант, Стимпо виявилась 66,7 тис./га.

### Використана література

1. Картопля насіннева. Оздоровлений садивний матеріал. Технічні умови : ДСТУ 8243:2015. [Чинний від 2017 01 04]. Київ : ДП «УКРНДНЦ», 2018. 45 с.
2. Кириллов П. С., Трофимук Л. П. Использование нового регулятора роста для микроразмножения некоторых видов рода *Crataegus*. *Вестник СПбГУ. Серия 3: Биология*. 2016. Вып. 4. С. 62–75. doi: 10.21638/11701/spbu03.2016.405
3. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Активність антиоксидантних ферментів у рослинах пшениці полби звичайної за дії гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту рослин Вуксал БІО Віта. *Вісн. аграр. науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 3. С. 61–66. doi: 10.31521/2313\_092X/2018\_3(99)\_10
4. Glosek Sobieraj M., Cwalina Ambroziak B., Hamouz K. The Effect of Growth Regulators and a Biostimulator on the Health Status, Yield and Yield Components of Potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Gesunde Pflanzen*. 2018. Vol. 70, Iss. 1. P. 1–11. doi: 10.1007/s10343\_017\_0407\_7
5. Armin M. J. M. M., Asgharipour M. R., Yazdi S. K. Effects of different plant growth regulators and potting mixes on micro propagation and mini tuberization of potato plantlets. *Adv. Environ. Biol.* 2011. Vol. 5, Iss. 4. P. 631–638.
6. Alam I., Sharmin S. A., Naher K. et al. Effect of growth regulators on meristem culture and plantlet establishment in sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]. *Plant Omics*. 2010. Vol. 3, Iss. 2. P. 35–39.
7. Rabbani A., Askari B., Abbasi N. A. et al. Effect of growth regulators on *in vitro* multiplication of potato. *Int. J. Agric. Biol.* 2001. Vol. 3, Iss. 2. P. 181–182.
8. Iqbal M., Jaskani J. M., Rafique R. et al. Effect of plant growth regulators on callus formation in potato. *J. Agri Food App. Sci.* 2014. Vol. 2, Iss. 3. P. 77–81.
9. Dieme A., Sambe M. A. N., Agbangba E. C., Sy M. O. Residual effects of sucrose and hormonal treatments of the tuberization medium on *in vitro* germination of potato (*Solanum tuberosum* L.) microtubers. *Am. J. Plants Sci.* 2013. Vol. 4, Iss. 9. P. 1872–1878. doi: 10.4236/ajps.2013.49230
10. Ghavidel R. A., Bolandi A. R., Hamidi H., Foroghian S. Effects of plant growth regulators and photoperiod on *in vitro* microtuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Afr. J. Biotechnol.* 2012. Vol. 11, Iss. 53. P. 11585–11590. doi: 10.5897/AJB11.3422
11. Рязанцев В. Б. Вплив стимуляторів росту на продуктивність оздоровленої картоплі в розсадній культурі. *Картоплярство*. 2010. Вип. 39. С. 115–124.
12. Коваленко О. Л., Олійник Т. М. Застосування різних агро технологічних прийомів з використанням регулятора росту рослин Вимпел при розмноженні оздоровлених *in vitro* рослин картоплі в умовах Північно Східного Лісостепу України. *Картоплярство*. 2014. Вип. 42. С. 131–137.
13. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. Немішаєве : Інтас, 2002. 182 с.
14. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко Л. І. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.

### References

1. *Kartoplia nasinnieva. Ozdorovleniy sadyvnyi material. Tekhnichni umovy: DSTU 8243:2015* [Seed potatoes. Healthy planting material. Specifications: State Standard of Ukraine 8243:2015]. (2018). Kyiv: DP «UKRNDNTs». [in Ukrainian]
2. Kirillov, P. S., & Trofimuk, L. P. (2011). Application of a new growth regulator for micropropagation of some species of the genus *Crataegus*. *Vestnik Sankt Peterburgskogo universiteta. Seriya 3: Biologiya* [Herald of Saint Petersburg State University. Series: Biology], 4, 62–75. doi: 10.21638/11701/spbu03.2016.405. [in Russian]
3. Karpenko, V. P., & Pavlyshyn, S. V. (2018). Activity of antioxidant enzymes in plants of amelcorn under the influence of Prima Aorte 195 herbicide and Wuxal BIO Vita plant growth regulator. *Visn. agrar. nauki Pričornomor'â* [Ukrainian Black Sea region Agrarian Science], 3, 61–66. doi: 10.31521/2313\_092X/2018\_3(99)\_10 [in Ukrainian]
4. Glosek Sobieraj, M., Cwalina Ambroziak, B., & Hamouz, K. (2018). The Effect of Growth Regulators and a Biostimulator on the Health Status, Yield and Yield Components of Potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Gesunde Pflanzen*, 70(1), 1–11. doi: 10.1007/s10343\_017\_0407\_7
5. Armin, M. J. M. M., Asgharipour, M. R., & Yazdi, S. K. (2011). Effects of different plant growth regulators and potting mixes on micro propagation and mini tuberization of potato plantlets. *Adv. Environ. Biol.*, 5(4), 631–638.
6. Alam, I., Sharmin, S. A., Naher, K., Alam, J., Anisuzzaman, M., & Alam, M. F. (2010). Effect of growth regulators on meristem culture and plantlet establishment in sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]. *Plant Omics*, 3(2), 35–39.
7. Rabbani, A., Askari, B., Abbasi, N. A., Bhatti, M., & Quraishi, A. (2001). Effect of growth regulators on *in vitro* multiplication of potato. *Int. J. Agric. Biol.*, 3(2), 181–182.
8. Iqbal, M., Jaskani, J. M., Rafique, R., Hassan, S. Z., Iqbal, M. S., Raheed, M., Mushtaq, S. (2014). Effect of plant growth regulators on callus formation in potato. *J. Agri Food App. Sci.*, 2(3), 77–81.
9. Dieme, A., Sambe, M. A., Agbangba, E. C., & Sy, M. O. (2013). Residual effects of sucrose and hormonal treatments of the tuberization medium on *in vitro* germination of potato (*Solanum tuberosum* L.) microtubers. *Am. J. Plants Sci.*, 4(9), 1872–1878. doi: 10.4236/ajps.2013.49230
10. Ghavidel, R. A., Bolandi, A. R., Hamidi, H., & Foroghian, S. (2012). Effects of plant growth regulators and photoperiod on *in vitro* microtuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Afr. J. Biotechnol.*, 11(53), 11585–11590. doi: 10.5897/AJB11.3422
11. Riazancev, V. B. (2010). The effect of growth stimulants on the performance of healthy potatoes in seedlings. *Kartopliarstvo* [Potato Growing], 39, 11–12. [in Ukrainian]
12. Kovalenko, O. L., & Oliinyk, T. M. (2014). Application of different agrotechnological techniques with the use of the plant growth regulator Vimpel in the reproduction of *in vitro* potato plants in

- conditions of the northeastern Forest Steppe of Ukraine. *Karto pliarstvo* [Potato Growing], 42, 131–137. [in Ukrainian]
13. *Metodychni rekomendatsii shchodo provedennia doslidzhen z kartopleiu* [Methodical recommendations on potato investigation]. (2002). Nemishaieva: Intas. [in Ukrainian]
14. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v pake ti Statistica 6.0* [Statistical analysis of agronomic study data in the Statistica 6.0 software suite]. Kyiv: PolihrafKonsaltnyh. [in Ukrainian]

УДК 635.21:631.811.98

**Вишневецкая О. В.\***, **Пикич О. П.**, **Захарчук Н. А.**, **Рязанцев М. В.** Урожайность и семенная продуктивность добазового семенного картофеля в зависимости от элементов технологии выращивания // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 4. С. 382–389. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.188684](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.188684)

*Институт картофелеводства НААН Украины, ул. Чкалова, 22, пгт Немешаево, Бородинский р н, Киевская обл., 07853, Украина, \*e mail: olgavushnev\_@ukr.net*

**Цель.** Разработать элементы технологии выращивания добазового семенного картофеля при использовании рострегулирующих веществ и различной густоты посадки миниклубней различных фракций. **Методы.** Полевой, лабораторный, статистический. **Результаты.** Установлено влияние рострегулирующих веществ (РРВ), густоты посадки миниклубней на урожайность и семенную продуктивность оздоровленного в культуре меристем *in vitro* семенного материала картофеля в питомнике добазового семеноводства Института картофелеводства НААН в условиях южной части зоны Полесья Украины в 2015–2016 гг. Применение РРВ Стимпо при различных способах внесения, использование для посадки клубней разного размера и густоты посадки обеспечило увеличение урожайности сорта ‘Слuch’ в пределах 0,4–3,7 т/га (1,5–14,9%). Прибавка урожая клубней картофеля сорта ‘Струмok’ к контролю при густоте посадок семенных клубней фракции 28–60 мм

74,1 тыс./га составила 4,4 т/га (17,7%), при густоте посадки 66,7 тыс./га – 5,6 т/га (22,2%). **Выводы.** Наиболее эффективной густотой посадки оздоровленных посадочных клубней сортов ‘Слuch’ и ‘Струмok’ в зоне южного Полесья, с использованием фракций размером 28–60 мм и < 28 мм при применении различных способов внесения РРВ Регоплант, Стимпо оказалась 66,7 тыс./га. Опрыскивание растений и обработка клубней перед посадкой РРВ Стимпо сорта ‘Струмok’ способствовала росту урожайности семенных клубней, особенно при посадке клубней фракцией 28–60 мм при густоте посадки 66,7 тыс./га с приростом к контролю в пределах 5,6 т/га (22,2%) и мелких клубней с такой же густотой – на 5,0 (23,5%).

**Ключевые слова:** картофель; миниклубни; урожайность; семенная продуктивность; рострегулирующие вещества; густота посадки; фракция клубней.

UDC 635.21:631.811.98

**Vyshnevskaya, O. V.\***, **Pikich, O. P.**, **Zakharchuk, N. A.**, & **Rizantsev, M. V.** (2019). Yield and seed productivity of pre basic seed material depending potatoes on growing technology elements. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 382–389. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.188684](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.188684)

*Institute for Potato Research, NAAS of Ukraine, 22 Chkalova St., Nemishaieva, Borodianka district, Kyiv region., 07853, Ukraine, \*e mail: olgavushnev\_@ukr.net*

**Purpose.** Development of growing technology elements of pre basic seed material of potatoes using growth regulating substances and various densities of minitubers of various fractions planting. **Methods.** Field, laboratory, statistical. **Results.** The influence of growth regulating substances, landing patterns of minitubers on the yield and seed productivity of potato seed material improved by *in vitro* meristem was studied in the pre basic seed production nursery garden of the Institute for Potato Research, NAAS in the southern part of Polissia of Ukraine in 2015–2016. The application of plant growth regulator Stimpo for various methods of application, the use of tubers of different sizes for planting and planting density ensured an increase in the yield of ‘Sluch’ variety within 0.4–3.7 t/ha or by 1.5–14.9%. The increase in the yield of potato tubers of ‘Strumok’ variety to the control mark with planting density of seed tubers of 28–60 mm fraction of 74.1 thousand plants/ha was 4.4 t/ha

or 17.7%, with planting density of 66.7 thousand/ha – 5.6 t/ha or 22.2%. **Conclusions.** It has been revealed that the planting density of 66.7 thousand/plants per 1 ha turned out to be the most effective planting density of improved planting tubers of ‘Sluch’ and ‘Strumok’ variety in the zone of the southern Polissia, using fractions of 28–60 mm and < 28 mm in size using various methods of applying the plant growth regulators Regoplant, Stimpo. It has been established that spraying of plants and treatment of tubers belonging to ‘Strumok’ variety before planting with the PGR Stimpo contributed to the growth of seed tuber productivity especially when planting tubers with a fraction of 28–60 mm (planting density of 66.7 thousand plants/ha) with an increase to the control mark within 5.6 t/ha or 22.2% and small tubers with the same density – by 5.0 (23.5%).

**Keywords:** potato; minitubers; yield, seed productivity; plant growth regulators; planting density; tuber fraction.

Надійшла / Received 12.09.2019  
Погоджено до друку / Accepted 25.11.2019

# Особливості формування продуктивності гібридів буряків цукрових

Н. О. Кононюк

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна,  
e mail: nadiyakononuk@ukr.net

**Мета.** Установити особливості формування продуктивності гібридів буряків цукрових залежно від варіантів удобрення та строків збирання. **Методи.** Польові, лабораторні. **Результати.** Біологічні відмінності в рості та розвитку, і формуванні маси коренеплодів дозволили високопродуктивним гібридам реагувати на застосування додатково го мінерального живлення належним чином, а тому на удобрених варіантах були також отримані високі показники продуктивності. За збирання коренеплодів у вересні гібрид 'Ромул' на контрольному варіанті сформував 54,0 т/га коренеплодів, а за удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  – 72,0 та  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 74,2 т/га. Затримування зі збиранням не призвело до суттєвого зростання рівня продуктивності досліджуваних гібридів буряків цукрових. Так, за п'ятого строку збирання, що припадає на третю декаду жовтня буряки цукрові в середньому сформували 48,8–67,9 т/га коренеплодів. За збирання буряків цукрових у третю декаду жовтня в коренеплодах у середньому було 18,3–20,7% цукру, а найкращі показники забезпечив гібрид 'Софія' – на контролі цукристість була 22,0%, а за удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  – 20,5% та  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 19,5%. Застосування удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  та  $N_{300}P_{300}K_{300}$  сприяло отриманню більшої врожайності коренеплодів за їхньої меншої цукристості, що відповідало даним, отриманим іншими вченими. **Висновки.** За збирання в третій декаді вересня та за удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  гібриди формували: 'БЦЧС 57' – 66,8; 'Герой' – 66,2; 'Ромул' – 72,0; 'Кварта' – 66,0 т/га коренеплодів, а за удобрення в дозі  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 68,8; 68,1; 74,2; 68,0 т/га відповідно. Досліджено, що за збирання в третій декаді жовтня кращими були 'БЦЧС 57', 'Герой', 'Софія' та 'Ромул'. Крім того, внесення норми мінерального живлення  $N_{300}P_{300}K_{300}$  не забезпечувало формування прибавки врожаю, здатної окупити додаткове мінеральне живлення порівняно з нормою  $N_{150}P_{150}K_{150}$ . За вмістом цукру в коренеплодах буряків цукрових за збирання в третій декаді вересня кращими були наступні гібриди: 'Герой' – 21,4%, 'Софія' – 21,8%, 'Український ЧС72' – 21,3% та 'Ромул' – 21,4%, а в третю декаду жовтня максимальний рівень вмісту цукру в коренеплодах був у гібридів: 'Софія' – 22,0% та 'Уманський' – 21,9%. Застосування мінерального удобрення призводило до зменшення цукристості коренеплодів приблизно на 1,3–2,5% порівняно з неудобреними контрольними варіантами. Така реакція рослин викликана достатнім рівнем забезпечення ґрунту сполуками мінерального живлення.

**Ключові слова:** буряки цукрові; норма добрив; строки збирання; урожайність коренеплодів; цукристість; вміст сухої речовини.

## Вступ

Потенційна врожайність сучасних гібридів цукрових буряків є надзвичайно високою. Так в Європі врожайність сягає 100–140 т/га, а в Україні – 90–100 т/га в той час, як в умовах виробництва середня врожайність коренеплодів становить близько 50 т/га, що складає приблизно 40–45% від потенційно можливої [1, 2].

Забезпечення формування високого рівня врожайності коренеплодів буряків цукрових, що мають високу цукристість, дозволяє отримати також максимальний вихід цукру з гектара. Високі показники продуктивності та цукристість дозволяють мінімізувати витрати ресурсів на технологію вирощування, тим самим окупність окремих її елементів зростає [3, 4].

Урожай коренеплодів і їхня цукристість значною мірою залежать від таких факторів

навколишнього середовища як: температурні умови, інтенсивність освітлення, забезпечення елементами живлення та вологою тощо. Виробники не можуть контролювати світловий і температурний режими, адже системи зрошення зазвичай використовуються в умовах Степу України [5].

Крім зазначених умов вирощування врожайність визначається правильним вибором гібрида, адже деякі з них формують високий рівень урожайності з низькою цукристістю, в той час як інші, навпаки, дають низький урожай коренеплодів з високою цукристістю. Також важливим питанням при виборі гібрида є його індивідуальна стійкість до впливу несприятливих умов навколишнього середовища, шкідників і хвороб [6].

Високий рівень урожайності можна сформувати не тільки за дотримання рекомендацій з правильного підбору сортів і регіону вирощування буряків цукрових. Загалом кожен елемент технології відіграє ключову роль в розкритті біологічного потенціалу рослин буряків цукрових [7].

Так, гарний рівень продуктивності формується за рахунок розвитку на ранніх етапах росту потужного фотосинтетичного апарату, що максимально засвоює фотосинтетично активне сонячне світло та залишається фізіологічно активним впродовж максимально довгого часу вегетації. За умови дотримання ключових елементів технології вирощування буряки цукрові починають формувати коренеплоди та накопичувати в них запасні поживні речовини у вигляді цукру доволі рано [8].

Високі потреби в елементах живлення для забезпечення росту та розвитку рослин буряків цукрових актуалізують вимоги щодо якісного їхнього удобрення. А тому, одним з наріжних елементів технології вирощування є збалансована програма живлення, яка включає в себе всі необхідні елементи [8, 9].

Строки збирання теж відіграють не останню роль у формуванні рівня продуктивності культури для перероблення на біопаливо. У випадку перероблення на цукор необхідно отримувати коренеплоди оптимальні за розміром, з максимальним рівнем цукристості. А коли використовується для перероблення й гичка, залишається відкритим питання ефективності різних строків збирання. Адже не обов'язково чекати відмирання листового апарату, щоб ефективніше переробити буряки на біогаз [10].

*Мета досліджень* – установити особливості формування продуктивності гібридів буряків цукрових залежно від варіантів удобрення та строків збирання.

### Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження проводили впродовж 2014–2016 рр. на дослідних полях ДП ДГ «Саливонківське» Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України, що розташовані у с. Ксаверівка-2 Васильківського району Київської області.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем глибокий середньосуглинковий на лесовидному суглинку, що характеризується такими показниками родючості: вміст гумусу (за методом Тюріна) – 2,58%, азоту лужногідролізованого (за методом Корнфільда) – 176 мг/кг ґрунту, рухомих сполук фосфору та калію (за методом Чирікова) – 160 і 95 мг/кг ґрунту відповідно, рН сольове – 6,75, сума ввібраних основ – 30,5 мг-екв/100 г ґрунту, гідролітична кислотність – 0,91 мг-екв/100 г. Орний шар має зернисто-пилувату структуру, а підорний – горіхувато-зернисту. Материнська порода знаходиться на глибині 1,8–2,1 м і містить 9–11% карбонатів кальцію. До складу мінеральної

твердої фази ґрунту входить 37% фізичної глини, та 63% піску. Щільність ґрунту в рівноважному стані 1,16–1,25 г/см<sup>3</sup>, вологість стійкого в'янення – 10,8%.

Найоб'єктивнішим інтегральним показником, що характеризує погодні умови є гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК). Аналізуючи значення ГТК за роки проведення досліджень слід відмітити, що у 2014 році була помірна вологість (1,3 < ГТК < 1,6), а у 2015 відмічали різку нестачу опадів, оскільки ГТК < 0,5; у 2016 – не інтенсивна посуха (0,8 < ГТК < 0,9). В цілому вегетаційний період 2014–2016 рр. був досить сприятливим для росту і розвитку рослин цукрових буряків, за виключенням кількох найспекотніших місяців 2015 р.

Схема польового дослідження включала: фактор А – гібриди: 'Анічка', 'Олександрія', 'Рамзес', 'БЦЧС 57', 'Герой', 'Константа', 'Булава', 'Ольжич', 'Софія', 'Уманський ЧС97', 'Український ЧС 72', 'ЩБ 0801', 'Весто', 'Ромул', 'Кварта', 'ІВП ЧС 84', 'Злука', 'Уманський ЧС 90'; фактор Б – строки збирання: III декада червня, III декада липня, III декада серпня, III декада вересня, III декада жовтня; фактор В – норми внесення добрив:  $N_{0}P_{0}K_{0}$ ,  $N_{150}P_{150}K_{150}$ ,  $N_{300}P_{300}K_{300}$ .

Площа елементарної посівної й облікової ділянок відповідно 30 і 25 м<sup>2</sup>; повторність – триразова. Дослідження проводились з використанням нітроамофоски N:P:K – 16:16:16.

Врожайність коренеплодів та гички буряків цукрових визначали в динаміці: III/06, III/07, III/08, III/09 та III/10. Визначення врожайності буряків цукрових проводили за наступною методикою: у точці відбирання проби по рядку клали шнур довжиною 2,22 м у більшу сторону поля і викопували під ним усі коренеплоди. Коренеплоди очищали, зрізали гичку та зважували. Гичку зважували окремо; зрізавши так, щоб діаметр зрізу на головці коренеплоду дорівнював 25–30 мм. Відрізали хвостову частину, діаметр якої менше 10 мм. За підрахунком маси проб коренеплодів та гички визначали врожайність буряків цукрових на усіх дослідних ділянках.

Цукристість коренеплодів та абсолютно сухої речовини в коренеплодах та гичці визначали в лабораторних умовах за стандартними методиками (методом холодної дигестії) [11].

Статистичний аналіз результатів досліджень проводили за допомогою кореляційного, регресійного та дисперсійного методів з використанням прикладної програми Statistica-6 [12].

## Результати досліджень

Особливості формування урожаю коренеплодів різних гібридів буряків цукрових за застосування мінерального удобрення та вивчення строків збирання наведено в таблиці 1.

Аналіз особливостей накопичення маси коренеплодів та формування урожайності різними гібридами буряків цукрових дозволяє описати деякі закономірності. Якщо аналізувати урожайність загалом, то збирання коренеплодів у третю декаду червня забезпечувало лише 9,6 т/га коренеплодів. Застосування мінерального удобрення в дозах від  $N_{150}P_{150}K_{150}$  до  $N_{300}P_{300}K_{300}$  сприяло зростанню рівня продуктивності лише на 0,5 та 0,7 т/га, що абсолютно не виправдовувало такі обсяги додаткового мінерального живлення.

Якщо аналізувати рівень продуктивності конкретних досліджуваних гібридів, то можна відмітити деякі закономірності його формування. Нижче середньогрупового значення розташовані такі гібриди як 'Анічка', 'Олександрія', 'Рамзес', 'БЦЧС 57', 'Константа', 'Булава', 'Ольжич', 'Український ЧС 72', 'Ромул', 'ІВП ЧС84'. А гібриди 'Герой', 'Софія', 'Уманський ЧС97', 'ЩБ 0801', 'Весто', 'Кварта', 'Злука' та 'Уманський ЧС90' за рівнем урожайності значно перевищують показники середнього значення. Причому отримані закономірності спостерігали як на удобрених, так і на неудобрених варіантах дослідів.

Максимальну врожайність за збирання у третю декаду червня забезпечував гібрид 'Софія' – на контрольному варіанті було отримано 16,6 т/га коренеплодів, за удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  – 17,4 т/га,  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 17,6 т/га.

За другого строку збирання, що відповідає третій декаді липня в середньому по досліді буряки цукрові забезпечували отримання 12,2–13,9 т/га коренеплодів. За даного строку збирання перелік гібридів, що мають показники продуктивності нижче середньогрупового значення, дещо змінився: 'Олександрія', 'Рамзес', 'БЦЧС 57', 'Булава', 'Український ЧС 72', 'Ромул', 'ІВП ЧС84'. А гібриди 'Анічка', 'Герой', 'Константа', 'Ольжич', 'Софія', 'Уманський ЧС97', 'ЩБ 0801', 'Весто', 'Кварта', 'Злука' та 'Уманський ЧС90' забезпечували урожайність коренеплодів вище середньогрупового значення. Аналогічно отримані закономірності поширювались як на удобрені, так і на неудобрені варіанти.

Максимальну врожайність за збирання у третю декаду липня забезпечував гібрид 'Софія' – на контрольному варіанті було отримано 17,6 т/га коренеплодів, за удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  – 19,6 та  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 20,0 т/га.

Аналіз третього строку збирання (третьа декада серпня) показав, що в середньому по досліді буряки цукрові забезпечували значно вищий рівень продуктивності – 34,3–45,3 т/га коренеплодів. За цього строку гібриди 'Анічка', 'Олександрія', 'Рамзес', 'Булава', 'Ольжич', 'Софія', 'Уманський ЧС97', 'Український ЧС 72', 'Уманський ЧС90' мають показники продуктивності нижче середньогрупового значення. Формування врожайності коренеплодів вище середньогрупового значення забезпечили гібриди 'БЦЧС 57', 'Герой', 'Константа', 'ЩБ 0801', 'Весто', 'Ромул', 'Кварта', 'ІВП ЧС84' та 'Злука'.

За четвертого строку збирання, що припадає на третю декаду вересня, буряки цукрові в середньому формували 46,0–63,2 т/га коренеплодів. Різниця між удобреними та неудобреними варіантами дослідів значно переважала показники достовірності відхилень, а отримання додаткових 15,4–17,2 т/га коренеплодів дозволило окупити понесені затрати на мінеральні добрива. За цього строку група гібридів, які мають показники продуктивності нижче середньогрупового значення виглядає наступним чином: 'Анічка', 'Олександрія', 'Рамзес', 'Уманський ЧС97', 'Український ЧС 72', 'ЩБ 0801', 'Весто', 'ІВП ЧС84', 'Уманський ЧС90'. Урожайність коренеплодів вище середньогрупового значення була у гібридів: 'БЦЧС 57', 'Герой', 'Константа', 'Булава', 'Ольжич', 'Софія', 'Ромул', 'Кварта' та 'Злука'.

Біологічні відмінності в рості та розвитку, і формуванні маси коренеплодів дозволили високопродуктивним гібридам реагувати на застосування додаткового мінерального живлення належним чином. А тому на удобрених варіантах були також високі показники продуктивності.

Попри доволі скромні показники за першого строку збирання найкращі параметри за збирання коренеплодів у вересні забезпечив гібрид 'Ромул'. Так на контрольному варіанті було отримано 54,0 т/га коренеплодів, за удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  – 72,0 та  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 74,2 т/га.

Затримка зі збиранням не призвела до суттєвого зростання рівня продуктивності досліджуваних гібридів буряків цукрових. Так, за п'ятого строку збирання, що припадає на третю декаду жовтня, буряки цукрові в середньому формували 48,8–67,9 т/га коренеплодів. Фактично в межах досліджуваних гібридів збереглися закономірності формування врожайності коренеплодів, аналогічні попередньому строку збирання, однак гібриди 'Уманський ЧС97' та 'Український ЧС 72' збільшували масу коренеплодів до рівня



Таблиця 1  
Вплив особливостей гібридів, норм мінеральних добрив та строків збирання на урожайність коренеплодів, т/га

Гібрид	Удобрення / строк збирання														
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>			N <sub>150</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>			N <sub>300</sub> P <sub>300</sub> K <sub>300</sub>								
	ІІІ/06	ІІІ/07	ІІІ/08	ІІІ/09	ІІІ/10	ІІІ/06	ІІІ/07	ІІІ/08	ІІІ/09	ІІІ/10	ІІІ/06	ІІІ/07	ІІІ/08	ІІІ/09	ІІІ/10
'Анічка'	7,2	13,8	27,0	42,8	51,3	7,6	15,3	34,7	57,0	69,3	7,7	15,6	35,7	58,7	71,4
'Олександрія'	5,7	9,7	25,3	40,5	48,4	6,0	10,8	32,5	54,0	65,4	6,1	11,0	33,4	55,6	67,3
'Рамзес'	5,7	7,2	29,4	43,7	49,3	6,0	8,0	37,7	58,2	66,6	6,1	8,2	38,8	59,9	68,6
'БЦЧС 57'	6,0	7,6	34,9	50,1	52,4	6,3	8,4	44,7	66,8	70,8	6,4	8,6	46,0	68,8	72,9
'Герой'	11,6	12,6	42,9	49,6	51,7	12,2	14,0	55,0	66,2	69,9	12,4	14,3	56,6	68,1	72,0
'Константа'	6,3	12,6	36,2	47,7	48,8	6,7	14,0	46,4	63,6	66,0	6,7	14,3	47,8	65,5	68,0
'Булава'	7,9	11,5	30,0	46,8	48,1	8,3	12,8	38,5	62,4	64,9	8,4	13,1	39,7	64,3	66,9
'Ольжич'	8,9	13,2	33,2	48,7	49,2	9,3	14,7	42,6	65,0	66,5	9,4	15,0	43,9	66,9	68,5
'Софія'	16,6	17,6	33,9	47,3	52,4	17,4	19,6	43,5	63,0	70,8	17,6	20,0	44,8	64,9	72,9
'Уманський ЧС97'	10,4	12,6	29,4	44,1	49,7	11,0	14,0	37,7	58,8	67,2	11,1	14,3	38,8	60,6	69,2
'Український ЧС 72'	7,3	10,7	30,0	45,0	48,8	7,7	11,9	38,5	60,0	66,0	7,8	12,2	39,7	61,8	68,0
'ТЦБ 0801'	13,1	14,0	35,6	40,5	44,6	13,8	15,6	45,7	54,0	60,3	14,0	15,9	47,0	55,6	62,1
'Весто'	12,8	13,5	38,0	45,0	46,1	13,5	15,0	48,7	60,0	62,2	13,7	15,3	50,1	61,8	64,1
'Ромул'	5,8	10,4	45,0	54,0	53,5	6,1	11,5	57,8	72,0	72,3	6,2	11,8	59,5	74,2	74,5
'Кварта'	14,4	15,1	37,8	49,5	50,4	15,2	16,8	48,4	66,0	68,1	15,4	17,1	49,9	68,0	70,1
'ТВП ЧС 84'	8,5	9,9	38,6	44,6	44,6	9,0	11,0	49,5	59,4	60,3	9,1	11,2	51,0	61,2	62,1
'Злука'	12,6	14,3	36,9	47,7	47,4	13,3	15,8	47,3	63,6	64,1	13,4	16,2	48,7	65,5	66,0
'Уманський ЧС 90'	12,5	14,0	32,9	41,4	41,0	13,2	15,6	42,2	55,2	55,4	13,3	15,9	43,5	56,9	57,1
Середнє	9,6	12,2	34,3	46,0	48,8	10,1	13,6	43,9	61,4	65,9	10,3	13,9	45,3	63,2	67,9
НІР <sub>0,05</sub>	1,1	1,4	2,9	3,9	4,1	1,1	1,4	2,9	3,9	4,1	1,1	1,4	2,9	3,9	4,1
P, %	4,0	3,9	2,5	2,5	2,5	4,0	3,9	2,5	2,5	2,5	4,0	3,9	2,5	2,5	2,5

значень вище середньогрупового показника. Тобто вони росли повільніше інших гібридів та максимально повно використовували довгий вегетаційний період.

Аналогічно попередньому строку встановлено, що найкращі показники за збирання коренеплодів у жовтні забезпечував гібрид

‘Ромул’. За результатами досліджень на контрольному варіанті отримано 53,5 т/га коренеплодів, за удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  – 72,3 та  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 74,5 т/га.

На рисунку 1 подано залежність урожайності коренеплодів буряків цукрових від строків збирання.

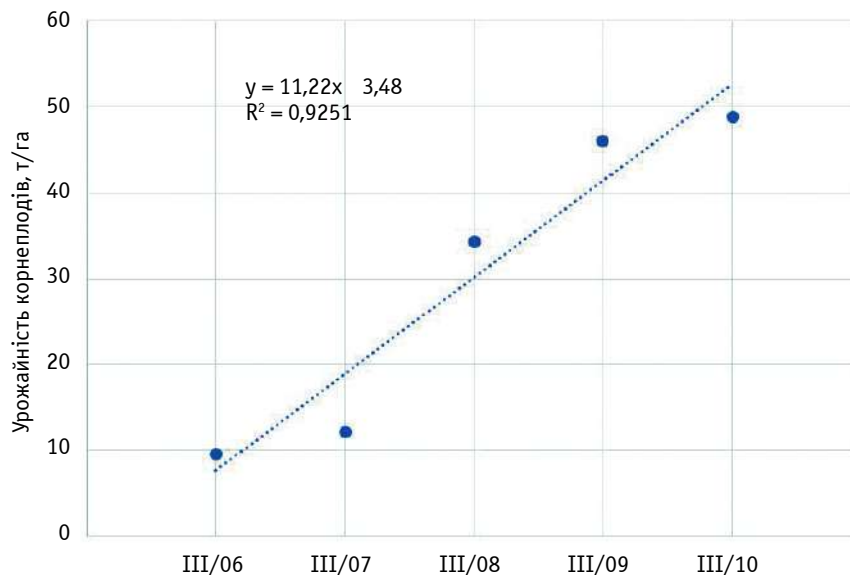


Рис. 1. Залежність урожайності коренеплодів буряків цукрових від строків їхнього збирання

Встановлено, що рівняння залежності лінійне і рівень продуктивності буряків цукрових зростає із збільшенням строку збирання. Загалом урожайність коренеплодів можна описати рівнянням:  $y = 11,22x - 3,48$  на фоні доволі високого рівня детермінації  $RI = 0,9251$ .

Цікавою є реакція рослин буряків цукрових на застосування мінерального удобрення, адже з літературних джерел відомо, що

високі дози добрив призводять до низької прибавки врожаю порівняно з фізіологічно засвоюваними кількостями удобрення. Рівняння залежності урожайності коренеплодів буряків цукрових від дози мінерального удобрення подано на рисунку 2.

Такі ж закономірності отримано іншими дослідниками [17], зокрема, пік і подальше зниження рівня продуктивності буряків цук-

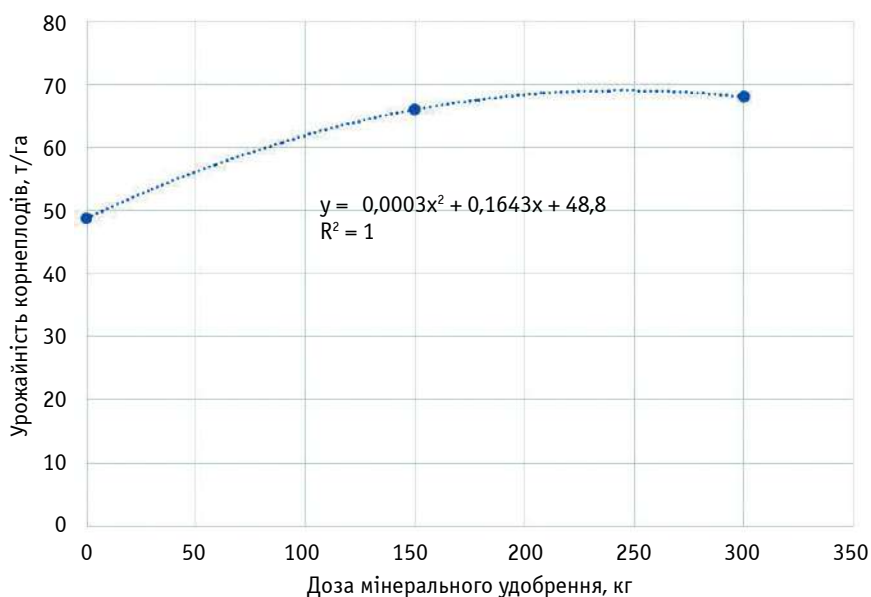


Рис. 2. Залежність урожайності коренеплодів буряків цукрових від дози мінерального удобрення

рових за застосування  $N_{300}P_{300}K_{300}$  порівняно з  $N_{150}P_{150}K_{150}$ .

Отже, було визначено, що рівняння залежності поліноміальне з чітко вираженою вершинністю й урожайність коренеплодів можна описати рівнянням:  $y = -0,0003x^2 + 0,1643x + 48,8$  за рівня детермінації  $RI = 1,0$ .

Дисперсійний аналіз дозволив визначити частку впливу факторів на формування показника продуктивності та проаналізувати в динаміці зміну впливовості тих чи інших елементів досліді. Результати встановлення часток впливу факторів на врожайність коренеплодів буряків цукрових подано на рисунку 3.

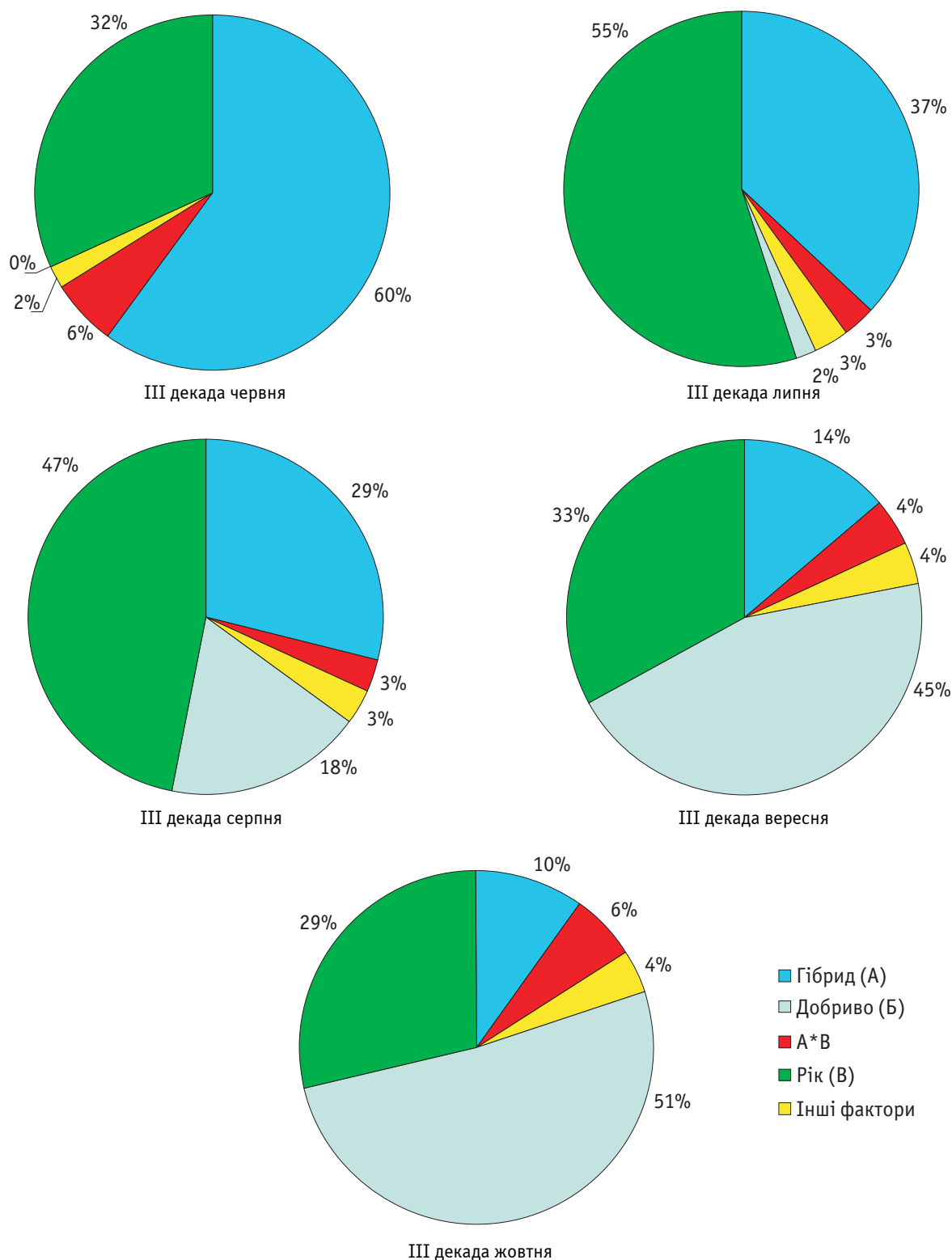


Рис. 3. Частки впливу факторів на урожайність коренеплодів буряків цукрових

Таблиця 2  
Вплив особливостей гібридів, норм мінеральних добрив та строків збирання на цукристість коренеплодів, %

Гібрид	Удобрення / строк збирання														
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>			N <sub>150</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>			N <sub>300</sub> P <sub>300</sub> K <sub>300</sub>								
	III/06	III/07	III/08	III/09	III/10	III/06	III/07	III/08	III/09	III/10	III/06	III/07	III/08	III/09	III/10
'Анічка'	13,2	14,9	17,9	18,4	19,3	13,0	14,5	16,9	17,2	18,0	12,9	14,1	16,1	16,5	17,1
'Олександрія'	12,8	15,2	18,5	20,1	21,1	12,6	14,8	17,5	18,8	19,6	12,5	14,3	16,6	18,0	18,6
'Рамзес'	12,8	14,4	17,8	19,8	21,1	12,6	14,0	16,8	18,5	19,6	12,5	13,6	16,0	17,7	18,7
'БЦЧС 57'	12,4	14,6	18,5	21,0	21,1	12,2	14,2	17,4	19,6	19,6	12,1	13,8	16,6	18,9	18,6
'Герой'	13,2	15,2	19,1	21,4	20,8	13,0	14,8	18,0	20,0	19,4	12,9	14,4	17,1	19,2	18,4
'Константа'	13,0	15,4	18,7	19,4	19,8	12,8	15,0	17,6	18,1	18,4	12,7	14,5	16,7	17,4	17,5
'Булава'	12,0	14,2	18,6	20,5	21,5	11,8	13,8	17,5	19,2	20,0	11,7	13,4	16,6	18,4	19,0
'Ольжич'	13,2	15,5	19,8	21,0	21,5	13,0	15,0	18,7	19,6	20,0	12,9	14,5	17,8	18,8	19,0
'Софія'	12,2	14,9	19,2	21,8	22,0	12,0	14,5	18,1	20,4	20,5	11,9	14,1	17,2	19,6	19,5
'Уманський ЧС97'	14,2	15,7	18,0	19,0	19,6	14,0	15,2	17,0	17,8	18,2	13,9	14,7	16,1	17,1	17,3
'Український ЧС 72'	13,9	14,4	17,8	21,3	21,5	13,7	14,0	16,8	19,9	20,0	13,6	13,6	16,0	19,1	19,0
'ТЦБ 0801'	11,8	14,2	17,1	18,8	19,3	11,6	13,8	16,2	17,6	18,0	11,5	13,4	15,4	16,9	17,1
'Весто'	12,0	14,4	17,8	19,0	19,3	11,8	14,0	16,8	17,8	18,0	11,7	13,6	16,0	17,1	17,1
'Ромул'	13,2	14,9	19,7	21,4	21,5	13,0	14,5	18,6	20,0	20,0	12,9	14,1	17,7	19,2	19,0
'Квартал'	12,8	14,9	18,6	20,9	21,0	12,6	14,5	17,5	19,5	19,6	12,5	14,0	16,7	18,7	18,6
'ТВП ЧС 84'	14,2	14,9	18,0	19,4	19,7	14,0	14,5	16,9	18,1	18,4	13,9	14,1	16,1	17,4	17,4
'Злука'	12,2	15,0	18,6	19,5	19,8	12,0	14,6	17,5	18,3	18,4	11,9	14,2	16,6	17,5	17,5
'Уманський ЧС 90'	12,2	15,1	19,0	21,0	21,9	12,0	14,7	18,0	19,6	20,4	11,9	14,3	17,1	18,9	19,4
Середнє	12,8	14,9	18,5	20,2	20,7	12,6	14,5	17,4	18,9	19,2	12,5	14,0	16,6	18,1	18,3
НР <sub>0,05</sub>	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6
P, %	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Досліджено, що за збирання буряків цукрових у ранні строки на формування рівня врожайності впливає, в основному, фактор біологічних особливостей гібридів. Так, у третій декаді червня вплив гібрида на рівень урожайності становить 60,0%, а умов року – лише 31,8%. У цей проміжок часу вплив удобрення мінімальний, так як рослини буряків цукрових засвоюють його незначну кількість.

У той же час у третю декаду липня було визначено, що внесок біологічних особливостей досліджуваних гібридів у формування врожайності коренеплодів знижувався до 37,3%, а умови року визначали 54,6% продуктивності. Саме тоді рослини буряків цукрових у своєму рості та розвитку проходили черговий критичний період щодо нестачі вологи.

За збирання буряків цукрових у третю декаду серпня умови року визначали рівень продуктивності на 47,3%, однак частка гібрида становила 28,8%, а вплив мінерального удобрення зростав до 18,4%. Фактично буряки цукрові долали критичні за вологозабезпеченням і впливом високих температур періоди росту та розвитку і це відобразилось на перерозподілі часток впливу факторів.

У третій декаді вересня мінеральне удобрення визначало рівень урожайності буряків цукрових на 44,7%, а умови року – лише на 33,0%, а вплив біологічних особливостей гібридів був доволі скромним.

За збирання коренеплодів буряків цукрових у третій декаді жовтня роль мінерального удобрення підсилювалася і воно визначало 51,0% урожайності коренеплодів, а умови року – лише 29,2%. За рахунок біологічних особливостей в накопиченні маси коренеплодів окремих гібридів за пізніх строків збирання вплив даного фактору зростав до 10,3%, що обумовлено накопиченням біомаси пізньостиглими гібридами.

Урожайність головний, однак не вирішальний фактор визначення ефективності виробництва буряка цукрового взагалі та досліджуваних елементів технології вирощування зокрема. Практичніший інтерес представляють показники, що формують якість коренеплодів буряків цукрових. З точки зору придатності до перероблення на біопаливо до таких показників можна віднести: вміст цукру та вміст сухої речовини в коренеплодах.

Коренеплоди буряків цукрових містять у середньому 16–19% цукру, а в оптимальних умовах вони накопичують понад 20%. Од-

нак, різні варіанти мінерального удобрення та строки збирання по-різному впливають на формування вмісту цукрози в коренеплодах, а тому варто окремо описати виявлені закономірності [13, 14].

Крім того на різних етапах росту та розвитку перебіг життєвих процесів, що відбуваються в рослинах та коренеплодах, доволі відмінний. Так, після збирання розпочинаються процеси засвоєння клітинами коренеплоду запасних поживних речовин, в тому числі й цукру. Під впливом раннього збирання вони можуть бути доволі значними, адже рослини перебувають у фізіологічно активному стані. Втрата вологи при збиранні молодих коренеплодів спричиняла підв'ялювання коренеплодів та посилювала дихання, а отже, призводила до збільшення втрат цукру [15, 16].

Особливості формування вмісту цукру в коренеплодах різних гібридів буряків цукрових за застосування мінерального удобрення та вивчення строків збирання наведено в таблиці 2.

Параметри накопичення вмісту цукру в коренеплодах буряків цукрових відрізнялися від особливостей формування врожаю коренеплодів та гички. Тому, варто детальніше описати основні закономірності, що було відмічено в процесі формування досліджуваного показника в різних гібридів.

За збирання в третю декаду червня в коренеплодах буряків цукрових накопичувалося 12,8% цукру, а за застосування мінерального удобрення в дозах від  $N_{150}P_{150}K_{150}$  до  $N_{300}P_{300}K_{300}$  статистично достовірного відхилення показника цукристості не було відмічено.

Якщо детальніше проаналізувати розподіл рівня цукристості коренеплодів буряків цукрових у розрізі досліджуваних гібридів, то нижче середньогрупового показника розташовані: 'БЦЧС 57', 'Булава', 'Софія', 'ІЦБ 0801', 'Весто', 'Злука' та 'Уманський ЧС90'. А гібриди: 'Анічка', 'Олександрія', 'Рамзес', 'Герой', 'Константа', 'Ольжич', 'Уманський ЧС97', 'Український ЧС 72', 'Ромул', 'Кварта', 'ІВП ЧС84' за цукристістю перевищували параметри середніх та отримані закономірності, аналогічні як на удобрених, так і неудобрених варіантах досліду.

Було встановлено, що максимальна цукристість коренеплодів за збирання в третю декаду червня була в гібридів 'Уманський ЧС97' та 'ІВП ЧС84', в яких на контрольному варіанті було отримано вміст цукрів 14,2%, за застосування удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  – 14,0 та  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 13,9%.

За другого строку збирання, який припадає на третю декаду липня, в середньому по досліді в коренеплодах буряків цукрових накопичувалось 14,0–14,9% цукру. А нижче середньогрупового значення за цукристістю коренеплодів були ранжовані наступні гібриди: ‘Рамзес’, ‘БЦЧС 57’, ‘Булава’, ‘Український ЧС 72’, ‘ЩБ 0801’, ‘Весто’. А гібриди ‘Анічка’, ‘Олександрія’, ‘Герой’, ‘Константа’, ‘Ольжич’, ‘Софія’, ‘Уманський ЧС97’, ‘Ромул’, ‘Кварта’, ‘ІВП ЧС84’, ‘Злука’ та ‘Уманський ЧС90’ характеризувалися цукристістю коренеплодів вище середньогрупового значення, причому отримані закономірності поширювалися як на удобрені, так і на неудобрені варіанти.

Також максимальний рівень цукристості коренеплодів був притаманний за збирання у третю декаду липня гібриду ‘Уманський ЧС97’, на контрольному варіанті було зафіксовано вміст цукрів 15,7%, а за застосування удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  – 15,2,  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 14,2%.

Дослідження третього строку збирання показали, що в середньому буряки цукрові накопичували в коренеплодах цукор на рівні 16,6–18,5%. Нижче середньогрупового показника були гібриди ‘Анічка’, ‘Рамзес’, ‘Уманський ЧС97’, ‘Український ЧС 72’, ‘ЩБ 0801’, ‘Весто’, ‘ІВП ЧС84’. А формування цукристості коренеплодів вище середньогрупового забезпечили – ‘Олександрія’, ‘БЦЧС 57’, ‘Герой’, ‘Константа’, ‘Булава’, ‘Ольжич’, ‘Софія’, ‘Ромул’, ‘Кварта’, ‘Злука’ та ‘Уманський ЧС90’.

Максимальний рівень цукристості коренеплодів спостерігався в гібрида ‘Ольжич’, на контрольному варіанті отримано 19,8%, за удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  – 18,7%,  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 17,8%.

За четвертого строку збирання, що відповідає третій декаді вересня, буряки цукрові в середньому накопичували в коренеплодах 18,1–20,2% цукру. До гібридів з показниками нижче середньогрупового віднесено такі, як ‘Анічка’, ‘Олександрія’, ‘Рамзес’, ‘Константа’, ‘Уманський ЧС97’, ‘ЩБ 0801’, ‘Весто’, ‘ІВП ЧС84’, ‘Злука’. А в групу зі значеннями вище середнього віднесено гібриди ‘БЦЧС 57’, ‘Герой’, ‘Булава’, ‘Ольжич’, ‘Софія’, ‘Український ЧС 72’, ‘Ромул’, ‘Кварта’ та ‘Уманський ЧС90’.

Найкращий вміст цукру в коренеплодах за збирання буряків цукрових у вересні забезпечував гібрид ‘Софія’. Так, на контрольному варіанті було отримано 21,8%, за удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  – 20,4% та  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 19,6%.

За збирання буряків цукрових у третю декаду жовтня в коренеплодах у середньому було 18,3–20,7% цукру. Нижче середньогрупового були гібриди ‘Анічка’, ‘Константа’, ‘Уманський ЧС97’, ‘ЩБ 0801’, ‘Весто’, ‘ІВП ЧС84’, ‘Злука’. А цукристість вище середньогрупового значення була у гібридів ‘Олександрія’, ‘Рамзес’, ‘БЦЧС 57’, ‘Герой’, ‘Булава’, ‘Ольжич’, ‘Софія’, ‘Український ЧС 72’, ‘Ромул’, ‘Кварта’ та ‘Уманський ЧС90’.

Аналогічно до попереднього строку найкращі параметри забезпечував гібрид ‘Софія’, так, на контролі його цукристість була 22,0%, а за удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  – 20,5 та  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 19,5%.

Найоптимальнішим строком отримання максимальної цукристості коренеплодів буряків цукрових виявилась третя декада жовтня. Крім того, застосування удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  та  $N_{300}P_{300}K_{300}$  сприяло отриманню більшої врожайності коренеплодів за їхньої меншої цукристості, що відповідало даним, отриманим іншими вченими.

Графічне представлення часток впливу факторів на цукристість коренеплодів буряків цукрових подано на рисунку 4.

За результатами проведеного аналізу визначено, що за збирання буряків цукрових у третій декаді червня біологічні особливості гібрида визначали рівень цукристості на 48,1%, а умови року – на 44,9%. Мінеральні добрива не впливали значно на цукристість, адже рослини в даний проміжок часу достатньою мірою були забезпечені елементами живлення безпосередньо з ґрунту.

При умові збирання коренеплодів буряків цукрових у третю декаду липня встановлено, що умови року визначали 52,0% цукристості, а внесок гібрида знизився до 22,7%, добрива забезпечували до 16,5%. Аналогічно з іншими досліджуваними показниками в даний проміжок часу цукристість коренеплодів теж значною мірою залежала від критичного періоду щодо забезпечення рослин вологою.

За збирання буряків цукрових у третю декаду серпня умови року визначали рівень цукристості коренеплодів на 31,8%, частка гібрида становила 25,2%, а вплив мінерального удобрення зріс до 37,3%. Отже, для активного цукронакопичення доступних в ґрунті елементів живлення не вистачало, що й збільшувало актуальність застосування мінерального удобрення.

За збирання буряків цукрових у третій декаді вересня умови року визначали рівень цукристості коренеплодів на 28,2%, мінеральне удобрення – на 29,63%, а вплив біологічних особливостей гібридів – на 37,7%.

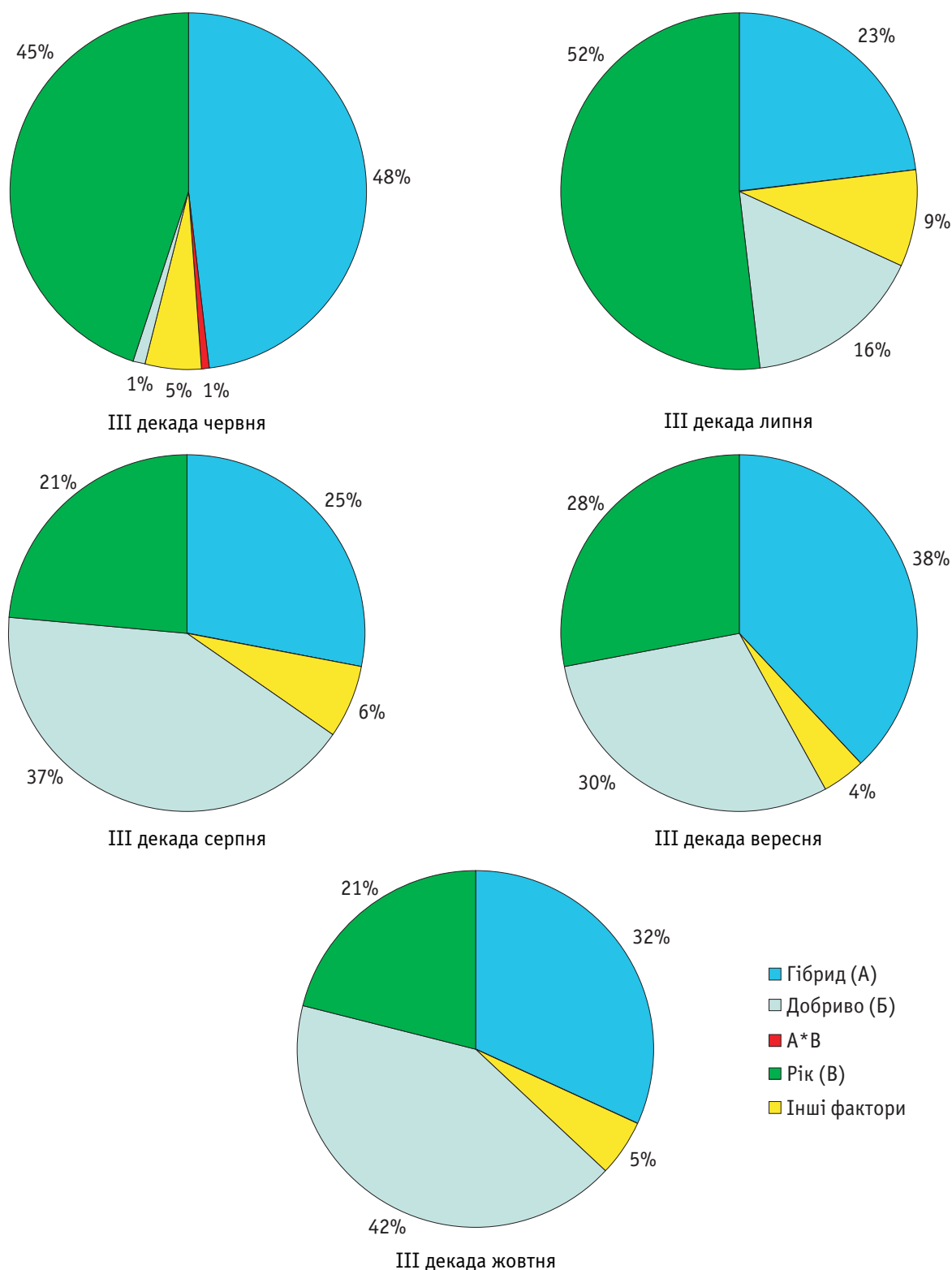


Рис. 4. Частки впливу факторів на цукристість коренеплодів буряків цукрових

За роки проведених досліджень встановлено, що при збиранні буряків цукрових у третій декаді жовтня вплив мінерального удобрення на цукристість коренеплодів зростав до 42,3%, вплив гібридів складав 31,9%, а умови року – 20,7%. Зважаючи на те, що в роки проведення досліджень похмурих днів

з мінімальною сонячною активністю було у вересні-жовтні відносно мало, то активна витрата накопичених цукрів на проходження фізіологічних процесів в рослинах буряків цукрових не спостерігалася. Фактично пізнє збирання сприяло отриманню додаткової цукристості, так як навіть через вплив

несприятливих умов вирощування буряки цукрові здатні накопичувати додатковий цукор в коренеплодах.

### Висновки

Удобрення буряків цукрових та різні строки їхнього збирання по-різному впливають на формування продуктивності та цукристості коренеплодів. Однак, не зважаючи на суттєві міжгібридні відмінності, в умовах Правобережного Лісостепу кращими строками максимального формування врожайності коренеплодів та їхньої цукристості є третя декада вересня та третя декада жовтня.

За урожайністю коренеплодів за збирання в третій декаді вересня кращі показники мали гібриди 'БЦ ЧС 57', 'Герой', 'Ромул' та 'Кварта'. На варіанті удобрення  $N_{150}P_{150}K_{150}$  вони формували 66,8; 66,2; 72,0; 66,0 т/га коренеплодів, а за удобрення в дозі  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 68,8; 68,1; 74,2 та 68,0 т/га відповідно. За збирання в третій декаді жовтня кращими були гібриди 'БЦЧС 57', 'Герой', 'Софія' та 'Ромул'. За застосування мінерального удобрення в дозі  $N_{150}P_{150}K_{150}$  вони забезпечили 70,8; 69,9; 70,8; 72,3 т/га коренеплодів, а за внесення  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 72,9; 72,0; 72,9 та 74,5 т/га відповідно.

Застосування підвищеної норми мінерального живлення  $N_{300}P_{300}K_{300}$  за обох кращих строків збирання коренеплодів буряків цукрових не забезпечувало формування прибавки врожаю, здатної окупити додаткове мінеральне живлення, порівняно з нормою  $N_{150}P_{150}K_{150}$ .

За вмістом цукру в коренеплодах буряків цукрових за збирання в третій декаді вересня кращими були наступні гібриди: 'Герой' – 21,4%, 'Софія' – 21,8%, 'Український ЧС72' – 21,3% та 'Ромул' – 21,4%. За умови збирання в третю декаду жовтня максимальний вміст цукру в коренеплодах був у гібридів: 'Софія' – 22,0 % та 'Уманський' – 21,9%. Такі гібриди як 'Булава', 'Ольжич', 'Український ЧС72' та 'Ромул' мали підвищені показники цукристості – на рівні 21,5%.

Застосування мінерального удобрення з нормою  $N_{150}P_{150}K_{150}$  призвело до зменшення цукристості коренеплодів приблизно на 1,3–1,5% порівняно з неудобреними контрольними варіантами.

А внесення збільшеної дози мінерального живлення  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – на 2,2–2,5%. Така реакція рослин викликана достатнім рівнем забезпечення ґрунту сполуками мінерального живлення.

### Використана література

1. Роїк М. В., Корнієєва М. О. Екологічна стабільність і пластичність перспективних гібридів цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2017. № 3. С. 4–8.
2. Роїк М. В., Сінченко В. М. Біоадаптивна ресурсощадна технологія вирощування цукрових буряків. Вінниця : Нілан ЛТД, 2015. С. 29–31.
3. Тютюнов С. И., Шаповалов Н. К., Солнцев П. И. Эффективность интенсификации технологий возделывания сахарной свеклы. *Сахарная свекла*. 2014. № 9. С. 36–37.
4. Савчук К. А. Ефективність локального внесення мінеральних добрив під цукрові буряки. *Цукрові буряки*. 2006. № 3. С. 13–20.
5. Ященко Л. А. Агрохімічне обґрунтування підвищення продуктивності цукрових буряків на лучно чорноземному карбонатному ґрунті Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с. г. наук : спец. 06.01.04 «Агрохімія» / Нац. аграр. ун т. Київ, 2003. 19 с.
6. Гуреев И. И. Последствия нарушения агротехники в свекловодстве. *Сахарная свекла*. 2014. № 2. С. 24–27.
7. Минакова О. А., Путилина Л. Н., Тамбовцева Л. В. и др. Влияние применения удобрений в основном внесении и подкормку на продуктивность, и технологические качества сахарной свеклы. *Сахарная свекла*. 2016. № 7. С. 12–16.
8. Карпук Л. М., Присяжнюк О. І. Математичні моделі росту та розвитку цукрових буряків залежно від кліматичних факторів. *Цукрові буряки*. 2014. № 6. С. 13–15.
9. Цвей Я. П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін. Київ : Компринт, 2014. 416 с.
10. Исламгулов Д. Р., Бакирова А. У. Продуктивность и технологические качества сахарной свеклы при различных сроках уборки. *Сахарная свекла*. 2017. № 6. С. 14–17.
11. Методи проведення досліджень у буряківництві / за ред. М. В. Роїка, Н. Г. Гізбулліна. Київ : ФОРМ Корзун Д. Ю., 2014. 373 с.
12. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.
13. Костин В. И., Исаев Ю. М., Ошкин В. А. Влияние мелассообразующих веществ на содержание сахара и доброкачественность сока. *Сахарная свекла*. 2017. № 7. С. 26–28.
14. Цвей Я. П., Ременюк Ю. О., Гончарук Г. С., Назаренко Г. І. Технологічні якості коренеплодів цукрових буряків залежно від особливостей агротехніки. *Наук. праці Ін-ту цукрових буряків*. 2010. Вип. 11. С. 276–280.
15. Tsialtas J. T., Maslaris N. Effect of N fertilization on sugar yield and non sugars impurities of sugar beet (*Beta vulgaris*) grown under Mediterranean conditions. *J. Agron. Crop Sci.* 2005. Vol. 191, Iss. 5. P. 330–339. doi: 10.1111/j.1439-037X.2005.00161.x
16. Іваніна В. В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах. Київ : Компринт, 2016. 328 с.
17. Dutton J., Huijbregts T. Root quality and processing. *Sugar beet* / A. P. Draycott (Ed.). Oxford, UK : Blackwell Publ., 2006. P. 409–442. doi: 10.1002/9780470751114.ch16

### References

1. Roik, M. V., & Kornieieva, M. O. (2017). Ecological stability and plasticity of promising sugar beet hybrids. *Saharnaâ svekla* [Sugar Beet], 3, 4–8. [in Russian]
2. Roik, M. V., & Sinchenko, V. M. (2015). *Bioadaptivna resursooshchadna tekhnolohiia vyroshchuvannia tsukrovyykh buriakiv* [Bioadaptive resource saving technology of sugar beet cultivation] (pp. 29–31). Vinnytsia: Nilan LTD. [in Ukrainian]
3. Tyutyunov, S. I. (2014). The effectiveness of the intensification of cultivation technologies sugar beets. *Saharnaâ svekla* [Sugar Beet], 9, 36–37. [in Russian]



4. Savchuk, K. A. (2006). Effectiveness of local application of mineral fertilizers under sugar beet. *Tsukrovi buriaky* [Sugar Beet], 3, 13–20. [in Ukrainian]
5. Yashchenko, L. A. (2003). *Ahrokhimichne obgruntuvannya pidvyshchennia produktyvnosti tsukrovoykh buriakiv na luchno chornozemnomu karbonatnomu grunti Lisostepu Ukrainy* [Agrochemical substantiation of increase of sugar beet productivity on meadow chernozem carbonate soil of the forest steppe of Ukraine] (Extended Abstract of Cand. Agric. Sci. Diss.). National Agrarian University, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
6. Gureev, I. I. (2014). Consequences of infringement of farming in the beet. *Saharnaâ svekla* [Sugar Beet], 2, 24–27. [in Russian]
7. Minakova, O. A., Putilina, L. N., Tambovtseva, L. V., Aleksandrova, L. V., & Lazutina, N. A. (2016). Influence of use of fertilizers in the main entering and into top dressing on productivity and technological qualities of sugar beet. *Saharnaâ svekla* [Sugar beet], 7, 12–16. [in Russian]
8. Karpuk, L. M., & Prysiazhniuk, O. I. (2014). Mathematical models of sugar beet growth and development depending on climatic factors. *Tsukrovi buriaky* [Sugar Beet], 6, 13–15. [in Ukrainian]
9. Tsvei, Ya. P. (2014). *Rodiuchist gruntiv i produktyvnist sivozmin* [Soil fertility and crop rotation productivity]. Kyiv: Kompynt. [in Ukrainian]
10. Islamgulov, D. R., & Bakirova, A. U. (2017). Productivity and technological quality of sugar beet roots at different harvest time. *Saharnaâ svekla* [Sugar Beet], 6, 14–17. [in Russian]
11. Roik, M. V., & Hizbullin, N. H. (Eds.). *Metodyky provedennia doslidzhen u buriakivnytstvi* [Methods of research in sugar beet]. Kyiv: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
12. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6.0* [Statistical analysis of agronomic research data in package Statistica 6.0]. Kyiv: PolyhraphConsaltyng. [in Ukrainian]
13. Kostin, V. I., Isaev, Yu. M., & Oshkin, V. A. (2017). Dependence of sugar and juice purity content on the amount of molassigenic substances. *Saharnaâ svekla* [Sugar beet], 7, 26–28. [in Russian]
14. Tsvei, Ya. P., Remeniuk, Yu. O., Honcharuk, H. S., & Nazarenko, H. I. (2010). Technological qualities of sugar beet roots depending on the characteristics of agricultural machinery. *Nauk. praci Inst. bioenerg. kult. cukrov. burâkmv* [Scientific papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 11, 276–280. [in Ukrainian]
15. Tsialtas, J. T., & Maslaris, N. (2005). Effect of N fertilization on sugar yield and non sugars impurities of sugar beet (*Beta vulgaris*) grown under Mediterranean conditions. *J. Agron. Crop Sci.*, 191(5), 330–339. doi: 10.1111/j.1439 037X.2005.00161.x
16. Ivanina, V. V. (2016). *Biologizatsiia udobrennia kultur u sivozminakh* [Biologization of fertilization of crops in crop rotation]. Kyiv: Kompynt. [in Ukrainian]
17. Dutton, J., & Huijbregts, T. (2006). Root quality and processing. In A. P. Draycott (Ed.), *Sugar beet* (pp. 409–442). Oxford, UK: Blackwell Publ. doi: 10.1002/9780470751114.ch16

УДК 633.63

**Конюк Н. О.** Особенности формирования продуктивности гибридов сахарной свеклы // Plant Varieties Studying and Protection. 2019. Т. 15, № 4. С. 390–402. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.189691](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.189691)

*Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, e-mail: nadiyakonouk@ukr.net*

**Цель.** Установить особенности формирования продуктивности гибридов сахарной свеклы в зависимости от вариантов удобрения и сроков уборки. **Методы.** Полевые, лабораторные. **Результаты.** Биологические различия в росте и развитии, и формировании массы корнеплодов позволили высокопродуктивным гибридам реагировать на применение дополнительного минерального питания должным образом, а потому на удобренных вариантах были также получены высокие показатели продуктивности. При уборке корнеплодов в сентябре гибрид ‘Ромул’ на контрольном варианте сформировал 54,0 т/га корнеплодов, а при удобрении  $N_{150}P_{150}K_{150}$  – 72,0 и  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 74,2 т/га. Задержка с уборкой не привела к существенному увеличению уровня продуктивности исследуемых гибридов сахарной свеклы. Так, на третью декаду октября сахарная свекла в среднем сформировала 48,8–67,9 т/га корнеплодов, а в корнеплодах в среднем было 18,3–20,7% сахара. Лучшие показатели обеспечивал гибрид ‘Софія’ – на контроле сахаристость была 22,0%, а при удобрении  $N_{150}P_{150}K_{150}$  – 20,5% и  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 19,5%. Применение удобрения  $N_{150}P_{150}K_{150}$  и  $N_{300}P_{300}K_{300}$  способствовало получению большей урожайности корнеплодов с меньшей сахаристостью, что соответствовало данным, полученным другими учеными. **Выводы.** При уборке в третьей декаде

сентября и при удобрении  $N_{150}P_{150}K_{150}$  гибриды формировали: ‘БЦЧС 57’ – 66,8, ‘Герой’ – 66,2, ‘Ромул’ – 72,0, ‘Кварта’ – 66,0 т/га корнеплодов, при удобрении в дозе  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 68,8; 68,1; 74,2 и 68,0 т/га соответственно. Доказано, что при сборе в третьей декаде октября лучшими были ‘БЦЧС 57’, ‘Герой’, ‘Софія’ и ‘Ромул’. Кроме того, внесение нормы минерального питания  $N_{300}P_{300}K_{300}$  не обеспечивало формирование прибавки урожая, способной окупить дополнительное минеральное питание по сравнению с нормой  $N_{150}P_{150}K_{150}$ . По содержанию сахара в корнеплодах сахарной свеклы при уборке в третьей декаде сентября лучшими были следующие гибриды: ‘Герой’ – 21,4%, ‘Софія’ – 21,8%, ‘Український ЧС72’ – 21,3% и ‘Ромул’ – 21,4%, а в третьей декаде октября максимальный уровень содержания сахара в корнеплодах был у гибридов: ‘Софія’ – 22,0% и ‘Уманський’ – 21,9%. Применение минерального удобрения приводило к уменьшению сахаристости корнеплодов примерно на 1,3–2,5% по сравнению с неудобренными контрольными вариантами. Такая реакция растений вызвана достаточным уровнем обеспечения почвы соединениями минерального питания.

**Ключевые слова:** сахарная свекла; норма удобрений; сроки уборки; урожайность корнеплодов; сахаристость; содержание сухого вещества.

UDC 633.63

**Kononiuk, N. O.** (2019). Features of the formation of sugar beet hybrids productivity. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 390–402. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.189691](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.189691)

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, e mail: nadiyakononuk@ukr.net*

**Purpose.** To reveal the features of the formation of sugar beet hybrids productivity depending on fertilizer options and harvesting time. **Methods.** Field, laboratory. **Results.** Biological differences in the growth and development and the mass of root crops formation allowed high yielding hybrids to respond to the use of supplemental mineral nutrition properly, and therefore, high productivity rates were also obtained on fertilized variants. When harvesting root crops in September, the 'Romul' hybrid in the control variant formed 54.0 t/ha of root crops, and with fertilizer  $N_{150}P_{150}K_{150}$  and  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 74.2 t/ha. The delay in harvesting did not lead to a significant increase in the productivity of the investigated sugar beet hybrids. Thus, in the third decade of October, sugar beets on average formed 48.8–67.9 t/ha of root crops, and root crops had an average of 18.3–20.7% sugar. The best performance was provided by the hybrid 'Sofiiia', so the control sugar content was 22.0%, and with the fertilizer  $N_{150}P_{150}K_{150}$  – 20.5% and  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 19.5%. The use of fertilizers  $N_{150}P_{150}K_{150}$  and  $N_{300}P_{300}K_{300}$  contributed to higher yields of root crops with lower sugar content, which corresponded to data obtained by other scientists. **Conclusions.** When harvesting in the third decade

of September and being fertilized with  $N_{150}P_{150}K_{150}$  hybrids formed: 'BTsChS 57' – 66.8, 'Heroi' – 66.2, 'Romul' – 72.0, 'Quarta' – 66.0 t/ha of root crops, with fertilizer in a dose of  $N_{300}P_{300}K_{300}$  – 68.8; 68.1; 74.2 and 68.0 t/ha, respectively. It was proved that at the harvesting period in the third decade of October, 'BTsChS 57', 'Heroi', 'Sofiiia' and 'Romul' were the best. In addition, the introduction of the mineral nutrition in dose  $N_{300}P_{300}K_{300}$  did not provide a yield increase that could recoup additional mineral nutrition compared to the dose  $N_{150}P_{150}K_{150}$ . In terms of sugar content of the sugar beet root crops, the hybrids 'Heroi' – 21.4%, 'Sofiiia' – 21.8%, 'Ukrainskyi ChS72' – 21.3% and 'Romul' – 21.4% were the best at harvesting in the third decade of September; and in the third decade of October the maximum level of sugar content in root crops was in hybrids 'Sofiiia' – 22.0% and 'Umanskyi' – 21.9%. The use of mineral fertilizers led to a decrease in the sugar content in roots by about 1.3–2.5% compared with *unfertilized* control options. Such a reaction of plants is caused by a sufficient level of soil supply with mineral nutrition compounds.

**Keywords:** sugar beet; fertilizer rate; harvesting time; root crop yield; sugar content; dry matter content.

*Надійшла / Received 20.12.2019*

*Погоджено до друку / Accepted 24.12.2019*

# Активізація росту та розвитку буряків цукрових на мікростадіях 00–09 за внесення добрив з нанорозмірними елементами

Н. В. Новицька<sup>1</sup>, С. М. Каленська<sup>1\*</sup>, О. І. Присяжнюк<sup>2,3</sup>, В. В. Мельниченко<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, \*e mail: [svitlana.kalenska@gmail.com](mailto:svitlana.kalenska@gmail.com)

<sup>2</sup>Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e mail: [ollpris@gmail.com](mailto:ollpris@gmail.com)

<sup>3</sup>Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна

<sup>4</sup>ТОВ «Авіасон Девелормент», вул. акад. Глушкова, 31 А, м. Київ, Україна

**Мета.** Пошук шляхів активізації проростання насіння буряків цукрових, отримання дружніх, синхронних сходів шляхом застосування композицій добрив з нанорозмірними елементами. **Методи.** Вегетаційний та лабораторний. Насіння буряків цукрових висівали в підготовлений посуд з ґрунтом з дотриманням вимог методик до вегетаційних дослідів. Добрива вносили у вигляді розчинів з різним їхнім співвідношенням відповідно до шести мікростадій. **Результати.** На 01 мікростадії за шкалою ВВСН (через 1<sup>30</sup> години після сівби) було відмічено збільшення маси плодів буряків в усіх варіантах – в контрольному варіанті на 9,78%; за внесення нанодобрив – 20,4–23,7%. Діаметр плодів змінювався аналогічно змінам маси: в контрольному варіанті зміна діаметру становила 4,95%; у варіантах з внесенням нанодобрив 9,56–13,9%. За різних схем внесення добрив відмічали зміни як у швидкості формування органів паростків, так і їхніх лінійних розмірів. Довжина зародкового корінця на 05 мікростадії за рівномірного внесення підвищених норм цинку і фосфору, через 40 годин після сівби, складала 0,540–2,671 мм. За інших комбінацій добрив появу зародкового корінця було відмічено лише через 44 години після сівби. Через 60 годин після сівби (07 мікростадія шкали ВВСН) відмічався повний вихід сім'ядолей з гнізда клубочка за внесенням нанохелатних мікродобрив та лише початок виходу сім'ядолей в контрольному варіанті. За рахунок інтенсивніших процесів набубнявіння та проростання відбувалося прискорення росту колеоптиле буряків цукрових. **Висновки.** Рівномірне за забезпечення насіння цинком і особливо фосфором на фоні базового комплексного добрива з нанорозмірними елементами сприяло активізації проростання насіння та інтенсивному формуванню синхронно розвинутих паростків. У середньому на 4 години прискорювалось відкриття кришечки плоду і поява кореня; на 6 годин раніше відбувався вихід сім'ядолей. За внесення нанохелатних добрив ріст кореня та видовження гіпокотила на перших мікростадіях проростання плодів буряка цукрового прискорювався вдвічі, за рахунок чого сходи буряків цукрових з'являлися на 4–6 годин раніше. Нанохелатні мікродобрива, сприяючи дружньому та синхронному проростанню, розвитку проростків буряків цукрових забезпечували синхронну появу сходів та формування заданої густоти посіву без подальшої редукції рослин.

**Ключові слова:** маса та діаметр плоду; ріст і розвиток за шкалою ВВСН; проростання насіння; лінійні розміри первинних корінців; нанодобрива.

## Вступ

Нанопрепарати, впливаючи на складно організовані в генетичному відношенні конструкції рослинного організму сучасних сортів і гібридів сільськогосподарських культур через комплексні зміни протікання фізіологічних і біохімічних процесів й реалізації їхнього генетичного потенціалу в умовах постійно діючих абіотичних і біотичних чинників, сприяють забезпеченню рослинного організму енергетичними та адаптивними ресурсами [1, 2].

За застосування нанорозмірних макро- та мікроелементів відбувається активізація продукційного процесу за рахунок активізації та зростання продуктивності фотосинтезу, імунокорекції, регуляції росту та антистрессової дії, фітопатогенної стійкості та бактеріцидної дії тощо [3, 4, 5]. Нанопрепарати в технологіях вирощування сільськогосподарських культур обумовлюють отримання стабільно високої врожайності за використання суттєво менших норм добрив і зростання ефективності засвоювання елементів живлення [6–8].

Для реалізації біологічного потенціалу сучасних сортів важливе значення мають посівні якості насіння – сукупність ознак, що характеризують придатність насіння до сівби – енергія проростання, схожість насіння та інші критерії [9–12].

Оскільки насіння буряків цукрових містить відносно мало поживних речовин, про-

Nataliia Novytska  
<https://orcid.org/0000.0002.7645.4151>  
Svitlana Kalenska  
<https://orcid.org/0000.0002.3392.837X>  
Oleh Prysiazhniuk  
<http://orcid.org/0000.0002.4639.424X>  
Vadym Melnychenko  
<https://orcid.org/0000.0002.8584.4119>

цес проростання до появи асимілюючих листків повинен протікати швидко [9]. За уповільнення цих процесів поживні речовини можуть вичерпуватися до появи сходів, що викликає зрідженість посівів унаслідок низької польової схожості. До відкриття «кришечки» плодів доступ вологи і кисню до паростка регулюється так званою базальною порою. У фазі проростання і появи сходів цукрові буряки дуже чутливі до несприятливих зовнішніх чинників [9]. Паростки дуже чутливі до хвороб і шкідників, посухи, перезволоження, високої концентрації солей у ґрунтовому розчині [8].

На початку вегетації, коли лише формується коренева система, необхідно, щоб в ґрунті в зоні коренів містилася достатня кількість доступних елементів живлення [13]. Нестача елементів живлення у цей період затримує ріст і розвиток рослин, що в подальшому обумовлює зниження рівня урожайності та якості коренеплодів. У той же час, паростки дуже чутливі до підвищеної концентрації солей у верхньому шарі ґрунту – може спостерігатися ефект токсичності, що проявляється через появу недорозвинутих паростків і в подальшому формуються зріджені посіви зі слабкими рослинами, особливо на легких і бідних гумусом ґрунтах, які мають низьку сорбційну здатність [13, 14].

За вирощування буряків цукрових передпосівний обробіток ґрунту проводять на глибину загортання насіння і на таку саму глибину переважно вносять й добрива, підвищуючи концентрацію солей в ґрунті в зоні розміщення насіння. Крім того, скорочується час між внесенням добрив і сівбою, що зменшує тривалість реакції між ґрунтовими колоїдами і поживними солями, підвищуючи небезпеку їхньої токсичної дії на молоді рослини. У зв'язку з цим набуває актуальності пошук та застосування нових форм добрив і способів підготовки насіння до сівби [10, 15].

Мета досліджень полягала в пошуку шляхів активізації проростання насіння буряків цукрових, отримання дружних, синхронних сходів шляхом застосування композицій добрив з нанорозмірними елементами живлення.

### Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводились у навчально-науковій лабораторії «Якості насіння та садивного матеріалу» та в науково-дослідній лабораторії «Аналітичні дослідження в рослинництві» кафедри рослинництва Національ-

ного університету біоресурсів і природокористування України.

Дослідження з нанохелатними добривами (дослід 1) проводили в умовах лабораторії, з використанням різних співвідношень трьох видів добрив: Nano Chelate Fertilizer Super Micro Plus (*NCF SMP*); Nano Chelate Fertilizer Zink, 20% (*NCF Zn*); Nano Chelate Fertilizer Phosphorus, 25% (*NCF P*).

Концентрація діючої речовини в *NCF SMP* (нанохелатне добриво супер мікро плюс) складає: Fe – 4,5%; Zn – 8%; Mn – 0,8%; K – 3%; Mg – 6%; Cu – 0,65%; N – 5%; P – 3%; Mo – 0,1%; Ca – 6%; B – 0,65%. Концентрація діючої речовини в *NCF Zn*, 20% така: N – 5%; Zn – 20%, а в *NCF P*, 25%: P – 25% ( $P_2O_5$  – 65% від загального вмісту).

Схемою проведення досліджень з метою встановлення оптимального співвідношення добрив (грам/літр) передбачалося шестикратне поетапне внесення добрив впродовж макростадії 0 (табл. 1).

Така схема була вибрана з метою встановлення оптимального співвідношення мікроелементів на початкових мікростадіях розвитку буряків цукрових. У варіанті 1 всі види добрив вносили в усі шість прийомів і, зокрема, на перших мікростадіях вносили більшу частину цинку (64%), а фосфор – рівномірно із зростаючою нормою в середині макростадії.

Таблиця 1

Схема сумарного внесення видів добрив, г/л (дослід 1)

Варіант	<i>NCF SMP</i>	<i>NCF Zn</i>	<i>NCF P</i>
Варіант 1	7	11	13
Варіант 2	9	8	8
Варіант 3	8	12	7
Контроль – без внесення			

У другому варіанті комбінації форм добрив була зростаюча норма *NCF SMP*, зменшена норма *NCF Zn*, та рівномірне внесення *NCF P*. У третьому варіанті комбінацій добрив у першій половині макростадії вносили всю норму цинку, а в другій половині – всю норму фосфору. Насіння висівали на глибину 3 см в ємкості з ґрунтом (6 кг ґрунту). Повторність шестиразова.

Закладали одночасно ще один дослід з метою фіксації настання мікростадій росту та розвитку насіння (дослід 2). У цьому досліді насіння висівали в посуд з об'ємом 150 грамів ґрунту.

Температура повітря в приміщенні де прощувалось насіння вдень була 23–24 °С; вночі – 14–15 °С. Вологість ґрунту складала 80% НВ. Дослідження передбачали визна-

чення: часового інтервалу настання мікростадій за шкалою ВВСН, маси й діаметру насіння. Насіння буряків цукрових попередньо промивали під проточною холодною водою відповідно до діючих стандартів [5].

Закладання дослідів й обліки проводили відповідно до вітчизняних та міжнародних стандартів і правил, а також офіційних методик [17, 18, 19, 20, 21].

### Результати досліджень

На початкових етапах дослідження проводили визначення тривалості мікростадій макростадії 0 відповідно до уніфікованої шкали ВВСН. Було встановлено швидкість процесів розвитку насіння на ранніх мікростадіях розвитку. Загальна тривалість проростання насіння за сприятливих умов склала 76 годин (табл. 2).

Таблиця 2

#### Хронологія мікростадій макростадії 0 шкали ВВСН росту та розвитку буряків цукрових (дослід 2)

Мікростадія за шкалою ВВСН	Опис процесів, які відбуваються за проходження мікростадії	Настання мікростадій, годин після сівби
00	Сухі плоди (коробочки або горішки)	–
01	Набубнявління – початок поглинання води насінням	1,5–2,0
03	Кінець набубнявління плодів: кришечка відкрита	20–24
05	Поява зародкового корінця	40–44
07	Вихід сім'ядолей	60–64
09	Сходи, поява сім'ядолей на поверхні ґрунту	72–76

Для встановлення динаміки розвитку плодів буряків цукрових проводили обліки – знімали заміри насінини та паростків у п'ять етапів.

На першому етапі обліку – 01 мікростадія ВВСН (через 1<sup>30</sup> години після сівби) було відмічено збільшення маси плодів буряків в

усіх варіантах, а за внесення мікродобрив процеси обміну в насінні відбувалися інтенсивніше. Так, у контрольному варіанті зміна ваги плодів у середньому становила 9,78%; у варіанті 1 – 23,7; варіанті 2 – 21,1; варіанті 3 – 20,4% (табл. 3).

Діаметр плодів змінювався аналогічно змінам маси: у контрольному варіанті зміна діаметра плодів у середньому становила 4,95%; у варіанті 1 – 13,9%; варіанті 2 – 10,3%; варіанті 3 – 9,56% (табл. 4).

На другому етапі обліку – 03 мікростадія ВВСН (кінець набубнявління плодів, кришечка відкрита), відкриту кришечку плодів у варіанті 1 відмічено через 20 годин після сівби, тоді як у плодів буряків цукрових в інших варіантах відкриття кришечки відмічено не раніше, ніж через 24 години після сівби, що свідчить про значне прискорення ростових процесів за внесення нанохелатних добрив у комбінації з вищим вмістом цинку і фосфору. Висота відкритої щілини плоду становила від 0,085 мм до 0,175 мм.

Середня маса плодів буряків цукрових на II етапі досліджень (табл. 3) у контрольному варіанті збільшувалася на 8,56% порівняно з масою на мікростадії 01 і на 18,9% відносно ваги сухого насіння (мікростадія 00); у варіанті 1 композиції нанохелатних мікродобрив – на 10,5 та 36,4%; у варіанті 2 – 4,17 та 26,1; у варіанті 3 – на 4,69 та 25,8% відповідно. Подібну залежність встановлено і за вимірювання діаметра плодів: збільшення розмірів горішків буряків у контрольному варіанті становило 4,55% відносно розмірів на мікростадії 01 ВВСН і на 9,70% відносно сухого насіння; у варіанті 1 – на 13,1 та 28,8%; варіанті 2 – 5,16 та 16,1%; варіанті 3 – на 10,3 та 20,7% відповідно.

Третій етап обліку відповідав 05 мікростадії ВВСН і вимірювання проводили за появи зародкового корінця та поступового зниження інтенсивності зміни маси плодів. За внесення нанохелатних мікродобрив за схемою

Таблиця 3

#### Маса плоду буряків цукрових, залежно від мікростадії проростання

Варіант	Мікростадія за шкалою ВВСН											
	00 <sup>1</sup>			01 <sup>2</sup>			03 <sup>3</sup>			05 <sup>4</sup>		
	г	г	% до 00	г	г	% до 01	г	г	% до 03	г	г	% до 00
К	0,017	0,018	9,78	0,020	0,020	8,56	0,021	0,021	6,31	0,021	0,021	26,4
1	0,016	0,020	23,6	0,022	0,022	10,5	0,023	0,023	5,05	0,023	0,023	43,2
2	0,016	0,019	21,1	0,020	0,020	4,17	0,021	0,021	3,45	0,021	0,021	30,4
3	0,015	0,019	20,4	0,019	0,019	4,69	0,022	0,022	11,8	0,022	0,022	40,3
НІР <sub>0,05</sub>	0,001	0,001	–	0,001	0,001	–	0,001	0,001	–	0,001	0,001	–

Примітка: <sup>1</sup> – сухі плоди; <sup>2</sup> – початок поглинання води, через 1<sup>30</sup> години після сівби; <sup>3</sup> – кінець набубнявління – кришечка відкрита, через 22 години після сівби; <sup>4</sup> – поява зародкового корінця, через 44 години після сівби.

Таблиця 4

## Діаметр плоду залежно від мікростадії розвитку

Варіант	Мікростадія за шкалою ВВСН					
	00 <sup>1</sup>		01 <sup>2</sup>		03 <sup>3</sup>	
	мм	мм	% до 00	мм	% до 01	% до 00
К	3,40	3,57	4,95	3,73	4,55	9,70
1	3,20	3,65	13,9	4,06	13,1	28,8
2	3,21	4,53	10,3	3,71	5,16	16,1
3	3,28	3,60	9,56	3,95	10,3	20,7
НР <sub>0,05</sub>	0,09	0,08	–	0,09	–	–

варіанта 1 маса плодів суттєво (23,6%) збільшувалася на 01 мікростадії ВВСН (1 етап обліку): дещо менше – 10,5% на 03 мікростадії ВВСН (2 етап обліку) і лише до 5,05% на 3 етапі обліку відносно маси з попереднього етапу обліку.

Подібну закономірність відмічено і за внесення добрив за схемою варіанта 2. Маса плодів на 01 мікростадії ВВСН збільшувалася на 21,1%; на 4,17% на 03 мікростадії ВВСН; на 3,45% на 05 мікростадії ВВСН відносно маси попереднього етапу проведення обліків. Отримані дані свідчать також про суттєве прискорення процесів набубнявіння, наклювання і переходу до проростання на даних варіантах дослідів на відміну від контролю, де маса плодів на всіх етапах підрахунків змінювалася меншою мірою – 9,78% на 01 мікростадії ВВСН; 8,56% на 03 мікростадії ВВСН та 6,31% на 05 мікростадії ВВСН.

Дещо по іншому відбувався процес зміни маси плодів буряків цукрових за внесення добрив за схемою варіанту 3: інтенсивне наростання маси на 01 мікростадії – 21,1%; лише на 4,69% на 03 мікростадії; та до 11,8% на 05 мікростадії відносно попередньої маси. У цілому приріст маси плодів до 05 мікростадії ВВСН за внесення нанохелатних мікродобрив був досить суттєвим і становив: 43,2% (1 варіант); 30,4% (2 варіант); 40,3% (3 варіант) за 26,4% – у контрольному варіанті.

За різних схем внесення добрив відмічали зміни як у швидкості формування органів паростків, так і їхніх лінійних розмірів. Довжина зародкового корінця на 05 мікростадії за схеми внесення варіанту 1 через 40 годин після сівби була від 0,540 до 2,671 мм. В усіх інших варіантах дослідів на 05 мікростадії ВВСН появу зародкового корінця відмічено лише через 44 години після сівби. Так, у контрольному варіанті з шести повторень корінець довжиною 1,591 мм відмічено лише в одного плоду; у варіанті 2 – у двох плодів з довжиною 0,313 та 0,745 мм відповідно. У варіанті 3 через 44 години після сівби ще закінчувалося набубнявіння пло-

дів (03 ВВСН) і в них лише була відкрита кришечка.

Далі тривав активний ріст зародкового корінця. Інтенсивніше ріст зародкового корінця відбувався за комбінації внесених елементів у варіанті 1.

Четвертий етап обліку проводили на 07 мікростадії ВВСН. Через 60 годин після сівби було відмічено повний вихід сім'ядолей з гнізда клубочка у варіантах дослідів з внесенням нанохелатних мікродобрив (варіанти 1–3) та лише початок виходу сім'ядолей – у контрольному варіанті (рис. 1). За рахунок інтенсивніших процесів набубнявіння та проростання на перших мікростадіях відбувається прискорення росту первинного корінця буряків цукрових і в подальшому. На 07 мікростадії ВВСН середня довжина корінця в контрольному варіанті становила 1,5 см; у варіанті 1 – 3,3 см або перевищувала контроль на 120%; варіанті 2 – 2,8 см або на 87%; варіанті 3 – 2,5 см або на 67%. Довжина гіпокотилля при цьому досягала 0,7 см у контрольному варіанті, у варіанті 1 – 1,5 см; варіанті 2 – 1,1 см; варіанті 3 – 0,9 см.

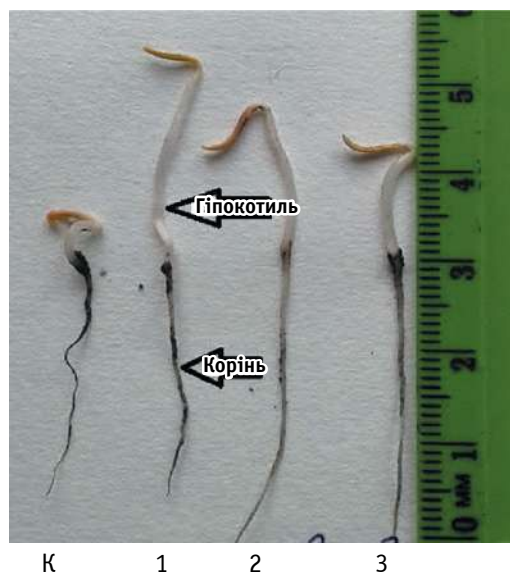


Рис. 1. Розвиток кореневої системи та паростків буряків цукрових, 07 ВВСН

Примітка. К – контроль, варіант 1, варіант 2, варіант 3.

Повний вихід сім'ядолей з гнізда клубочка в контрольному варіанті відмічено через 66 годин після сівби. У варіантах з внесенням нанохелатних мікродобрив спостерігалось видовження гіпокотилля від 1,2 см (варіант 3) до 2,5 см (варіант 1). У цей час довжина кореня за внесення добрив сягала 4,0–4,5 см у варіантах 1–3 дослідів та 2,0–2,5 см – у контрольному варіанті.

Також на етапі виходу сім'ядолей встановлено візуальну різницю щодо розвитку паростків у контрольному варіанті та у варіантах з внесенням нанохелатних мікродобрив. У варіанті 1 відмічено дружний, синхронний розвиток плодів в усіх шести повтореннях і середня довжина кореня становила вже 4–5 см.

На п'ятому етапі обліку (мікростадія 09 ВВСН) встановлено, що за внесення нанохелатних мікродобрив (варіанти 1–3) сходи на поверхні ґрунту з'являлися через 70–72 години; в контрольному варіанті – через 76 годин.

### Висновки

Рівномірне забезпечення насіння цинком і, особливо, фосфором на фоні базового комплексного добрива з нанорозмірними елементами сприяло активації його проростання та інтенсивному формуванню синхронно розвинутих паростків. У середньому на 4 години прискорювало відкриття кришечки плоду і появу колеоптиля; на 6 годин раніше відбувався вихід сім'ядолей.

За внесення нанохелатних добрив ріст кореня та видовження гіпокотила на перших мікростадіях проростання плодів буряка цукрового прискорювали вдвічі, за рахунок чого сходи буряків цукрових з'являлися на 4–6 годин раніше.

Нанохелатні мікродобрива, сприяючи дружньому та синхронному проростанню, розвитку проростків буряків цукрових забезпечували рівномірну появу сходів і формування заданої густоти посіву без подальшої редукції рослин.

### Використана література

- Corradini E., Moura M. R., Mattoso L. K. Preliminary Study of the Incorporation of NPK Fertilizer into Chitosan Nanoparticles. *eXPRESS Polym. Lett.* 2010. Vol. 4, Iss. 8. P. 509–515. doi: 10.3144/expresspolymlett.2010.64
- Tiwari D. K., Dasgupta Schubert N., Villaseñor Cendejas L. M. et al. Interfacing carbon nanotubes (CNT) with plants: enhancement of growth, water and ionic nutrient uptake in maize (*Zea mays*) and implications for nanoagriculture. *Appl. Nanosci.* 2013. Vol. 4, Iss. 5. P. 577–591. doi: 10.1007/s13204 013 0236 7
- Naderi M. R., Danesh Shahraki A. Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture. *Int. J. Agric. Crop Sci.* 2013. Vol. 5, Iss. 19. P. 2229–2232.
- Prittesh K., Heena B., Rutvi B. et al. Synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Withania somnifera* and anti fungal effect against *Fusarium solani*. *Int. J. Plant Soil Sci.* 2018. Vol. 25, Iss. 5. P. 1–6. doi: 10.9734/IJPSS/2018/45460
- Rastogi A., Zivcak M., Sytar O. et al. Impact of metal and metal oxide nanoparticles on plant: a critical review. *Front. Chem.* 2017. Vol. 5. Art. 78. doi: 10.3389/fchem.2017.00078
- El Bendary H. M., El Helaly A. A. First record nanotechnology in agricultural: Silica nanoparticles a potential new insecticide for pest control. *Appl. Sci. Report.* 2013. Vol. 4, Iss. 3. P. 241–246.

- Malik S., Kumar A. Approach for nano particle synthesis: using as nano fertilizer. *Int. J. Pharm. Res. Biosci.* 2014. Vol. 3, Iss. 3. P. 519–527.
- Chinnamuthu C. R., Murugesu Boopathi P. Nanotechnology and Agroecosystem. *Madras Agric. J.* 2009. Vol. 96, Iss. 1–6. P. 17–31.
- Frese L., Desprez B., Ziegler D. et al. Potential of genetic resources and breeding strategies for base broadening in *Beta. Broadening the Genetic Base of Crop Production* / H. D. Cooper, C. Spillane, T. Hodgkin (Eds.). Rome : CABI Publ., 2001. P. 295–309. doi: 10.1079/9780851994116.0295
- Prasad R., Kumar V., Prasad K. S. Nanotechnology in sustainable agriculture: Present concerns and future aspects. *Afr. J. Biotechnol.* 2014. Vol. 13, Iss. 6. P. 705–713. doi: 10.5897/AJBX2013.13554
- Савченко В. В., Синявський О. Ю., Захлюпаній О. П., Цибулько П. О. Замочування насіння сільськогосподарських культур у магнітоактивованій воді. *Енергетика і автоматика.* 2019. № 4. С. 25–31. doi: 10.31548/energiya2019.04.025
- Gardea Torresdey J. L., Parsons J. G., Gomez E. et al. Formation and growth of au nanoparticles inside live alfalfa plants. *Nano Lett.* 2002. Vol. 2, Iss. 4. P. 397–401. doi: 10.1021/nl015673+
- Srivastava A., Rao D. P. Enhancement of seed germination and plant growth of wheat, maize, peanut and garlic using multi walled carbon nanotubes. *Eur. Chem. Bull.* 2014. Vol. 3, Iss. 5. P. 502–504. doi: 10.17628/ecb.2014.3.502 504
- Preetha S. P., Balakrishnan N. A review of nano fertilizers and their use and functions in soil. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2017. Vol. 6, Iss. 12. P. 3117–3133. doi: 10.20546/ijc mas.2017.6.12.364
- Методики проведення досліджень у буряківництві / за ред. М. В. Роїка, Н. Г. Гізбулліна. Київ : ФОРМ Корзун Д. Ю., 2014. 373 с.
- Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості : ДСТУ 4138 2002. [Чинний від 2004 01 01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
- Ермантраут Е. Р., Гопцій Т. І., Каленська С. М. та ін. Методика селекційного експерименту (в рослинництві). Харків, 2014. 229 с.
- International Rules for Seed Testing / ISTA. Bassersdorf, Switzerland, 2014.
- Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості : ДСТУ 2240 93. [Чинний від 1994 07 01]. Київ : Держстандарт України, 1994. 73 с.

### References

- Corradini E., Moura M. R., & Mattoso, L. K. (2010). Preliminary Study of the Incorporation of NPK Fertilizer into Chitosan Nanoparticles. *eXPRESS Polym. Lett.*, 4(8), 509–515. doi: 10.3144/expresspolymlett.2010.64
- Tiwari, D. K., Dasgupta Schubert, N., Villaseñor Cendejas, L. M., Villegas, J., Carreto Montoya, L., & Borjas Garcha, S. E. (2013). Interfacing carbon nanotubes (CNT) with plants: enhancement of growth, water and ionic nutrient uptake in maize (*Zea mays*) and implications for nanoagriculture. *Appl. Nanosci.*, 4(19), 577–591. doi: 10.1007/s13204 013 0236 7
- Naderi, M. R., & Danesh Shahraki, A. (2013). Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture. *Int. J. Agric. Crop Sci.*, 5(19), 2229–2232.
- Prittesh, K., Heena, B., Rutvi, B., Sangeeta, J., & Krupal, M. (2018). Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using *Withania somnifera* and Antifungal Effect against *Fusarium solani*. *Int. J. Plant Soil Sci.*, 25(5), 1–6. doi: 10.3389/fchem.2017.00078
- Rastogi, A., Zivcak, M., Sytar, O., Kalaji, H. M., He, X., Mbarki, S., & Brestic, M. (2017). Impact of metal and metal oxide nanoparticles on plant: a critical review. *Front. Chem.*, 5, 78. doi: 10.3389/fchem.2017.00078
- El Bendary, H. M., & El Helaly, A. A. (2013). First record nano technology in agricultural: Silica nanoparticles a potential

- new insecticide for pest control. *Appl. Sci. Report.*, 4(3), 241–246.
8. Malik, S., & Kumar, A. (2014). Approach for nano particle synthesis: using as nano fertilizer. *Int. J. Pharm. Res. Biosci.*, 3(3), 519–527.
  9. Chinnamuthu, C. R., & Murugesu Boopathi, P. (2009). Nanotechnology and Agroecosystem. *Madras Agric. J.*, 96(1–6), 17–31.
  10. Frese, L., Desprez, B., Ziegler, D., Cooper, H.D., Spillane, C., & Hodgkin, T. (2001). Potential of genetic resources and breeding strategies for base broadening in Beta. In H. D. Cooper, C. Spillane, & T. Hodgkin (Eds.), *Broadening the Genetic Base of Crop Production* (pp. 295–309). Rome: CABI Publ.
  11. Prasad, R., Kumar, V., & Prasad, K. S. (2014). Nanotechnology in sustainable agriculture: Present concerns and future aspects. *Afr. J. Biotechnol.*, 13(6), 705–713. doi: 10.5897/AJBX2013.13554
  12. Savchenko, V., Sinyavsky, O., Zakhliupanyi, O., & Tsybulko, P. (2019). Soaking agricultural cultural seeds in magnetally activated water. *Energetika i avtomatika [Energy and Automation]*, 4, 25–31. doi: 10.31548/energiya2019.04.025
  13. Gardea Torresdey, J. G., Parsons, Gomez, E., Peralta Videa, J., Troiani, H. E., Santiago, P., & Yacamán, M. J. (2002). Formation and growth of Au nanoparticles inside live alfalfa plants. *Nano Lett.*, 2(4), 397–401. doi: 10.1021/nl015673+
  14. Srivastava, A., & Rao, D. P. (2014). Enhancement of seed germination and plant growth of wheat, maize, peanut and garlic using multiwalled carbon nanotubes. *Eur. Chem. Bull.*, 3(5), 502–504. doi: 10.17628/ecb.2014.3.502 504
  15. Preetha, S. P., & Balakrishnan, N. (2017). A review of nano fertilizers and their use and functions in soil. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 6(12), 3117–3133. doi: 10.20546/ijc mas.2017.612.364
  16. Roik, M. V., & Hizbullin, N. H. (Eds.). (2014). *Metodyky provedenia doslidzen u buriakivnytstvi [Methods of study management in sugar beet growing]*. Kyiv: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
  17. *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachannia yakosti: DSTU 4138 2002 [Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality: State Standard of Ukraine 4138 2002]*. (2003). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
  18. Ermantraut, E. R., Hoptsi, T. I., Kalenska, S. M., Kryvoruchenko, R. V., Turchynova, N. P., & Prysiachniuk, O. I. (2014). *Metodyka selektsiinoho eksperymentu (v roslynnytstvi) [Method of selection experiment (crop)]*. Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]
  19. ISTA. (2014). *International Rules for Seed Testing*. Bassersdorf, Switzerland: ISTA.
  20. *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti: DSTU 2240 93 [Seeds of agricultural crops. Variety and sowing qualities: State Standard of Ukraine 2240 93]*. (1994). Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. [in Ukrainian]

УДК 633.63:631.547:631.8 022.532

**Новицкая Н. В.<sup>1</sup>, Каленская С. М.<sup>1\*</sup>, Присяжнюк О. И.<sup>2,3</sup>, Мельниченко В. В.<sup>4</sup>** Активация роста и развития сахарной свеклы на микростадии 00–09 при внесении удобрений с наноразмерными элементами // *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 403–409. <https://doi.org/10.21498/2518 1017.15.4.2019.189419>

<sup>1</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина, e mail: svitlana.kalenska@gmail.com

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

<sup>3</sup>Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина

<sup>4</sup>ООО «Авиасон Девелормент», ул. акад. Глушкова, 31 А, г. Киев, Украина

**Цель.** Поиск путей активизации прорастания семян сахарной свеклы, получение дружных, синхронных всходов путем применения композиций удобрений с наноразмерными элементами. **Методы.** Вегетационный и лабораторный. Семена сахарной свеклы высевали в подготовленную посуду с почвой с соблюдением требований методик к вегетационным опытам. Удобрения вносили в виде растворов с различным их соотношением в соответствии к шести микростадиям. **Результаты.** На 01 микростадии по шкале ВВСН (через 130 часов после посева) было отмечено увеличение массы плодов свеклы во всех вариантах – в контрольном варианте на 9,78%; при внесении наноудобрений – 20,4–23,7%. Диаметр плодов менялся аналогично изменениям массы: в контрольном варианте изменение диаметра составило 4,95%; в вариантах с внесением наноудобрений 9,56–13,9%. При различных схемах внесения удобрений отмечали изменения как в скорости формирования органов ростков, так и их линейных размеров. Длина зародышевого корешка на 05 микростадии за равномерного внесения повышенных норм цинка и фосфора, через 40 часов после посева, составила 0,540–2,671 мм. При других комбинациях удобрений появление зародышевого корешка было отмечено только через 44 часа после посева. Через 60 часов после посева

(07 микростадия шкалы ВВСН) отмечался полный выход семядолей из гнезда клубочка при внесении нанохелатных микроудобрений и только начало выхода семядолей в контрольном варианте. За счет интенсивных процессов набухания и прорастания происходило ускорение роста первичного корешка сахарной свеклы. **Выводы.** Равномерное обеспечение семян за прорастания цинком и особенно фосфором на фоне базового комплексного удобрения с наноразмерными элементами способствовало активации прорастания семян и интенсивному формированию синхронно развитых побегов. В среднем на 4 часа ускорялось открытие крышечки плода и появление корня; на 6 часов раньше происходил выход семядолей. При внесении нанохелатных удобрений рост корня и удлинение гипокотила на первых микростадиях прорастания плодов свеклы сахарной ускорялся вдвое, за счет чего всходы сахарной свеклы появлялись на 4–6 часов раньше. Нанохелатные микроудобрения, способствуя дружескому и синхронному прорастанию, развитию проростков сахарной свеклы обеспечивали синхронное появление всходов и формирование заданной густоты посева без дальнейшей редукции растений.

**Ключевые слова:** масса и диаметр плода; рост и развитие по шкале ВВСН; прорастание семян; линейные размеры первичных корешков; наноудобрения.



UDC 633.63:631.547:631.8 022.532

**Novytska, N. V.<sup>1</sup>, Kalenska, S. M.<sup>1\*</sup>, Prysiashniuk, O. I.<sup>2,3</sup>, Melnychenko, V. V.<sup>4</sup>** Activation of growth and development of sugar beet at microstages 00–09 with application of nanoscale fertilizer elements. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 403–409. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.189419](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.189419)

<sup>1</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine,

\*e mail: [svitlana.kalenska@gmail.com](mailto:svitlana.kalenska@gmail.com)

<sup>2</sup>Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, e mail: [ollpris@gmail.com](mailto:ollpris@gmail.com)

<sup>3</sup>Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine

<sup>4</sup>Ltd "Aviason Development", 31 A acad. Glushkov St., Kyiv, Ukraine, e mail: [vad.mel@gmail.com](mailto:vad.mel@gmail.com)

**Purpose.** Finding ways to activate the germination of sugar beet seeds, obtaining even and synchronous sprouts when applying fertilizer compositions with nanoscale elements. **Methods.** Vegetation and laboratory. The seeds of sugar beet were sown in prepared utensils with soil in accordance with the requirements of the methods for vegetation experiments. Fertilizers were introduced in the form of solutions with different ratios according to six microstages. **Results.** At 01 microstage on the BBCH scale (130 hours after sowing), an increase in the mass of beet fruits in all variants was observed – in the control variant by 9.78%; in the application of nanofertilizers – 20.4–23.7%. The diameter of the fruit varied similarly to changes in mass: in the control variant, the diameter change was 4.95%; in variants with application of nanofertilizers – 9.56–13.9%. Changes in the rate of sprout organs formation and their linear dimensions were noted in the various fertilization schemes. The length of the embryonic root at 05 microstage with uniform introduction of high norms of zinc and phosphorus, after 40 hours after sowing, was 0.540–2.671 mm. For other fertilizer combinations, the appearance of the germ root was noted only 44 hours after sowing. In 60 hours after sowing (07 microstage on the BBCH scale) there was a complete exit of cotyledons

from the socket of the cluster with the introduction of nano chelate microfertilizers and only the beginning of the exit of cotyledons in the control variant. Due to the intensive processes of swelling and germination, the growth of the primary root of the sugar beet was accelerated. **Conclusions.** Uniform provision of seeds with zinc and especially phosphorus on the background of basic complex fertilizer with nanoscale elements contributed to the activation of seed germination and the intense formation of synchronously developed shoots. On average, the opening of the pericarp lid and the appearance of the root accelerated for 4 hours; 6 hours earlier there was an exit of cotyledons. With the introduction of nano chelate fertilizers, root growth and elongation of the hypocotyl at the first microstages of sugar beet sprouting were accelerated twice, due to which the sugar beet sprouts appeared 4–6 hours earlier. Nano chelate microfertilizers, promoting even and synchronous germination, development of sugar beet seedlings ensured synchronous emergence of seedlings and formation of predetermined sowing density without further reduction of plants.

**Keywords:** growth and development according to the BBCH scale; seed germination; mass and diameter of the fruit; linear dimensions of primary roots; nanofertilizers.

Надійшла / Received 02.12.2019

Погоджено до друку / Accepted 23.12.2019

# Особливості росту вітчизняних сортів верби прутоподібної (*Salix viminalis* L.) в енергетичних плантаціях на торфово болотних ґрунтах Київського Полісся

Я. Д. Фучило\*, Б. В. Зелінський

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна,  
\*e mail: [fuchylo\\_yar@ukr.net](mailto:fuchylo_yar@ukr.net)

**Мета.** Встановити особливості росту двох вітчизняних сортів верби прутоподібної 'Тернопільська' та 'Збруч' на торфово болотних ґрунтах Київського Полісся України. **Методи.** Дослідження проводили протягом 2017–2019 рр. у заплаві річки Тетерів у Іванківському районі Київської області на торфово болотному ґрунті з шаром торфу 30 см. Живці завдовжки 25 см висаджували двома спареними рядами з відстанню між ними 0,75 м та міжряддями 1,50 м. У ряду живці розміщували через 0,89; 0,59 і 0,45 м, що відповідало густоті: 10, 15 і 20 тис. живців на 1 га. Площа облікової ділянки – 38 м<sup>2</sup>, повторність варіантів – 3 разова, розміщення ділянок рендомізоване. Приживлюваність живців і збереженість рослин верби встановлювали як виражену у відсотках частку рослин, що збереглися до кількості висаджених живців; висоту кущів визначали мірною рейкою з точністю до 1 см, а масу – зважуванням на електронних терезах з точністю до 5 г. Отримані дані були опрацьовані на ПК за допомогою пакета Microsoft Excel. **Результати.** Приживлюваність живців сорту 'Тернопільська' за варіантами густоти після першого року становила від 48,6 до 54,8%, а сорту 'Збруч' – від 72,8 до 86,6%. Після другого року збереглося 41,8–52,2% та 42,0–65,5% рослин відповідно. Протягом третього року цей показник не змінився. Після третього року вегетації середня висота рослин сорту 'Тернопільська' становила від 144,6±4,7 до 178,7±4,9 см, а сорту 'Збруч' – від 180,2±5,0 до 248,6±6,8 см залежно від густоти садіння живців. У всіх варіантах досліду приріст за висотою з кожним роком збільшувався. Максимальні показники річного приросту (104,2 см) мали рослини сорту 'Збруч' за густоти 20 тис./га у третій рік вегетації, у той час, як на суглинкових і супіщаних ґрунтах максимум приросту їхніх рослин за висотою припадав на другий рік. За всіх варіантів щільності рослин плантації сорту 'Збруч' мали значно вищу продуктивність сухої біомаси. При цьому, у насадженнях обох сортів показники врожаю біомаси зростали зі збільшенням кількості рослин на 1 га і досягали максимуму (9,84 т/га в сорту 'Збруч' і 3,29 т/га – у сорту 'Тернопільська') при 20 тис. рослин на 1 га. **Висновки.** Із двох досліджуваних сортів верби прутоподібної на торфово болотних ґрунтах Київського Полісся для створення енергетичних плантацій придатнішим є сорт 'Збруч', який відзначається вищою укоріненістю живців, інтенсивнішим ростом та більшою продуктивністю біомаси (до 9,84 т/га).

**Ключові слова:** верба; *Salix viminalis* L.; сорти 'Тернопільська' та 'Збруч'; приживлюваність живців; висота рослин; приріст за висотою; врожайність сухої біомаси.

## Вступ

Інтенсивне використання викопних видів палива призводить до суттєвого забруднення навколишнього середовища шкідливими викидами, зокрема діоксидом вуглецю, оксидами сірки та азоту й іншими шкідливими речовинами, що викликає велике занепокоєння світового співтовариства, оскільки відомо, що надмірна кількість таких газів в атмосфері, особливо CO<sub>2</sub>, є причиною парникового ефекту і зміни клімату на планеті [1–3].

Для заміщення викопних енергоносіїв активно впроваджують і розвивають вирощування біоенергетичних культур, зокрема – верби. Крім отримання енергетичної біомаси, такі

насадження позитивно впливають на довкілля вбираючи вуглекислоту, виділяючи кисень, сприяючи збільшенню біорозмаїття рослин, тварин, грибів тощо [4–7].

Перші комерційні енергетичні плантації верби було створено у Швеції. Там же шведською компанією Svalöf AB у 1987 році була започаткована програма виведення сортів верби для енергетичних плантацій, яка зараз продовжується як частина селекційної діяльності в компанії Lantmännen [3, 8]. З 2011 року виведенням сортів верби в Швеції також займається компанія European Willow Breeding AB. Селекція проводиться, в основному, на базі різних форм верби прутоподібної (*Salix viminalis* L.) шведського походження, які схрещують з *Salix Schwerinii* E. Wolf, *Salix triandra* L., *Salix aegyptiaca* L., *Salix eriocephala* Michx., *Salix dasyclados* Wimm та ін. [9]. При цьому виведені нові сорти можуть давати на 60% більше біомаси, ніж

Yaroslav Fuchylo

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_2669\\_5176](https://orcid.org/0000_0002_2669_5176)

Bohdan Zelinsky

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_2805\\_5287](https://orcid.org/0000_0002_2805_5287)

їхні батьківські форми [10, 11]. Селекційні дослідження з метою отримання нових сортів та вивчення їхнього росту і продуктивності було проведено також у Великобританії [12], Канаді [13, 14], США [15–17], але з дещо іншими видами верби.

Значні обсяги енергетичних вербових плантацій створено на даний час у сусідній Польщі [18]. В Україні використання вербової біомаси як енергетичної сировини теж набуває широкого розвитку [3]. На даний час площа енергетичних плантацій верби в нашій державі становить близько 5000 га [3, 19].

Для створення енергетичних плантацій важливе значення має вибір сорту верби для культивування у тих чи інших ґрунтово-кліматичних умовах. Одним із найперспективніших видів для вирощування на енергетичних плантаціях є верба прутіподібна [3, 20, 21]. В Україні, як і в інших європейських країнах, селекційні роботи з виведення нових сортів енергетичної верби значною мірою базуються саме на сортах і формах верби прутіподібної [18, 22].

Серед різних категорій маргінальних земель, на яких можливе вирощування вербової енергетичної сировини, перспективними є перезволожені площі з незначним шаром торфу, тому актуальними є дослідження впливу таких ґрунтових умов на ріст і продуктивність енергетичних плантацій верби.

*Мета досліджень* – встановити особливості росту вітчизняних сортів верби прутіподібної ‘Тернопільська’ та ‘Збруч’ на торфово-болотних ґрунтах Київського Полісся України.

### Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводились на створених навесні 2017 року експериментальних насадженнях верби, які розташовані в заплаві річки Тетерів у Іванківському районі Київської області. Ґрунт – торфово-болотний з шаром торфу 30 см, слабо кислий (рН 6,7) та зі значним вмістом органічних речовин у верхньому шарі. Ґрунтові води в ранньовесняний період досягають поверхні ґрунту, а в літньо-осінній – опускаються до глибини 85 см.

Досліджувались два сорти верби прутіподібної (*Salix viminalis* L.): ‘Тернопільська’ та ‘Збруч’. Перший з них виведений у Національному аграрному університеті України (нині – НУБіП України), а другий – в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України.

Садивний матеріал (дворічні пагони) було заготовлено на Дослідному полі ІБКіЦБ України в листопаді 2016 року і збережено до весни 2017 року прикопаним у ґрунті.

Живці завдовжки 25 і завтовшки 0,7–1,8 см нарізали безпосередньо перед садінням і висаджували в оброблений ґрунт за найпоширенішою в Європі схемою розміщення садивних місць – двома спареними рядами з відстанню між ними 0,75 та міжряддями 1,50 м [3, 4, 10].

Для встановлення оптимальної густоти для формування енергетичних плантацій в досліджуваних умовах, у ряду живці розміщували через 89, 59 і 45 см, що відповідає густоті садіння 10, 15 і 20 тис. шт./га.

Площа облікової ділянки – 38 м<sup>2</sup>, повторність варіантів – 3-разова, розміщення ділянок рендомізоване. На кожній повторності досліджували: по 37 рослин за густоти 10 тис. шт./га, по 56 рослин за густоти 15 тис. шт./га та по 74 рослини – за густоти 20 тис. шт./га.

Після садіння живців у міжряддях плантацій щорічно проводили дворазовий механізований догляд за ґрунтом міжрядь і дворазове просапання з видаленням бур’янів у рядах.

Погодні умови Київського Полісся в роки проведення досліджень (2017–2019 рр.), згідно з даними сайту <https://rp5.ua>, були близькими між собою і в цілому за температурним режимом суттєво теплішими за середні багаторічні показники. Середня річна температура повітря у 2017 і 2018 рр. становила 9,5 °С, тоді як за середніми багаторічними даними – 7,7 °С.

За температурним режимом у розрізі окремих місяців до середніх багаторічних даних найближчий 2018 рік, який характеризувався мінусовими температурами повітря протягом зими і першого місяця весни і теплішими останніми місяцями вегетаційного періоду.

За кількістю опадів погодні умови 2017 року були близькими до середніх багаторічних даних (654 мм), а наступного – дещо сухішими (595 мм). При цьому, за вегетаційний період (з квітня по вересень) за ці роки випало приблизно однаково опадів – відповідно 304 та 322 мм, що трохи менше середніх багаторічних даних (379 мм). Не значно відрізнялися від попередніх років погодні умови 2019 року. За вегетаційний період випало 336 мм опадів.

Отже, погодні умови в роки проведення досліджень загалом були сприятливими для вирощування енергетичних плантацій верби. Однак, у регіоні досліджень можливі такі негативні явища, як пізньо-весняні приморозки, один з яких припав на травень 2017 року, коли розпочалося інтенсивне відростання пагонів з живців, що в подальшому негативно позначилось на показниках приживлюваності живців і висоти однорічних рослин.

Досліджувані показники (укоріненість живців, збереженість виживання рослин на другій і третій рік вегетації, висота і маса рослин) встановлювали відповідно до загальноприйнятих у рослинництві методик. Зокрема, укоріненість живців та виживання рослин визначали як виражене у відсотках відношення рослин, що збереглися до загальної кількості висаджених живців. Висота куців встановлювалася за допомогою мірної рейки з точністю до 1 см, а середня маса рослин – зважуванням на терезах з точністю до 5 г свіжозрізаної біомаси десяти середніх за розмірами рослин на кожному варіанті досліду. Вміст сухої речовини визначався у лабораторних умовах висушуванням подрібненого зразка сирої біомаси в сушильній шафі за температури 105 °С. Отримані результати опрацьовували методами математичної статистики [23] з використанням пакета Microsoft Excel.

### Результати досліджень

Аналіз отриманих даних щодо сортових особливостей і впливу густоти садіння живців верби на їхню приживлюваність та інтенсивність росту пагонів показав, що приживлюваність живців залежить від сорту верби (табл. 1).

Таблиця 1

**Приживлюваність живців верби залежно від сортових особливостей та густоти садіння, % (2017–2019 рр.)**

Густота садіння, тис. шт./га	Сорти верби	
	‘Тернопільська’	‘Збруч’
2017 р.		
10	54,5	86,6
15	48,6	72,8
20	54,8	73,3
2018 р.		
10	52,2	65,5
15	41,8	48,2
20	45,5	42,0
2019 р.		
10	51,7	63,4
15	41,8	46,6
20	43,1	42,0

Так у сорту ‘Тернопільська’ приживлюваність живців змінюється від 48,6 до 54,8%, залежно від густоти, а в сорту ‘Збруч’ – від 72,8 до 86,6%. Протягом другого вегетаційного сезону відбулося часткове відмирання рослин, особливо в густіших варіантах, що призвело до зменшення показників приживлюваності рослин сорту ‘Тернопільська’ до 41,8–52,2%, а сорту ‘Збруч’ – до 42,0–65,5%. Протягом третього року вегетації показники приживлюваності практично не змінилися,

що можна пояснити збільшенням висоти рослин, завдяки чому вони не страждали від негативного впливу небажаної рослинності. З наведених у таблиці 1 даних видно, що в більшості варіантів приживлюваність живців зростала зі зменшенням початкової густоти їхнього садіння. Особливо чітко це проявлялось у насадженнях сорту ‘Збруч’.

Було встановлено, що в перший рік густота садіння не впливала на висоту пагонів, що виростили з живців (табл. 2).

Таблиця 2

**Середня висота рослин верби (см) залежно від сортових особливостей і густоти садіння (2017–2019 рр.)**

Густота садіння, тис. шт./га	Сорти верби	
	‘Тернопільська’	‘Збруч’
2017 р.		
10	42,6±2,20	44,6±1,51
15	33,0±1,96	45,4±1,44
20	45,5±1,66	49,8±1,53
2018 р.		
10	95,2±4,69	107,3±3,78
15	78,4±3,55	131,7±4,22
20	93,8±2,95	144,4±4,77
2019 р.		
10	178,7±4,94	180,2±5,03
15	144,6±4,69	225,8±5,54
20	167,0±3,77	248,6±6,79

Як і у випадку з приживлюваністю живців, довжина пагонів, що з них виростили, найменшою виявилася у рослин сорту ‘Тернопільська’ (33,0±1,96 см). На інших двох варіантах цього сорту довжина становила 42,6±2,20 та 45,5±1,66 см. Однорічні рослини сорту ‘Збруч’ збільшували свою висоту зі збільшенням густоти садіння: за густоти 10 тис. шт./га їхня висота становила 44,6±1,51 см, за 15 тис. шт./га – 45,4±1,44 см, а за 20 тис. шт./га – 49,8±1,53 см.

Протягом другого року вирощування різниця між досліджуваними сортами за висотою значно зростає. При цьому, у плантаціях сорту ‘Тернопільська’ не простежувалося залежності між густотою садіння і висотою, у той час, як у сорту ‘Збруч’ висота прямо залежала від збільшення густоти садіння рослин.

Після закінчення третього року вегетації з’ясувалося, що різниця за висотою між сортами зростає (за винятком варіанту з густотою 10 тис. шт./га), а залежність висоти рослин сорту ‘Збруч’ від густоти садіння стала суттєвішою. Встановлено, що незалежно від сорту і варіанту густоти в перші три роки приріст за висотою щорічно збільшувався, порівняно з попереднім роком. Максимальні показники приросту мали рослини сорту

‘Збруч’ за густоти 20 тис. шт./га у третій рік вегетації – 104,2 см.

Досліджувані сорти відрізнялись між собою за часткою приросту за висотою в окремі роки. Так, за перший рік середній приріст рослин сорту ‘Тернопільська’ становив, залежно від густоти садіння, від 22,8 до 27,3% від середньої висоти трирічних рослин, тоді як у сорту ‘Збруч’ цей показник змінювався від 20,0 до 24,7%. Протягом другого року частка приросту була більшою у сорту ‘Збруч’ (від 34,8 до 38,2%) проти 28,9–31,4% у сорту ‘Тернопільська’. За третій період вегетації перевага за цим показником знову перейшла до сорту ‘Тернопільська’ (43,8–46,7%), у той час, як у сорту ‘Збруч’ вона становила від 40,5 до 41,9%. Наведені дані вказують на відмінності в ритмах росту досліджуваних сортів верби прутоподібної та на значне збільшення темпів росту, а отже – і темпів накопичення біомаси насадженнями обох сортів протягом третього року вирощування. Останнє вказує на те, що збирати урожай на таких плантаціях у трирічному віці не доцільно, оскільки оптимальний вік для заготівлі біомаси настає у наступний рік після досягнення насадженнями максимальних темпів приросту [3, 13, 15]. Наприклад, на суглинкових і супіщаних ґрунтах як досліджувані, так й інші сорти верби, мали максимальні показники приросту за висотою протягом другого року, а протягом третього їхній ріст суттєво уповільнювався і тому заготівлю біомаси в них проводили, як правило, після третього року вирощування [19]. У зв’язку з цим, у досліджуваних умовах оптимальний вік першої заготівлі вербової біомаси повинен бути більшим ніж три роки (орієнтовно 4–5 років).

Отже, отримані дані вказують на те, що на торфово-болотних ґрунтах із двох досліджуваних сортів верби прутоподібної для вирощування енергетичної біомаси доцільно використовувати сорт ‘Збруч’. Він відзначився від сорту ‘Тернопільська’ вищими показниками приживлюваності живців та середньої висоти, що також позитивно позначилось на продуктивності біомаси (табл. 3).

Таблиця. 3

**Урожайність верби прутоподібної трирічних енергетичних плантацій (т/га) залежно від сортових особливостей та густоти садіння**

Густота садіння, тис. шт./га	Сорти верби	
	Тернопільська’	‘Збруч’
10	1,74	2,39
15	1,47	4,55
20	3,29	9,84

За всіх варіантів щільності рослин плантації сорту ‘Збруч’ мали значно вищу продуктивність. При цьому, у насадженнях обох сортів показники врожаю біомаси зростали зі збільшенням кількості рослин на 1 га і досягали максимуму (9,84 т/га – у сорту ‘Збруч’ і 3,29 т/га – у сорту ‘Тернопільська’) за густоти садіння 20 тис. рослин на 1 га.

Загалом отримані в досліджуваних умовах показники продуктивності біомаси є невисокими, порівняно з вирощуванням на суглинкових і супіщаних ґрунтах за межами заплави [9, 11, 14], що вказує на необхідність удосконалення технології вирощування, особливо в напрямку добору продуктивніших сортів, підвищення ефективності контролю забур’яненості та оптимізації періодичності заготівлі біомаси.

### Висновки

Отже, досліджувані сорти верби прутоподібної ‘Тернопільська’ і ‘Збруч’ відрізнялися між собою за особливостями росту і продуктивністю. Із двох досліджуваних сортів для створення енергетичних плантацій верби на торфово-болотних ґрунтах доцільно вирощувати сорт ‘Збруч’. Він вирізнявся вищими показниками приживлюваності живців, середньої висоти та продуктивності біомаси (до 9,84 т/га).

Для підвищення продуктивності енергетичних плантацій в досліджуваних умовах необхідно приділяти належну увагу боротьбі з небажаною рослинністю, застосовувати густу схему садіння живців (20 тис. шт./га) і 4–5-річний цикл заготівлі біомаси.

### Використана література

- Keoleian G. A., Volk T. A. Renewable Energy from Willow Biomass Crops: Life Cycle Energy, Environmental and Economic Performance. *Crit. Rev. Plant Sci.* 2005. Vol. 24, Iss. 5–6. P. 385–406. doi: 10.1080/07352680500316334
- Kopp R. F., Smart L. B., Maynard C. A. et al. The development of improved willow clones for eastern North America. *Forest. Chron.* 2001. Vol. 77, Iss. 2. P. 287–292. doi: 10.5558/TFC77287 2
- Енергетична верба: технологія вирощування та використання / за ред. В. М. Сінченка. Вінниця : Нілан ЛТД, 2015. 340 с.
- Dobrowolski, J. W., Bedla, D., Czech T. et al. Integrated Innovative Biotechnology for Optimization of Environmental Bio processes and a Green Economy. *Optimization and Applicability of Bioprocesses* / Н. Purohit, V. Kalia, A. Vaidya, A. Khardenavis (Eds.). Singapore : Springer, 2017. P. 27–71. doi: 10.1007/978 981 10 6863 8\_3
- Bressler A. S., Vidon P. G., Volk T. A. Impact of Shrub Willow (*Salix* spp.) as a Potential Bioenergy Feedstock on Water Quality and Greenhouse Gas Emissions. *Water Air Soil Pollut.* 2017. Vol. 228, Iss. 4. P. 170–188. doi: 10.1007/s11270 017 3350 4
- Campbell S. P., Frair J. L., Gibbs J. P., Volk T. A. Use of short rotation coppice willow plantations by birds and small mammals in central New York. *Biomass Bioenerg.* 2012. Vol. 47. P. 342–353. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.09.026

7. Karlen D. L., Volk T. A., Abrahamson L. P. et al. Development and Deployment of Willow Biomass Crops. *Cellulosic Energy Cropping Systems* / D. L. Karlen (Ed.). New York : John Wiley & Sons, 2014. P. 201–217. doi: 10.1002/9781118676332.ch12
8. Larsson S. Genetic improvement of willow for short rotation coppice. *Biomass Bioenerg.* 1998. Vol. 15, Iss. 1. P. 23–26. doi: 10.1016/S0961 9534(98)80003 2
9. Christersson L. High technology biomass production by *Salix* clones on a sandy soil in southern Sweden. *Tree Physiol.* 1986. Vol. 2, Iss. 1–3. P. 261–272. doi: 10.1093/treephys/2.1 2 3.261
10. Aronsson P., Weih M., Ehman I. *Salix* cultivation yields added value – in addition to energy. *Bioenergy – for what and how much* / B. Johansson (Ed.). Stockholm : Swedish Research Council Formas, 2008. P. 269–284.
11. Lindroth A., Beth A. Assessment of regional willow coppice yield in Sweden on basis of water availability. *Forest Ecol. Manag.* 1999. Vol. 121, Iss. 1–2. P. 57–65. doi: 10.1016/S0378 1127(98)00556 8
12. Kuzovkina Y. A., Weih M., Romero M. A. et al. *Salix*: botany and global horticulture. *Horticult. Rev.* 2008. Vol. 34. P. 447–489. doi: 10.1002/9780470380147.ch8
13. Amichev B. Y., Hangs R. D., Bйlanger N. et al. First Rotation Yields of 30 Short Rotation Willow Cultivars in Central Saskatchewan, Canada. *BioEnerg. Res.* 2015. Vol. 8, Iss. 1. P. 292–306. doi: 10.1007/s12155 014 9519 4
14. Mosseler A., Major J. E., Labrecque M., Larocque G. R. Allometric relationships in coppice biomass production for two North American willows (*Salix* spp.) across three different sites. *Forest Ecol. Manag.* 2014. Vol. 320. P. 190–196. doi: 10.1016/j.foreco.2014.02.027
15. Sleight N. J., Volk T. A., Johnson G. A. et al. Change in Yield Between First and Second Rotations in Willow (*Salix* spp.) Biomass Crops is Strongly Related to the Level of First Rotation Yield. *BioEnerg. Res.* 2016. Vol. 9, Iss. 1. P. 270–287. doi: 10.1007/s12155 015 9684 0
16. Volk T. A., Heavey J. P., Eisenbies M. H. Advances in shrub willow crops for bioenergy, renewable products, and environmental benefits. *Food Energy Secur.* 2016. Vol. 5, Iss. 2. P. 97–106. doi: 10.1002/fes3.82
17. Volk T. A., Berguson B., Daly C. et al. Poplar and shrub willow energy crops in the United States: field trial results from the multiyear regional feedstock partnership and yield potential maps based on the PRISM ELM model. *GCB Bioenergy.* 2018. Vol. 10, Iss. 10. P. 735–751. doi: 10.1111/gcbb.12498
18. Krasuska E., Rosenqvist H. Economics of energy crops in Poland today and in the future. *Biomass Bioenerg.* 2011. Vol. 38. P. 23–33. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.09.011
19. Фучило Я. Д., Гнап І. В., Ганженко О. М. Ріст і продуктивність деяких сортів енергетичної верби іноземної селекції в умовах Волинського Опілля. *Plant Var. Stud. Prot.* 2018. Т. 14, № 2. С. 230–239. doi: 10.21498/2518 1017.14.2.2018.134775
20. Willow Varietal Identification Guide / B. Caslin, J. Finnan, A. McCracken (Eds.). Carlow, Ireland : Teagasc & AFBI. 2012. 64 p.
21. El Bassam N. Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species. Development and Applications. London ; Washington, DC : Earthscan, 2010. 544 p.
22. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Зелінський Б. В. Ріст і продуктивність деяких сортів енергетичної верби залежно від ступеня зволоженості ґрунту. *Plant Var. Stud. Prot.* 2018. Т. 14, № 3. С. 323–327. doi: 10.21498/2518 1017.14.3.2018.145310
23. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 е изд., доп. и перераб. Москва : Агрпромиздат, 1985. 351 с.
24. Kopp, R. F., Smart, L. B., Maynard, C. A., Isebrands, J. G., Tuskan G. A., & Abrahamson, L. P. (2001). The development of improved willow clones for eastern North America. *Forest. Chron.,* 77(2), 287–292. doi: 10.5558/tfc77287 2
25. Sinchenko, V. M. (Ed.). (2015). *Enerhetychna verba: tekhnolohiia vyroshchuvannia ta vykorystannia* [Energy willow: technology of cultivation and use]. Vinnytsia: Nilan LTD. [in Ukrainian]
26. Dobrowolski, J. W., Bedla, D., Czech, T., Gambuś, F., Gyrecka, K., Kiszczak, W., ... Zabochnicka Świątek, M. (2017). Integrated Innovative Biotechnology for Optimization of Environmental Bioprocesses and a Green Economy. In H. Purohit, V. Kalia, A. Vaidya, & A. Khardenavis (Eds.), *Optimization and Applicability of Bioprocesses* (pp. 27–71). Singapore: Springer. doi: 10.1007/978 981 10 6863 8\_3
27. Bressler, A. S., Vidon, P. G., & Volk, T. A. (2017). Impact of Shrub Willow (*Salix* spp.) as a Potential Bioenergy Feedstock on Water Quality and Greenhouse Gas Emissions. *Water Air Soil Pollut.,* 228(4), 170–188. doi: 10.1007/s11270 017 3350 4
28. Campbell, S. P., Frair, J. L., Gibbs, J. P., & Volk, T. A. (2012). Use of short rotation coppice willow plantations by birds and small mammals in central New York. *Biomass Bioenerg.,* 47, 342–353. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.09.026
29. Karlen, D. L., Volk, T. A., Abrahamson, L. P., Caputo, J., & Eisenbies, M. (2014). Development and Deployment of Willow Biomass Crops. In D. L. Karlen (Ed.), *Cellulosic Energy Cropping Systems* (pp. 201–217). New York: John Wiley & Sons. doi: 10.1002/9781118676332.ch12
30. Larsson, S. (1998). Genetic improvement of willow for short rotation coppice. *Biomass Bioenerg.,* 15(1), 23–26. doi: 10.1016/S0961 9534(98)80003 2
31. Christersson, L. (1986). High technology biomass production by *Salix* clones on a sandy soil in southern Sweden. *Tree Physiol.,* 2(1–3), 261–272. doi: 10.1093/treephys/2.1 2 3.261
32. Aronsson, P., Weih, M., & Ehman, I. (2008). *Salix* cultivation yields added value – in addition to energy. In B. Johansson (Ed.), *Bioenergy – for what and how much* (pp. 269–284). Stockholm : Swedish Research Council Formas.
33. Lindroth, A., & Beth, A. (1999). Assessment of regional willow coppice yield in Sweden on basis of water availability. *Forest Ecol. Manag.,* 121(1–2), 57–65. doi: 10.1016/S0378 1127(98)00556 8
34. Kuzovkina, Y. A., Weih, M., Romero, M. A., Charles, J., Hust, S., McIvor, I., ... Volk, T. A. (2008). *Salix*: botany and global horticulture. *Horticult. Rev.,* 34, 447–489. doi: 10.1002/9780470380147.ch8
35. Amichev, B. Y., Hangs, R. D., Bйlanger, N., Volk, T. A., Vujanovic, V., Schoenau, J., & Van Rees, K. C. J. (2015). First Rotation Yields of 30 Short Rotation Willow Cultivars in Central Saskatchewan, Canada. *BioEnerg. Res.,* 8(1), 292–306. doi: 10.1007/s12155 014 9519 4
36. Mosseler, A., Major, J. E., Labrecque, M., & Larocque, G. R. (2014). Allometric relationships in coppice biomass production for two North American willows (*Salix* spp.) across three different sites. *Forest Ecol. Manag.,* 320, 190–196. doi: 10.1016/j.foreco.2014.02.027
37. Sleight, N. J., Volk, T. A., Johnson, G. A., Eisenbies, M. H., Shi, S., Fabio, E. S., & Pooler, P. S. (2016). Change in Yield Between First and Second Rotations in Willow (*Salix* spp.) Biomass Crops is Strongly Related to the Level of First Rotation Yield. *BioEnerg. Res.,* 9(1), 270–287. doi: 10.1007/s12155 015 9684 0
38. Volk, T. A., Heavey, J. P., & Eisenbies, M. H. (2016). Advances in shrub willow crops for bioenergy, renewable products, and environmental benefits. *Food Energy Secur.,* 5(2), 97–106. doi: 10.1002/fes3.82
39. Volk, T. A., Berguson, B., Daly, C., Halbleib, M. D., Miller, R., Riials, T. G., ... Wright, J. (2018). Poplar and shrub willow energy crops in the United States: field trial results from the multiyear regional feedstock partnership and yield potential

## References

1. Keoleian, G. A., & Volk, T. A. (2005). Renewable Energy from Willow Biomass Crops: Life Cycle Energy, Environmental and Economic Performance. *Crit. Rev. Plant Sci.,* 24(5–6), 385–406. doi: 10.1080/07352680500316334

- maps based on the PRISM ELM model. *GCB Bioenergy*, 10(10), 735–751. doi: 10.1111/gcbb.12498
18. Krasuska, E., & Rosenqvist, H. (2011). Economics of energy crops in Poland today and in the future. *Biomass Bioenergy*, 38, 23–33. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.09.011
19. Fuchylo, Ya. D., Hnap, I. V., & Hanzenko, O. M. (2018). Growth and productivity of some cultivars of energy willow of foreign selection in the Volyn Opillia conditions. *Plant Var. Stud. Prot.*, 14(2), 230–239. doi: 10.21498/2518 1017.14.2.2018.134775 [in Ukrainian]
20. Caslin, B., Finnan, J., & McCracken, A. (Eds.). (2012). Willow Varietal Identification Guide. Carlow, Ireland: Teagasc & AFBI.
21. El Bassam, N. (2010). *Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species, Development and Applications*. London; Washington, DC: Earthscan.
22. Fuchylo, Ya. D., Sbytina, M. V., & Zelinskyi, B. V. (2018). Growth and productivity of some cultivars of energy willow, depending on the degree of soil moisture. *Plant Var. Stud. Prot.*, 14(3), 323–327. doi: 10.21498/2518 1017.14.3.2018.145310 [in Ukrainian]
23. Dospikhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. (5<sup>th</sup> ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]

УДК 630:620.952

**Фучило Я. Д., Зелинский Б. В.** Особенности роста отечественных сортов ивы прутьевидной (*Salix viminalis* L.) в энергетических плантациях на торфяно болотных почвах Киевского Полесья // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 4. С. 410–416. <https://doi.org/10.21498/2518 1017.15.4.2019.188661>

*Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, \*e mail: fuchylo\_yar@ukr.net*

**Цель.** Установить особенности роста двух отечественных сортов ивы прутьевидной ‘Тернопільська’ и ‘Збруч’ на торфяно болотных почвах Киевского Полесья Украины. **Методы.** Исследования проводились на протяжении 2017–2019 гг. в пойме реки Тетерев в Иванковском районе Киевской области на торфяно болотной почве со слоем торфа 30 см. Черенки длиной 25 см высаживали двумя спаренными рядами с расстоянием между ними 0,75 м и междурядьями 1,50 м. В ряду черенки располагали через 0,89; 0,59 и 0,45 м, что соответствовало густоте: 10, 15 и 20 тыс. черенков на 1 га. Площадь учетного участка – 38 м<sup>2</sup>, повторность вариантов – 3 кратная, размещение участков рандомизированное. Приживаемость черенков и сохранность растений ивы устанавливали как выраженную в процентах долю сохранившихся растений к количеству высаженных черенков; высоту кустов определяли мерной рейкой с точностью до 1 см, а массу – взвешиванием на электронных весах с точностью до 5 г. Полученные данные были обработаны на ПК с помощью пакета Microsoft Excel. **Результаты.** Приживаемость черенков сорта ‘Тернопільська’ по вариантам густоты после первого года составила от 48,6 до 54,8%, а у сорта ‘Збруч’ – от 72,8 до 86,6%. После второго года – сохранилось до 41,8–52,2% и 42,0–65,5% соответственно. На протяжении третьего года этот показатель практически не изменился. После третьего года вегетации средняя высота растений сорта

‘Тернопільська’ составила от 144,6±4,69 до 178,7±4,94 см, а сорта ‘Збруч’ – от 180,2±5,03 до 248,6±6,79 см в зависимости от густоты посадки черенков. Во всех вариантах опыта прирост по высоте с каждым годом увеличивался. Максимальные показатели годового прироста (104,2 см) были у растений сорта ‘Збруч’ при густоте 20 тыс. шт./га в третий год вегетации, в то время, как на суглинистых и супесчаных почвах максимум прироста их растений по высоте приходился на второй год. При всех вариантах плотности стояния растений плантации сорта ‘Збруч’ имели значительно более высокую продуктивность сухой биомассы. При этом, в насаждениях обоих сортов показатели урожая биомассы возрастали с увеличением количества растений на 1 га и достигали максимума (9,84 т/га у сорта ‘Збруч’ и 3,29 т/га – у сорта ‘Тернопільська’) при 20 тыс. растений на 1 га. **Выводы.** Из двух исследуемых сортов ивы прутьевидной на торфяно болотных почвах Киевского Полесья для создания энергетических плантаций более пригодным является сорт ‘Збруч’, который отличается более высокой приживаемостью черенков, более интенсивным ростом и большей продуктивностью биомассы (до 9,84 т/га).

**Ключевые слова:** ива; *Salix viminalis* L.; сорта ‘Тернопільська’ и ‘Збруч’; приживаемость черенков; высота растений; прирост по высоте; урожайность сухой биомассы.

UDC 630:620.952

**Fuchylo, Ya. D.\*, & Zelinskyi, B. V.** (2019). Features of the growth of domestic varieties of *Salix viminalis* in the energy plantations on peat bog soils of Kyiv Polissia. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 410–416. <https://doi.org/10.21498/2518 1017.15.4.2019.188661>

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, \*e mail: fuchylo\_yar@ukr.net*

**Purpose.** To define the peculiarities of the growth of two domestic varieties of the *Salix viminalis* L.: ‘Ternopil’ska’ and ‘Zbruch’ on the peat bog soils of Kyiv Polissia of Ukraine. **Methods.** Studies were conducted during 2017–2019 in the floodplain of the Teterev River in the Ivankivsky district of the Kyiv region on peat bog soil with a peat layer of 30 cm. Cuttings 25 cm long were planted in twin rows with a row distance of 0.75 m between twins and 1.50 m between twin rows. In a row cuttings were placed every 0.89; 0.59 and 0.45 m, which corresponds to densities of 10, 15 and 20 thousand cuttings per 1 ha. The area of the accounting site

was 38 m<sup>2</sup> with 3 times repetition of options; the placement of the sites is randomized. The survival rate of cuttings and the safety of willow plants was expressed as a percentage of the preserved plants to the number of planted cuttings; the height of the bushes was determined by a measured bar to within 1 cm, and the mass was determined by weighing on an electronic balance to within 5 g. The obtained data were processed on a computer using the Microsoft Excel package. **Results.** It was found that the survival rate of cuttings of ‘Ternopil’ska’ variety according to the density options was from 48.6 to 54.8% after the first year, and for ‘Zbruch’ vari

ety from 72.8 to 86.6%. After the second year it decreased to 41.8–52.2% and 42.0–65.5%, and remained unchanged in the third year. After the end of the third year of vegetation, the average heights of 'Ternopil'ska' variety was from 144.6±4.69 to 178.7±4.94 cm and for 'Zbruch' variety – from 180.2±5.03 to 248.6±6.79 cm depending on planting density. In all variants of the experiment, height increment increased each year. The maximum growth rates in height (104.2 cm) were in plants of 'Zbruch' variety with a density of 20 thousand units/ha in the third year of vegetation, while being planted on loamy and sandy soils, the maximum growth of its plants in height was in the second year. In all variants of plant density, plantations of 'Zbruch' variety

had a much higher dry mass productivity. At the same time, in the plantations of both varieties, the biomass yields increased with an increase in the number of plants per 1 ha and reached a maximum (9.84 t/ha in 'Zbruch' variety and 3.29 t/ha – in 'Ternopil'ska' variety) at 20 thousand plants per 1 ha. **Conclusions.** Of the two varieties of *Salix viminalis* studied on peat bog soils of Kyiv Polissya, 'Zbruch' variety is more suitable for creating energy plantations, which is characterized by a higher survival rate of cuttings, more intensive growth and higher biomass productivity (up to 9.84 t/ha).

**Keywords:** willow; *Salix viminalis* L.; variety 'Ternopil'ska'; variety 'Zbruch'; cuttings survival; plant height; height increase; dry biomass productivity.

Надійшла / Received 23.09.2019  
Погоджено до друку / Accepted 20.12.2019



# Вміст неорганічних елементів у зерні рису залежно від способів зрошення

В. В. Швартау<sup>1\*</sup>, Л. М. Михальська<sup>1</sup>, В. В. Дудченко<sup>2</sup>, В. О. Скидан<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, вул. Васильківська, 31/17, м. Київ, 03022, Україна, \*e mail: VictorSchwartau@gmail.com

<sup>2</sup>Інститут рису НААН України, с. Антонівка, Скадовський р н, Херсонська обл., 75705, Україна

**Мета.** Дослідити вміст важких металів у зерні різних сортів рису за різних умов поливу. Оцінити вміст основних мікроелементів – компонентів редокс систем рослин у зерні рису для біофортифікації та інгібування накопичення важких металів. **Методи.** Рослини сортів рису ‘Консул’ і ‘Віконт’ вирощували на дослідних полях Інституту рису НААН України за поливу затопленням чи краплинним зрошенням. Зразки зерна до елементного аналізу спалювали в азотній кислоті на системі мікрохвильової підготовки проб Milestone Start D. Визначення вмісту неорганічних елементів проводили методом мас спектрометрії з індуктивно зв’язаною плазмою (ICP MS) на Agilent 7700x у режимі продувки гелієм. **Результати.** Впровадження крапельного поливу в порівнянні з поливом затопленням призвело до зниження накопичення арсену в зерні у 2,3–3,0 рази. При цьому встановлено зростання накопичення кадмію та стронцію. За крапельного поливу збільшилось також накопичення у зерні мікроелементів – складових редокс систем рослин (міді, цинку, марганцю). Незначне зниження вмісту заліза при цьому може бути пов’язане із активацією механізмів блокування надходження та перерозподілу арсену в зерно. Урожайність сортів рису була вищою при затопленні. У сортів ‘Віконт’ і ‘Консул’ при затопленні вона була на рівні 9,35 та 11,76 т/га, а за краплинного зрошення – 6,80 й 9,30 т/га відповідно. Сумарний вміст неорганічних елементів був істотно нижчим у зерні сорту ‘Консул’. Ймовірно, це пов’язано із відносним зниженням елементів у біомасі за високої продуктивності даного сорту. **Висновки.** Природна контамінація урожаю рису арсеном суттєво обмежує харчову цінність культури. Впровадження крапельного поливу посівів рису дозволяє знизити рівні накопичення високотоксичного арсену в зерні, що особливо важливо для продуктів дієтичного та дитячого харчування. Визначене за крапельного поливу зростання накопичення кадмію та стронцію обумовлює високі вимоги до якості фосфорних добрив, що застосовуються у технологіях вирощування культури. Впровадження крапельного поливу оптимізує аеробні умови надходження іонів, що призводить до зростання накопичення мікроелементів – компонентів редокс систем рослин. Виключенням є невелике зниження вмісту заліза, що може бути пов’язано із активацією механізмів інгібування надходження арсену до зерна рису. При цьому спостерігається невелике зниження продуктивності посівів. Таким чином, за крапельного поливу спостерігається посилення накопичення біологічно важливих металів та зниження накопичення високотоксичного арсену.

**Ключові слова:** арсен; важкі метали; мікроелементи; спектрометрія; ICP MS.

## Вступ

Виробництво якісних продуктів харчування є одним із основних завдань рослинництва [1]. Отримання безпечної продукції рисівництва значною мірою залежить від біологічних особливостей сортів і технологій їхнього вирощування, у тому числі й способів зрошення посівів. До 75% води, яка використовується у сільському господарстві, приходиться на зрошення рисових полів [2].

Дефіцит прісної води у світі обмежує продуктивність сільського господарства. Одним із напрямків вирішення проблеми отримання екологічно безпечної продукції рисівництва є

удосконалення технології вирощування рису. Тому проводяться дослідження з вирощування рису за краплинного зрошення, що може заощадити до 50% зрошувальної води, знизити рівні викидів метану в атмосферу й зменшити концентрації арсену в зерні.

На перезволожених ґрунтах зростає небезпека забруднення сільськогосподарської продукції ксенобіотиками завдяки збільшенню їхньої мобільності. Арсен відрізняється високою мобільністю у ґрунті в анаеробних умовах і може накопичуватися в урожаї в значних кількостях.

Арсен (As) один з найтоксичніших для людини неорганічних елементів й характеризується високими рінками карциногенності [3]. Арсенати в агрофітоценозах мають, переважно, не антропогенне походження. За потрапляння у біоценози арсенати взаємодіють з водою, зокрема з ґрунтовими водами, і потрапляють у харчові ланцюги [4]. Забруднені арсеном ґрунти, донні відкладення та мул є основними його джерелами в харчових ланцюгах, поверхневих і підземних водах та

Victor Schwartau  
[http://orcid.org/0000\\_0001\\_7402\\_5559](http://orcid.org/0000_0001_7402_5559)  
Liudmyla Mykhalska  
[http://orcid.org/0000\\_0002\\_0677\\_5574](http://orcid.org/0000_0002_0677_5574)  
Volodymyr Dudchenko  
[http://orcid.org/0000\\_0001\\_8545\\_7904](http://orcid.org/0000_0001_8545_7904)  
Vadym Skydan  
[http://orcid.org/0000\\_0001\\_5592\\_2107](http://orcid.org/0000_0001_5592_2107)

питній воді [5, 6]. Концентрація арсену в незабруднених ґрунтах зазвичай нижче 10 мг/кг, тоді як у забруднених вона може досягати 30 000 мг/кг [7].

Понад 3 млрд людей у світі страждають від забруднення рису арсеном [8]. Нещодавно опубліковані дослідження вмісту арсену в різних харчових продуктах (включаючи питну воду), індексовані в мережі ISI Web of Science за період з 2010 по 2015 рік, показують, що майже 52% наукових публікацій щодо надходження токсичного арсену через раціон харчування відносяться до досліджень рису [9]. Арсен накопичується у різних частинах рослин рису, а рівні його накопичення залежать від сорту та технологій вирощування. Відносно високі рівні вмісту арсену в рисі зумовлені низкою факторів, включаючи мобілізацію і біодоступність арсену в ґрунті після затоплення рисових полів фермерами та поглинання рослинами арсену протягом формування архітектури посіву. Арсен у генеративний період розвитку рису, зокрема у фазу наливу зерна може перерозподілятися кремній-транспортними системами чи переносниками в зерно.

При вирощуванні рису середній рівень As в рисі становить < 0,01–2,05 – для Бангладеш, 0,31–0,70 – для Китаю, 0,03–0,044 – для Індії, < 0,10–0,76 – для Тайваню, 0,11–0,66 мг/кг – США, 0,03–0,47 – для В'єтнаму та 0,08–0,38 мг/кг – для Італії та Іспанії [8–10]. За даними ВООЗ основними джерелами потрапляння арсену в людський організм є вода та їжа [2, 4].

Нещодавно ЖЕСФА запропонував максимальний рівень неорганічного арсену в шліфованому рисі – 0,2 мг/кг. Європейська агенція з безпеки харчових продуктів (EFSA) переглянула раціон харчування населення Європейського Союзу та рекомендувала зменшити допустимий вміст неорганічного арсену для дієтичних продуктів [10, 11]. Тому проблема контролювання вмісту арсену в рисі й розробка шляхів його зниження є актуальною.

Коректне визначення вмісту арсену в складних матрицях, таких як харчові продукти, є ускладненим, оскільки матриця повинна руйнуватися при підвищеній температурі без втрати леткого аналіту (As) або стороннього забруднення. Визначення сполук As, як правило, проводиться за допомогою генерації гідридів (HG), рідинної хроматографії (LC), газової хроматографії (GC) та капілярного електрофорезу (CE). Проте, точнішим є визначення вмісту арсену в рослинах методом ICP-MS після мікрохвильової пробопідготовки [12, 13]. Мікрохвильова підготовка проб до аналі-

зу дозволяє зберегти леткий аналіт (As) протягом дигестії в азотній кислоті, а високий рівень стабільності до матричних ефектів сучасного мас-спектрометра дозволяє коректно визначати неорганічні елементи від літію до урану одночасно в широкому динамічному діапазоні за ефективного блокування поліатомних інтерференцій [12, 13]. Поряд з високотоксичним арсеном у зерні рису можуть накопичуватися й інші елементи, що обумовлено біологічними особливостями культури та технологій вирощування. Наприклад, за внесення фосфорних добрив можливе збільшення у рослинах вмісту стронцію, свинцю. В окремих ґрунтових відмінах можливе підвищене накопичення урану-238 [1, 12]. При цьому, за детектування згаданих токсикантів важливо визначати й вміст неорганічних елементів, які за їхнім значенням для живлення рослин можуть розглядатися в ролі факторів зниження рівнів накопичення токсичних ксенобіотиків у зерні зернових культур.

*Мета досліджень* – установити методом ICP-MS вміст арсену та інших металів у зерні двох сортів рису за різних умов поливу.

### Матеріали та методика досліджень

*Умови вирощування рослин.* Дослідження проводили на дослідному полі Інституту рису НААН України. Ґрунт дослідного поля – лужно-каштановий залишково-солонцюватий. Посів сортів рису проводили в II декаді травня у 2016 та 2017 роках. У досліді висівали середньостиглі сорти рису 'Віконт' і 'Консул' Інституту рису НААН України. Посів проводили сівалкою Клен-1,5П вздовж ділянок. Норма висіву насіння – 7 млн/га. Повторність в досліді – 4-разова. Загальна площа ділянки – 30, залікова – 25 м<sup>2</sup>. Водний режим у досліді встановлено за типом «укороченого затоплення» та краплинного зрошення. Збір урожаю проводили за повної стиглості зерна комбайном «Янмар». Досліді було закладено з дотриманням вимог методики дослідної справи для посівів рису на поливі [6].

*Визначення вмісту окремих неорганічних елементів у зерні рису методом ICP-MS.* Зразки зерна було відібрано з кожної ділянки варіанту у фазу повної стиглості. Для аналізу зразки зерна перемелювали на лабораторному млині й проводили озолення в азотній кислоті за допомогою системи мікрохвильової пробопідготовки Milestone Start D (Milestone S.r.l., Italy). Визначення вмісту неорганічних елементів у зразках проводили на мас-спектрометрі (ICP-MS) Agilent 7700x (USA) [12, 13].

Усі розчини готували на воді 1-го класу (18 МОм), підготовленій за допомогою сис-

теми очищення води Scholar-UV NexUp 1000 (Human Corporation, Korea).

Використовували калібрувальні розчини Standard solution IV-ICPMS-71A фірми Inorganic Ventures, USA. Промивання мас-спектрометра між окремими пробами проводили 2% розчином азотної кислоти. Внутрішній стандарт – 1 ppm розчин Sc фірми Inorganic Ventures, USA.

За детектування неорганічних елементів методом ICP-MS виникають численні поліатомні спектральні інтерференції, що накладаються на піки окремих елементів та заважають їхньому коректному визначенню. Наприклад,  $^{75}\text{As} - ^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}$ ,  $^{40}\text{Ca}^{35}\text{Cl}$ ;  $^{56}\text{Fe} - ^{40}\text{Ar}^{16}\text{O}$ ,  $^{40}\text{Ca}^{16}\text{O}$ . Тому детектування неорганічних елементів проводили в режимі продувки гелієм з метою уникнення хибних вимірювань.

Таблиця 1

Умови детектування неорганічних елементів за вимірювання на ICP MS Agilent 7700x у зерні рису

Маса елемента	Елемент	Час інтегрування/ маса, с	Кількість незалежних вимірювань/варіант
09	Берилій	0,3	3
55	Марганець	0,3	3
56	Залізо	0,3	3
63	Мідь	0,3	3
66	Цинк	0,3	3
75	Арсен	1,00	3
88	Стронцій	0,3	3
108	Кадмій	1,00	3
135	Барій	0,3	3
208	Свинець	0,3	3
238	Уран	0,3	3

Калібрування мас-спектрометра проводили по кожному елементу. Типовий калібрувальний графік на прикладі As наведено на рис. 1.

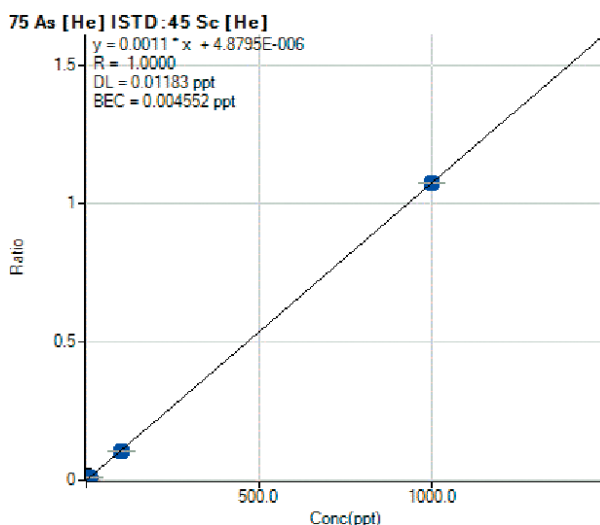


Рис. 1. Калібрувальний графік для детектування арсену на мас-спектрометрі Agilent 7700x

## Результати досліджень

За краплинного зрошення вміст арсену, який є високотоксичним для людини агентом, у зерні сортів 'Віконт' і 'Консул' зменшувався більш ніж у три рази порівняно з зерном рису, яке отримано за поливу затопленням (табл. 2). Для сорту 'Віконт' при затопленні вміст цього елемента в зерні становив 393,5, а за краплинного зрошення – 106,5 мкг/кг. Це можна пояснити тим, що мобільність As в анаеробних ґрунтових умовах помітно відрізняється від аеробних. За умов затоплення утворюються анаеробні умови, що сприяють зростанню поглинання рослинами токсичних елементів. Арсен знаходиться в агрофітоценозі в різних органічних і неорганічних формах. Найпоширенішими неорганічними формами є арсенат As (V) і арсенат As (III).

Монометиларсенова та диметиларсенова кислота є найпоширенішими органічними сполуками арсену в ґрунті, однак їхній вміст у агрофітоценозах є низьким у порівнянні з вмістом неорганічного арсену. В аеробних умовах частка As (V) є домінуючою, у той час як As (III) переважає у зразках ґрунту за анаеробних умов [7, 8]. При цьому присутність доступних для рослин фосфатів у ґрунті є важливим фактором, що інгібує засвоєння сполук арсену рослинами рису. Проте, фосфати не перешкоджають надходженню As (III) в рослини. Максимальна адсорбція As (V) рослинами спостерігається при pH 4, у той час як для As (III) максимум спостерігається при pH 7,0–8,5 [5, 14]. Тому в анаеробних умовах арсен активніше поглинається рослинами рису.

Таким чином, у наших дослідженнях і в роботах (Hughes M. F. et al.; Garbinski L. D. et al.; Rauf M. A. et al.; Althobiti R. A. et al.) [3, 4, 7, 8] з визначення рівнів накопичення високотоксичного для людини арсену показано, що особливості сорту і технологій вирощування є визначальними факторами регуляції вмісту токсиканту в зерні. Варто зазначити, що створення аеробних умов вирощування культури є ключовим для роботи транспортних систем рослин й суттєвого зниження вмісту арсену в зерні рису.

Щодо вмісту інших токсичних елементів, то в зерні рису не було знайдено берилію, хоча відомо про вміст берилію на рівні часток ppm у ґрунті. Вміст барію у зерні рису сорту 'Віконт' дещо збільшувався, у зерні сорту 'Консул' – знижувався. Встановлені відмінності в накопиченні барію можуть впливати на редокс-гомеостаз рослин про-

Таблиця 2

**Вміст важких металів (мкг/кг) та мікроелементів –  
складових редокс систем (мг/кг) у зерні сортів рису за різних умов зрошення**

Сорт	Спосіб зрошення	Be	Ba	Sr	Cd	As	Pb	U	Cu	Fe	Mn	Zn
'Віконт'	затоплення	0	2136	1651	54,3	393,5	336	18,0	2,5	337	88	21,9
	крапельне	0	2632	2047	228,7	106,5	240	2,6	6,3	288	355	31,4
'Консул'	затоплення	0	1171	916	18,4	271,3	113	0,9	1,9	215	47	14,6
	крапельне	0	929	1274	153,4	87,2	112	0,8	4,4	199	213	20,1
НІР <sub>0,05</sub>		–	32	19	23,1	11,9	18	0,5	0,1	12	11	1,4

тягом проростання, тому що підвищення вмісту барію може зв'язувати пули вільних сульфатів у рослинах.

Уміст кадмію та стронцію за краплинного зрошення хоча й збільшувався, але знаходився на рівні нижче токсикологічних нормативів. Підвищення накопичення даних елементів може бути обумовлено кращими умовами функціонування транспортних переносників на плазмалемі рослин за аеробних умов вирощування рису. Дослідження (Gu J.-F. et al.) [15] показали, що за введення в ґрунт цеоліту вміст арсену та кадмію у рослинах рису знижувався. Тому, встановлена в досліді особливість підвищення накопичення кадмію та стронцію за краплинного зрошення зумовлює використання у технологіях вирощування рису лише фосфорних добрив з якісної сировини, з низькими рівнями присутності кадмію та радіонуклідів.

За краплинного зрошення також активніше накопичувалися й інші біологічно важливі метали. Вміст міді збільшився в 2,3–2,5 рази, цинку – у 1,5 рази. Необхідно відзначити значне збільшення накопичення марганцю у зерні рису сорту 'Віконт' – у 4,4 рази, а в сорту 'Консул' – у 8,5 разів. Збільшення вмісту марганцю у рослинах на ґрунтах Півдня України за краплинного зрошення свідчить про суттєво вищі рівні ефективності використання макро- та мікроелементів в умовах зростання накопичення марганцю, який за звичайних умов є дефіцитним для рослин у регіоні. Зазначимо, що уміст марганцю у зерні рису знаходиться у межах від 2000 до 400000 мкг/кг, міді – від 2000 до 20000 мкг/кг [16].

Уміст заліза в зерні обох сортів дещо знизився за краплинного зрошення. Раніше було показано, що присутність доступних форм заліза у ґрунті є важливою складовою інгібування надходження арсену до рослин рису та накопичення токсиканту в зерні. Посилення накопичення інших мікроелементів за краплинного зрошення може підвищувати доступність заліза в агрофітоценозі з відповідним виключно важливим

зниженням високотоксичного арсену в зерні рису [17].

Урожайність сортів рису була вищою при вирощуванні на затоплених ґрунтах. У сортів 'Віконт' і 'Консул' при затопленні вона була на рівні 9,35 та 11,76 т/га відповідно, а за краплинного зрошення – 6,80 й 9,30 т/га (табл. 3). Тобто різниця в урожайності становила 2,55 т/га в сорту 'Віконт' і 2,46 т/га в сорту 'Консул' за переваги затоплення як способу зрошення. Також потрібно відзначити, що величина зольності/сумарний вміст хімічних елементів була істотно нижчою у сорту 'Консул'.

Таблиця 3

**Урожайність сортів рису залежно від способів  
зрошення, т/га (середнє за 2016–2017 рр.)**

Сорт	Спосіб зрошення	
	затоплення	краплинне зрошення
'Віконт'	9,35	6,80
'Консул'	11,76	9,30
НІР <sub>0,05</sub>	1,10	0,70

За краплинного зрошення в умовах дослідів спостерігалось зниження продуктивності посівів рису. При цьому, у зерні рису було визначено суттєво нижчі рівні накопичення токсичного для людини арсену.

### Висновки

Природна контамінація урожаю рису арсеном суттєво обмежує харчову цінність культури. Впровадження крапельного поливу посівів рису дозволяє суттєво знизити рівні накопичення високотоксичного арсену в зерні, що особливо важливо для продуктів дієтичного та дитячого харчування. При цьому встановлено й зниження врожайності культури.

Визначене за крапельного поливу зростання накопичення кадмію та стронцію обумовлює високі вимоги до якості фосфорних добрив, що застосовуються у технологіях вирощування рису.

Впровадження крапельного поливу створює аеробні умови вирощування та опти-

мізує надходження іонів, що призводить до зростання накопичення мікроелементів – компонентів редокс-систем рослин. Виключенням є невелике зниження вмісту заліза, що, ймовірно, пов'язано із активністю механізмів інгібування надходження арсену до зерна рису.

За крапельного поливу спостерігалось посилення накопичення біологічно важливих металів у зерні рису сортів 'Віконт' і 'Консул' та зниження накопичення високо-токсичного арсену.

### Використана література

1. Моргун В. В., Швартау В. В., Киризий Д. А. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2010. Т. 42, № 5. С. 371–392.
2. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / T. F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner et al. (Eds.). Cambridge : Cambridge University Press, 2013. 1535 p.
3. Hughes M. F., Beck B. D., Chen Y. et al. Arsenic exposure and toxicology: a historical perspective. *Toxicol Sci*. 2011. Vol. 123, No. 2. P. 305–332. doi: 10.1093/toxsci/kfr184
4. Garbinski L. D., Rosen B. P., Chen J. Pathways of arsenic uptake and efflux. *Environ Int*. 2019. Vol. 126. P. 585–597. doi: 10.1016/j.envint.2019.02.058
5. Kalita J., Pradhan A. K., Shandilya Z. M., Tanti B. Arsenic Stress Responses and Tolerance in Rice: Physiological, Cellular and Molecular Approaches. *Rice Sci*. 2018. Vol. 25, Iss. 5. P. 235–249. doi: 10.1016/j.rsci.2018.06.007
6. Upadhyay M. K., Shukla A., Yadav P., Srivastava S. A review of arsenic in crops, vegetables, animals and food products. *Food Chem*. 2019. Vol. 276. P. 608–618. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.10.069
7. Rauf M. A., Hakim M. A., Hanafi M. M. et al. Bioaccumulation of arsenic (As) and phosphorous by transplanting Aman rice in arsenic contaminated clay soils. *Aust. J. Crop Sci*. 2011. Vol. 5, Iss. 12. P. 1678–1684.
8. Althobiti R. A., Sadiq N. W., Beauchemin D. Realistic risk assessment of arsenic in rice. *Food Chem*. 2018. Vol. 257. P. 230–236. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.03.015
9. Costa B. E. S., Coelho L. M., Araujo C. S. T. et al. Analytical Strategies for the Determination of Arsenic in Rice. *J. Chem*. 2016. Article ID 1427154. P. 1–11. doi: 10.1155/2016/1427154
10. Suriyagoda L. D. B., Dittert K., Lambers H. Mechanism of arsenic uptake, translocation and plant resistance to accumulate arsenic in rice grains. *Agr. Ecosyst. Environ*. 2018. Vol. 253. P. 23–37. doi: 10.1016/j.agee.2017.10.017
11. Jain N., Chandramani S. Arsenic poisoning. An overview. *Indian J. Med. Spec*. 2018. Vol. 9, Iss. 3. P. 143–145. doi: 10.1016/j.injms.2018.04.006
12. Londonio A., Morzan E., Smichowski P. Determination of toxic and potentially toxic elements in rice and rice based products by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Food Chem*. 2019. Vol. 284. P. 149–154. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.01.104
13. Похилько С. Ю., Швартау В. В., Михальская Л. Н., Дуган А. М., Моргун В. В. ICP MS анализ мягкой пшеницы с геном *GPC B1* от *Triticum turgidum* spp. *dicoccoides*. *Biotechnol. Acta*. 2016. Vol. 9, Iss. 5. P. 65–69. doi: 10.15407/biotech9.05.065
14. Dahlawi S., Saad N. A., Iqbal M. et al. Opportunities and challenges in the use of mineral nutrition for minimizing arsenic toxicity and accumulation in rice: A critical review. *Chemosphere*. 2018. Vol. 194. P. 171–188. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.11.149

15. Gu J. F., Zhou H., Tang H. L. et al. Cadmium and arsenic accumulation during the rice growth period under *in situ* remediation. *Ecotoxicol. Environ. Saf*. 2019. Vol. 171. P. 451–459. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.01.003
16. Mahimairaja S., Bolan N. S., Adriano D. C. Robinson B. Arsenic contamination and its risk management in complex environmental settings. *Adv. Agron*. 2005. Vol. 86. P. 1–82. doi: 10.1016/S0065 2113(05)86001 8
17. Smedley P. L., Kinniburgh D. G. A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. *Appl. Geochem*. 2002. Vol. 17, Iss. 5. P. 517–568. doi: 10.1016/S0883 2927(02)00018 5

### References

1. Morgun, V. V., Schwartau, V. V., & Kiriziy, D. A. (2010). Physiological fundamentals of grain cereals high productivity forming. *Fiziol. Biokhim. Kul't. Rast.* [Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants], 42(5), 371–392. [in Russian]
2. Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., ... Midgley, P. M. (Eds.). (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
3. Hughes, M. F., Beck, B. D., Chen, Y., Lewis, A. S., & Thomas, D. J. (2011). Arsenic exposure and toxicology: a historical perspective. *Toxicol Sci.*, 123(2), 305–332. doi: 10.1093/toxsci/kfr184
4. Garbinski, L. D., Rosen, B. P., & Chen, J. (2019). Pathways of arsenic uptake and efflux. *Environ Int.*, 126, 585–597. doi: 10.1016/j.envint.2019.02.058
5. Kalita, J., Pradhan, A. K., Shandilya, Z. M., & Tanti, B. (2018). Arsenic Stress Responses and Tolerance in Rice: Physiological, Cellular and Molecular Approaches. *Rice Sci.*, 25(5), 235–249. doi: 10.1016/j.rsci.2018.06.007
6. Upadhyay, M. K., Shukla, A., Yadav, P., & Srivastava, S. (2019). A review of arsenic in crops, vegetables, animals and food products. *Food Chem.*, 276, 608–618. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.10.069
7. Rauf, M. A., Hakim, M. A., Hanafi, M. M., Islam, M. M., Rahman, G. K., & Panaullah, G. M. (2011). Bioaccumulation of arsenic (As) and phosphorous by transplanting Aman rice in arsenic contaminated clay soils. *Aust. J. Crop Sci.*, 5(12), 1678–1684.
8. Althobiti, R. A., Sadiq, N. W., & Beauchemin, D. (2018). Realistic risk assessment of arsenic in rice. *Food Chem.*, 257, 230–236. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.03.015
9. Costa, B. E. S., Coelho, L. M., Araujo, C. S. T., Rezende, H. C., & Coelho, N. M. M. (2016). Analytical Strategies for the Determination of Arsenic in Rice. *J. Chem.*, 2016, 1–11. doi: 10.1155/2016/1427154
10. Suriyagoda, L. D. B., Dittert, K., & Lambers, H. (2018). Mechanism of arsenic uptake, translocation and plant resistance to accumulate arsenic in rice grains. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 253, 23–37. doi: 10.1016/j.agee.2017.10.017
11. Jain, N., & Chandramani, S. (2018). Arsenic poisoning. An overview. *Indian J. Med. Spec.*, 9(3), 143–145. doi: 10.1016/j.injms.2018.04.006
12. Londonio, A., Morzan, E., & Smichowski, P. (2019). Determination of toxic and potentially toxic elements in rice and rice based products by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Food Chem.*, 284, 149–154. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.01.104
13. Pokhylko, S. Yu., Schwartau, V. V., Mykhalska, L. M., Dugan, O. M., & Morgun, B. V. (2016). ICP MS analysis of bread wheat carrying the *GPC B1* gene of *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*. *Biotechnol. Acta*, 9(5), 64–69. doi: 10.15407/biotech9.05.064 [in Russian]
14. Dahlawi, S., Saad, N. A., Iqbal, M., Farooq, M. A., Bibi, S., & Rengel, Z. (2018). Opportunities and challenges in the use of mineral nutrition for minimizing arsenic toxicity and accumulation in rice: A critical review. *Chemosphere*, 194, 171–188. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.11.149

15. Gu, J. F., Zhou, H., Tang, H. L., Yang, W. T., Zeng, M., Liu, Z. M., Peng, P. Q., & Liao, B. H. (2019). Cadmium and arsenic accumulation during the rice growth period under in situ remediation. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 171, 451–459. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.01.003
16. Mahimairaja, S., Bolan, N. S., Adriano, D. C., & Robinson, B. (2005). Arsenic contamination and its risk management in complex environmental settings. *Adv. Agron.*, 86, 1–82. doi: 10.1016/S0065 2113(05)86001 8
17. Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Appl. Geochem.*, 17(5), 517–568. doi: 10.1016/S0883 2927(02)00018 5

УДК 633.18.03:549.241

**Швартау В. В.<sup>1\*</sup>, Михальская Л. Н.<sup>1</sup>, Дудченко В. В.<sup>2</sup>, Скидан В. О.<sup>2</sup>** Содержание неорганических элементов в зерне риса в зависимости от способов орошения // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 4. С. 417–423. <https://doi.org/10.21498/2518 1017.15.4.2019.188718>

<sup>1</sup>Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, ул. Васильковская, 31/17, г. Киев, 03022, Украина, \*e mail: VictorSchwartau@gmail.com

<sup>2</sup>Институт риса НААН Украины, с. Антоновка, Скадовский р н, Херсонская обл., 75705, Украина

**Цель.** Исследовать содержание тяжелых металлов в зерне двух сортов риса при разных условиях полива. Оценить содержание основных микроэлементов – компонентов редокс систем растений в зерне риса для биофортификации и ингибирования накопления тяжелых металлов. **Методы.** Растения сортов риса ‘Консул’ и ‘Виконт’ выращивали на опытных полях Института риса НААН Украины при поливе затоплением или капельным орошением. Образцы зерна до элементного анализа сжигали в азотной кислоте на системе микроволновой подготовки проб Milestone Start D. Определение содержания неорганических элементов проводили методом масс-спектрометрии с индивидуально связанной плазмой (ICP MS) на Agilent 7700x в режиме продувки гелием. **Результаты.** Внедрение капельного полива в сравнении с поливом затоплением привело к снижению накопления арсена в зерне в 2,3–3,0 раза. При этом установлено увеличение накопления кадмия и стронция. При капельном поливе увеличилось накопление также микроэлементов – составных редокс систем растений (меди, цинка, марганца). Небольшое снижение содержания железа при этом может быть связано с активацией механизмов блокирования поступления и перераспределения арсена в зерно. Урожайность сортов риса была выше при затоплении. У сортов ‘Виконт’ и ‘Консул’ при затоплении она была на уровне 9,35 и 11,76 т/га, а при капельном орошении – 6,80 и 9,30 т/га соот-

ветственно. Суммарное содержание неорганических элементов было существенно ниже у сорта ‘Консул’. Вероятно, это связано с относительным снижением элементов в биомассе при высокой продуктивности данного сорта. **Выводы.** Естественная контаминация урожая риса арсеном существенно ограничивает пищевую ценность культуры. Внедрение капельного полива посевов риса позволяет существенно снизить уровни накопления высокотоксичного арсена в зерне, что особенно важно для продуктов детского питания. Определенное при капельном поливе повышение накопления кадмия и стронция обуславливает высокие требования к качеству фосфорных удобрений, которые применяются в технологиях выращивания культуры. Внедрение капельного полива оптимизирует аэробные условия поступления ионов, что приводит к повышению накопления микроэлементов – компонентов редокс систем растений. Исключением является незначительное снижение содержания железа, что, вероятно, связано с активацией механизмов ингибирования поступления арсена в зерно риса. При этом наблюдается небольшое снижение продуктивности посевов. Таким образом, при капельном поливе наблюдается усиление накопления биологически важных металлов в зерне риса и снижение накопления высокотоксичного арсена.

**Ключевые слова:** арсен; тяжелые металлы; микроэлементы; спектроскопия; ICP MS.

UDC 663.18.03:549.241

**Schwartau, V. V.<sup>1\*</sup>, Mykhalska, L. M.<sup>1</sup>, Dudchenko, V. V.<sup>2</sup>, & Skydan, V. O.<sup>2</sup>** (2019). Content of inorganic elements in rice grain depending on irrigation methods. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 417–423. <https://doi.org/10.21498/2518 1017.15.4.2019.188718>

<sup>1</sup>Institute of Plant Physiology and Genetics, NAS of Ukraine, 31/17 Vasylykivska St., Kyiv, 03022, Ukraine, \*e mail: VictorSchwartau@gmail.com

<sup>2</sup>Institute of Rice, NAAS of Ukraine, Antonivka, Skadovsk district, Kherson region, 75705, Ukraine

**Purpose.** To study the content of heavy metals in the grain of two varieties of rice under different irrigation conditions. To estimate the content of basic microelements – components of redox systems of plants in the grain of rice for biofortification and inhibition of heavy metal accumulation. **Methods.** Plants of rice varieties ‘Consul’ and ‘Viscount’ were grown on the experimental fields of the Rice Institute of NAAS of Ukraine during flooding or drip irrigation. Grain samples were digested for analysis by microwave sample preparation in nitric acid on Milestone Start D. The content of inorganic elements was determined by ICP MS method on Agilent 7700x in helium

flow mode. Calibration solutions from Inorganic Ventures, USA were used. **Results.** Compared to flood irrigation, the introduction of drip irrigation leads to a 2.3–3 times decrease in the accumulation of arsenic in the grain. The increase in cadmium and strontium accumulation was found. Drip irrigation also increases the accumulation of trace elements in grain – components of redox systems of plants (copper, zinc, manganese). A slight decrease in iron content is probably associated with the activation of mechanisms for blocking the inflow and relocation of arsenic into the grain. The yield of rice varieties was higher during flooding. In the case of ‘Viscount’ and ‘Consul’, it was 9.35 and

11.76 t/ha in the case of flooding, and 6.80 and 9.30 t/ha in the case of drip irrigation, respectively. The total inorganic elements/ash content is significantly lower in the variety 'Consul'. This is probably due to the dissolution of elements in the biomass with high productivity of this variety.

**Conclusions.** The natural contamination of rice crops with arsenic limits the nutritional value of the crop. The introduction of drip irrigation of rice crops significantly reduces the accumulation of highly toxic arsenic in the grain, which is especially important for children food. The increase in cadmium and strontium accumulation determined by drip irrigation leads to high requirements for the quality of phosphate fertilizers used in crop

cultivation technologies. Introduction of drip irrigation optimizes the aerobic conditions of ion supply, which leads to increased accumulation of trace elements – components of redox systems of plants. The only exception is a slight decrease in iron content, which is probably associated with the activation of mechanisms of inhibition of the inflow of arsenic to the grain of rice. At the same time, there is a slight decrease in the productivity of crops. Thus, under drip irrigation there is an increase in the accumulation of biologically important metals and a decrease in the accumulation of highly toxic arsenic.

**Keywords:** *arsenic; heavy metals; trace elements; spectroscopy; ICP MS.*

*Надійшла / Received 5.12.2019*  
*Погоджено до друку / Accepted 16.12.2019*

## Economic valuable traits of promising breeding samples and 'Chornolysta' variety of *Mentha piperita* L. after *in vitro* sanitation and micropropagation

T. Ye. Shkopynska<sup>1\*</sup>, Yu. V. Kolomiets<sup>1</sup>, I. P. Hryhoriuk<sup>1</sup>, N. I. Kucenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroyiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, \*e mail: tatazp77@gmail.com

<sup>2</sup>Experimental Station of Medicinal Plants of the Institute of Agroecology and Environment NAAS of Ukraine, 16a Pokrovska St., Berezotocha village, Lubenskyi district, Poltava region, 37535, Ukraine

**Purpose.** To study the impact of clonal micropropagation and sanitation *in vitro* by viricide Ribavirin on *ex vitro* plant productivity, quantitative content and qualitative composition of peppermint essential oil components obtained from four breeding samples of peppermint plants (*Mentha piperita* L.) and the 'Chornolysta' variety. **Methods.** The study used methods of field agrotechnical one factor experiment, essential oil distillation with water vapor according to the Ginzberg method, capillary gas chromatography and statistical analysis. **Results.** Due to the sanitation process *in vitro*, the yield of air dried leaves of breeding samples increased by 2.9–7.1%, the 'Chornolysta' variety by 51.4% and rhizomes by 2.2–3.8% and 28.5% respectively, which amounted 0.35–2.74 t/ha. A significant increase of essential oil yield of breeding samples from 4.0 to 9.9 kg/ha was shown, and of the 'Chornolysta' variety – up to 28.6 kg/ha. After *in vitro* sanitation and clonal micropropagation of the breeding sample M 01 12, the content of essential oil was more than 4%. The following components of peppermint essential oil were identified: limonene, cineole, menton, mentofuran, isomenton, menthyl acetate,  $\beta$  caryophyllene, isomenthol, menthol, pulegon, piperitone and carvone. A clear tendency to a decrease in the amount of menton and isomenthol with isomenton and menthol increase in plants, sanitized and propagated *in vitro*, was revealed. **Conclusions.** The use of tissue and organ culture methods and *in vitro* sanitation improves the qualitative composition of terpenoids by increasing the amount of menthol and menton reducing. The data obtained on the composition of terpenoids should be considered in peppermint selection as one of the integral criteria, which should be included in the list of economically valuable characteristics of peppermint plants, such as foliage, biomass of air dried leaves, plant rhizomes and the amount of peppermint essential oil. Six indicators of the essential oil of the breeding sample M 01 02, namely citric acid, cineole, mentofuran, isomentone, pulegon, carvone, as well as the cineole / limonene ratio, meet the criteria of the European Pharmacopoeia, so it can be considered as promising for cultivation among the studied samples.

**Keywords:** peppermint; *Mentha piperita* L., *in vitro*; micropropagation; productivity; essential oil, capillary gas chromatography.

### Introduction

Peppermint (*Mentha piperita* L.) is a valuable medicinal essential oil culture that is widely used in medicine, chemical, pharmaceutical, perfumery, cosmetics, food and other industries. Plants are the source for obtaining phar-

maceutical leaves, essential oil and biologically active substances (BAS) [1]. Herbal medicinal raw materials of peppermint are leaves, essential oil and its components. Oil (*Menthae piperitae oleum*) and its main component menthol are the part of phyto-collections and about 40 combined medicines of domestic and foreign origin. A herb (*Herba Menthae piperitae*), leaves (*Folia Menthae piperitae*) and peppermint essential oil are used in medicines manufacturing. Peppermint herb contains about 3% of essential oil (inflorescences – up to 6%, stems – 0.4%, leaves – up to 4.8%) [2]. A peculiarity of peppermint, as an essential oil plant, is the presence of secretory structures located on the leaves, shoots and rhizomes of

Tetiana Shkopynska  
[https://orcid.org/0000\\_0001\\_7432\\_1577](https://orcid.org/0000_0001_7432_1577)  
Yulia Kolomiets  
[http://orcid.org/0000\\_0002\\_1919\\_6336](http://orcid.org/0000_0002_1919_6336)  
Ivan Grygoryuk  
[http://orcid.org/0000\\_0002\\_1706\\_9077](http://orcid.org/0000_0002_1706_9077)  
Natalia Kucenko  
[https://orcid.org/0000\\_0002\\_4777\\_1860](https://orcid.org/0000_0002_4777_1860)



the plant, which secrete essential oil, the main components of which are monoterpenes. According to the State Register of Medicines of Ukraine, about 70 pharmaceuticals contain menthol [3]. According to the available data, about 100 biologically active substances (BAS) have been identified in the mint essential oil, among which menthol is predominant [1]. According to the requirements of the European Pharmacopoeia (EP), peppermint essential oil should contain: limonene – 1.0–5.0%, cineole – 3.5–14.0%, menthone – 14.0–32.0%, mentofuran – 1.0–9.0%, isomentone – 1.5–10.0%, menthyl acetate – 2.8–10.0%, menthol – 30.0–55.0%, pulegon – 4.0%, carvone – 1.0% and isopulegon – 0.2% [4].

The content of the essential oil depends on the varietal characteristics, time of harvesting [5], age of the plant [6], conditions of agricultural technology [7], climatic and environmental factors [8]. In addition, the quantitative and qualitative composition of the oil fluctuates significantly along the growing season [9].

Peppermint plants are affected by fungi, bacteria and viruses, which causes a decrease in yield, the amount of BAS and the quality of medicinal raw materials, often causing the death of crops of valuable genotypes [10]. The peppermint is of hybrid origin and its varieties are recommended for vegetative propagation only, since the seed does not reproduce the parent form, a decrease in its productivity is observed during prolonged cultivation. Even in conditions of well-maintained nursery management, the accumulation and transfer of pathogens with planting material occurs.

In order to meet the needs of the pharmaceutical market in high quality raw materials, it is important to maintain at optimum level qualitative and quantitative indicators of cultivated varieties, namely yield, total leaves density, the amount of essential oil and its major components, in particular menthol. Now, one of the most effective ways for obtaining quality raw materials is to improve varietal material by the technique of apical meristem and chemotherapy, based on explants *in vitro* cultivation on nutrient media with antivirals and growth regulators [11]. The effect of growth regulators on the concentration, yield and components of mint essential oil is known [12–14].

In the State register of plant varieties valuable for cultivation in Ukraine for 2019, 5 varieties of peppermint were included [15]. With the exception of the ‘Lada’ variety, the rest of them were created 10 years or more ago. Anthropogenic and environmental factors of the environment cause the extinction and “degene-

ration” of cultivated peppermint varieties. Considering the polymorphism of morphological features and component composition of the essential oil and the accumulation of pathogens during vegetative propagation, the method of clonal micropropagation for peppermint culture is promising for rapid reproduction of genetically valuable varieties, breeding specimens and plant sanitation after pathogens influence.

The relevance of this work lies in the systematic study of the effect of plant sanitation in the conditions of clonal micropropagation *in vitro* on the industrial indicators and composition of terpenoids in the essential oil of perspective peppermint samples.

The purpose of the research is to study the effect of clonal micropropagation and sanitation of peppermint (*Mentha piperita* L.) plants *in vitro* by Ribavirin viroicide on the productivity of *ex vitro* plants, the quantitative content and qualitative composition of the components of mint essential oil obtained from four breeding specimens and the ‘Chornolysta’ variety.

## Materials and methods

Four breeding samples of peppermint plants and the ‘Chornolysta’ variety, provided by the Experimental Station of Medicinal Plants of the Institute of Agroecology and Environment of the NAAS of Ukraine, which were tested at the final stage of the breeding process and obtained samples of their essential oil were selected as objects of study. The ‘Chornolysta’ variety in the pharmaceutical industry is recognized as a medical standard [16].

The methods of *in vitro* culture of isolated tissues and organs and chemotherapy were used for peppermint plants sanitation. For introduction to the culture and micropropagation of plant explants modified Murashige and Skoog (MS) nutrient media with growth regulators (0.75 mg/l 6-benzylaminopurine, 0.1 mg/l of adenine, 0.05 mg/l of indolyl-3-acetic acid, 0.5 mg/l of gibberellic acid) and for one passage of Ribavirin (1-β-D-ribofuranosyl-1,2,4-triazole-3-carboxamide, Sigma-Aldrich, USA) at a concentration of 10 mg/l [17] were used.

Along 2015–2017 annually in the field, five experiments were planted in the seedling method in four repetitions in vil. Beresotocha in the Lubenskyi district of Poltava region at the territory of the Experimental station of medicinal plants of the Institute of Agro-ecology and Environment of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, in which they tested the variety of peppermint ‘Chornolysta’ and four promising breeding samples. Vegetatively propagated and not sanitized plants

served as a reference for sanitized by clonal micropropagation and *in vitro* chemotherapy experimental planting material. The mint seedlings used to set up the experiments corresponded to the standards of the normative document [18]. Evaluation was carried out during the period of technical suitability for planting in branching phase (second decade of May).

The plots were of five-rows. The length of one row was 10 m, the total area of the plot was 23 m<sup>2</sup>. The distance between the plants was 20 cm (250 plants per plot). Protective strips were laid with the same selection sample or variety that was tested in the experiment. The lateral protective strips were 0.9 m (2 rows), the length of the protective stripe before and after the experiment was 2 m. Plants were selected on each plot using the linear meter method to determine leaves number, yield and chemical components of the essential oil [19]. The plant raw materials for the production of essential oil were taken in compliance with the deadlines determined by the technological regulations for peppermint in the mass flowering phase [18]. Leaves density was calculated as the ratio of the mass of the leaves to the total mint mass. The yield of rhizomes was evaluated in the autumn after the end of the growing season in that part of the area where the aboveground mass was not harvested, since its cutting worsens the quality indicators of rhizomes due to the outflow of nutrients as a result of the after-grass growth. Dug out rhizomes were separated from the mother plant, weighed and recalculated per hectare (t/ha).

Essential oil from peppermint herb was obtained by distillation with water vapor according to the method of Ginsberg [20]. The obtained mint oil was stored in the refrigerator at 4 °C. The analysis of the essential oil components was performed by capillary gas chromatography on an Agilent 7890A chromatograph with a flame ionization detector with automatic sample entry. Column: DB-WAX (Agilent) 60 m × 0.25 mm, fixed phase macrogol 20000 (0.25 μm). Carrier gas: helium 1.5 ml/min, flow separation 1:50. For chromatography, 25 μl of the essential oil was dissolved in 1.5 ml of n-hexane, injection volume: 1.0 μl. Chromatography program: the column temperature was maintained at 70 °C for 15 min, then the temperature was raised to 240 °C for 85 min and maintained for 5 min at 240 °C; sample input temperature – 250 °C, detector temperature – 270 °C.

Identification of the biochemical components was performed by comparing the chromatograms with a typical mint oil chromatogram, which was in accordance with EF standards [4].

The percentages of the components were calculated by internal normalization, the composition of the essential oil was analyzed, and the results were compared with the corresponding intact plants.

The text and tables show the arithmetic mean values (n = 10) and their standard errors (x ± SE). The results were processed statistically using the program Statistica 10.0. One-way variance analysis was used; differences between the mean values were calculated by the ANOVA method.

## Results

The key features of the economic value of breeding samples and zoned peppermint varieties are the yield of above ground mass and rhizomes and the content of essential oil. It is these two components that determine the yield of essential oil per unit area and is the basis for the formation of the quantity and quality of the obtained products. An important feature on which the process of propagation and cultivation of a variety in production depends is the yield of rhizomes. In the experiments, the sanitation effect of the peppermint samples on the biochemical parameters was evaluated by the method of *in vitro* isolated tissues and organs cultivation (Table 1).

In the experimental variants, the yield of air-dry leaves after sanitation and micropropagation *in vitro* increased from 2.9 to 51.4%. However, it should be noted that promising breeding samples, even without *in vitro* culture, were characterized by high yields of air-dried leaves, which exceeded the 'Chornolysta' variety (reference) by 92.1–110%. Due to the improvement, the plant yields of the breeding samples exceeded Chornolysta by 30.7–48.6%. The sanitation did not significantly affect the number of air-dried leaves obtained from breeding specimens, as their productivity increased by only 2.9–7.1%.

The yield of rhizomes in sanitised peppermint plants was higher by 2.2–28.5%. The maximum increase of this index was determined in the variety 'Chornolysta' (P ≤ 0.01), in the breeding samples M 01-02 and M 01-12 the yield of rhizomes significantly increased (P ≤ 0.05), and in the sample M 01-04 the increase was minimal – 2.2%. The rhizome yield increased from 0.35 t to 2.74 t/ha.

The growth of yield indicators after the sanitation and micropropagation *in vitro* caused the accumulation of the amount of essential oil obtained in breeding samples from 4.0 to 9.9 kg/ha, and in the variety 'Chornolysta' – up to 28.6 kg/ha, that amounted 4.1–

Table 1

**Indicators of economically valuable traits of peppermint samples under conditions of using clonal micropropagation and *in vitro* sanitation (2015–2017)**

Sample, variety	Variant	Yield, t/ha		Leaves density, %	Essential oil content, %	Essential oil yield kg/ha
		Air dry leaves	Rhizomes			
M 01 02	reference group	2.69±0.06	20.4±0.23	57	3.68±0.14	99.0
	<i>in vitro</i>	2.77±0.07**	21.1±0.26*	60	3.73±0.13	103.3
M 01 03	reference group	2.74±0.07	24.8±0.31	55	3.61±0.11	98.9
	<i>in vitro</i>	2.80±0.06*	25.4±0.37	57	3.65±0.12	102.9
M 01 04	reference group	2.87±0.06	13.9±0.17	55	3.82±0.18	109.6
	<i>in vitro</i>	2.99±0.08**	14.2±0.20	57	3.89±0.14	116.3
M 01 12	reference group	2.94±0.06	13.1±0.19	59	3.97±0.18	116.7
	<i>in vitro</i>	3.15±0.07**	13.6±0.20*	62	4.02±0.19	126.6
'Chornolysta'	reference group	1.41±0.03	9.6±0.16	33	3.76±0.15	52.6
	<i>in vitro</i>	2.12±0.04**	12.3±0.18**	49	3.83±0.16	81.2

**Note.** Reference group – vegetatively propagated plants; *in vitro* – plants were sanitized and propagated *in vitro* (\* P ≤ 0.05; \*\* P ≤ 0.01)

8.5% for breeding specimens and 54.4% for the 'Chornolysta' variety.

The leaves density of vegetatively propagated breeding samples was in the range of 55–59%, after sanitation and clonal reproduction increased by 2–3%. Particular note is the breeding specimen M 01-12, which after *in vitro* sanitation, made up to 62% of leaves density. In the crop structure of the aboveground part of vegetatively propagated plants of the 'Chornolysta' variety, the leaves make up only 33%, and after the sanitation *in vitro*, this indicator increased significantly by 16%. Among the studied samples of peppermint for the content of essential oil, a high index of 4.02% was detected in the selection sample M 01-12 after *in vitro* culture (Table 1).

Within the composition of peppermint essential oil limonene, cineole, menthone, mento-

furan, isomentone, menthyl acetate, β-caryophyllene, isomenthol, menthol, pulegon, piperitone and carvone were identified by capillary gas chromatography (Table 2).

According to the obtained data, the maximum content of menthol, as the main marker component of essential oil, contain plants of the 'Chornolysta' variety – 30.7–33.3% and the selection sample M 01-02 – 28.6–29.4% (Fig. 1–4).

In the samples of essential oil of vegetatively propagated plants and after *in vitro* sanitation, the amount of menthol was from 15.4 to 33.3%, menthone to 15.1–50.9%. According to the results of the chromatographic analysis, an increase in the total amount of menthone, menthol, isomentone and isomenthol in essential oil of healed peppermint plants in culture was observed.

Limonene is the precursor of the main components and its concentration in the essential

Table 2

**The component composition of the essential oil obtained from vegetatively propagated and sanitized breeding samples and the variety of peppermint 'Chornolysta' (%)**

Essential oil components	Standard ratios EP, %	Sample/Variety									
		M 01 02		M 01 03		M 01 04		M 01 12		'Chornolysta'	
		VP	<i>in vitro</i>	VP	<i>in vitro</i>	VP	<i>in vitro</i>	VP	<i>in vitro</i>	VP	<i>in vitro</i>
Limonene	1.0–5.0	1.0	0.8	1.1	1.0	0.9	0.7	0.8	1.2	1.1	1.0
Cineole	3.5–14.0	5.0	4.4	2.1	2.4	3.4	3.0	2.8	2.8	3.8	3.1
Menthone	14.0–32.0	33.9	36.9	15.1	17.0	33.6	50.9	37.4	18.4	23.5	21.8
Mentofuran	1.0–9.0	3.2	3.4	8.4	5.0	7.0	4.8	5.3	6.7	4.8	4.5
Isomentone	1.5–10.0	5.9	7.1	21.6	26.1	5.8	6.8	6.2	18.7	4.0	3.3
Menthyl Acetate	2.8–10.0	2.6	1.6	5.3	3.3	11.2	3.5	8.8	6.2	3.0	2.9
β caryophyllene	–	0.2	0.2	0.8	1.0	0.6	1.1	0.7	0.8	1.0	1.6
Isomenthol	–	6.5	5.8	2.1	1.6	2.4	1.4	2.1	1.6	6.5	6.4
Menthol	30.0–55.0	28.6	29.4	19.7	22.4	25.7	15.4	21.8	27.2	30.7	33.3
Pulegon	to 4.0	3.1	1.9	11.3	8.6	4.1	6.3	9.2	10.7	11.1	11.9
Piperitone	–	0.1	0.2	0.3	0.4	0.3	0.5	0.4	0.3	0.4	0.4
Carvone	to 1.0	0.2	0.1	0.5	0.5	0.0	0.1	0.0	0.4	0.6	0.9
Other Compounds	–	9.7	8.4	11.7	10.8	4.9	5.6	4.5	5.0	9.5	8.9
Cineole / Limonene	more than 2.0	5.0	5.8	2.0	2.4	3.9	4.3	3.5	2.3	3.5	3.1

**Note.** VP – vegetatively propagated plants; *in vitro* – sanitized plants.

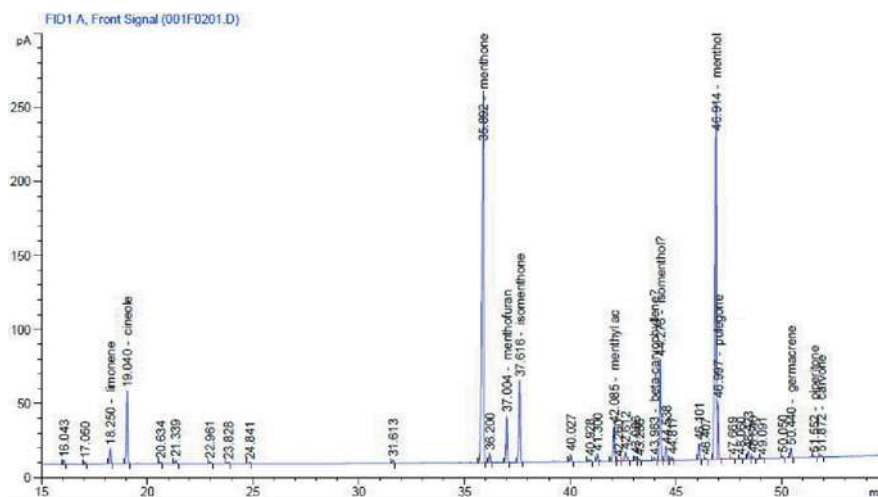


Fig. 1. Chromatogram of peppermint essential oil compounds of breeding sample M 01 02 before *in vitro* sanitation and reproduction

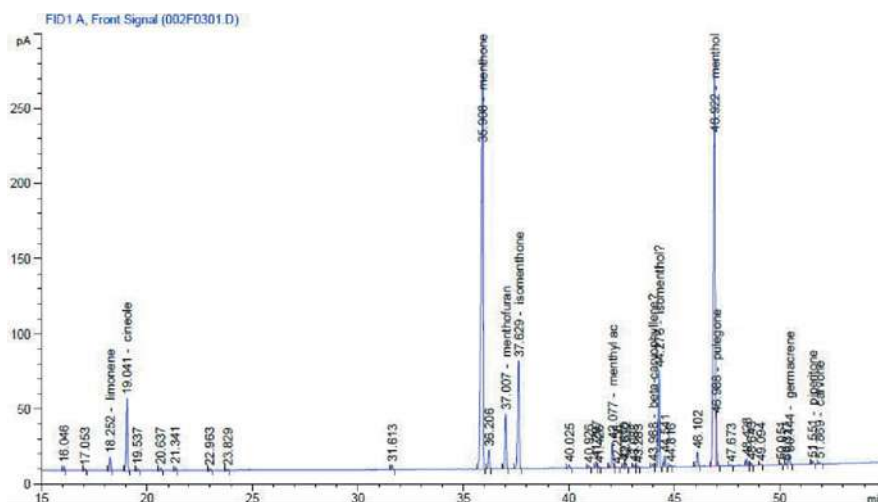


Fig. 2. Chromatogram of peppermint essential oil compounds of breeding sample M 01 02 after *in vitro* sanitation and reproduction

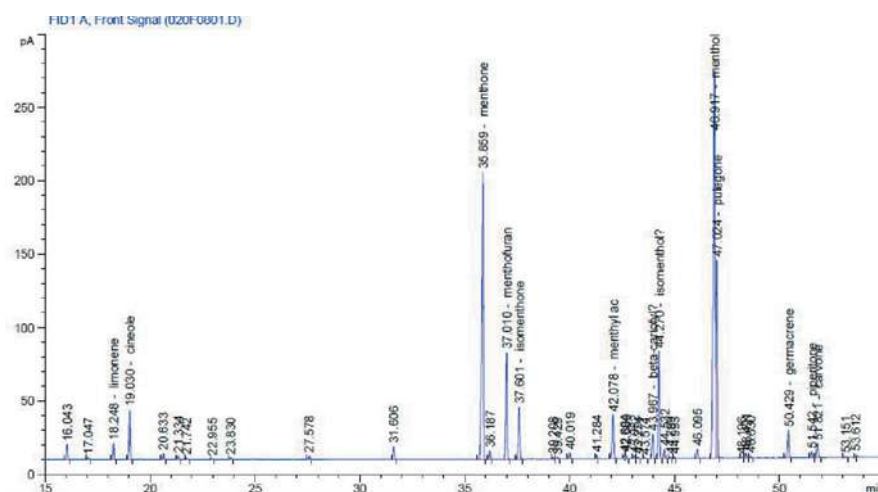


Fig. 3. Chromatogram of essential oil compounds of peppermint 'Chornolysta' variety leaves before *in vitro* sanitation and reproduction

oil samples after plant sanitation and clonal micropropagation decreased by 0.1–0.4%, except for the M 01-12 sample. By the amount of

1.8-cineole, which in its pure form has a camphor smell and a burning taste, the essential oil of vegetatively propagated variety M 01-02 con-

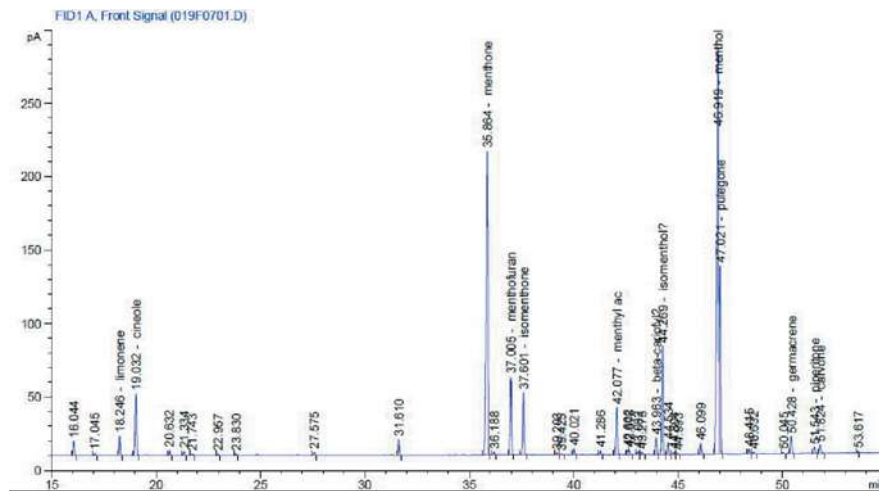


Fig. 4. Chromatogram of essential oil compounds of peppermint 'Chornolysta' variety leaves after *in vitro* sanitation and reproduction

tains its maximum amount – 5.0 and 4.4% – in sanitized plants. Essential oil obtained from vegetatively propagated plants of the 'Chornolysta' variety also meet EP standards. The cineole / citric acid ratio is an integral indicator of the quality of peppermint essential oil. Essential oil samples before and after sanitation and *in vitro* micropropagation meet EP standards (more than 2.0%), which distinguishes them among the previously studied varieties of Ukrainian breeding [21].

Samples of essential oil in the amount of mentofuran, which is synthesized from pulegon and contained mainly in peppermint flowers, meet the standards of EP too. Among the samples of essential oil of peppermint plants which have been healed *in vitro*, there is a tendency for mentofuran decreasing by 0.3–3.3%, excepting the breeding sample M 01-02.

Menthyl acetate in all samples of essential oil meets the criteria of EP requirements, excepting varieties of samples M 01-02, which has slightly reduced values – 2.6% in the control variant, and in plants, healed and propagated *in vitro* – 1.6%. According to the amount of pulegon, only the essential oil of the breeding sample M 01-02 meets the standards of EP, and in breeding samples M 01-03, M 01-04, M 01-12 and 'Chornolysta' before and after sanitation and micropropagation *in vitro* exceeds them.

According to the total content of marker compounds of the mint essential oil, namely menton, isomentone, menthol, isomenthol – peppermint plants can be arranged in the following sequence: breeding samples M 01-02 (74.9–79.1%); M 01-04 (67.5–74.5%); M 01-12 (65.9–67.5%); M 01-03 (58.5–67.1%) and 'Chornolysta' variety (64.7–64.8%).

The amount of menthone in breeding specimens M 01-02, M 01-04 and vegetatively propagated M 01-12 exceeds the recommended EP standards. Isomenton in the breeding sample M 01-03 exceeds the norm by 2 times, and after sanitation and cloning – by 2.5 times, and the content of menthol in all studied varieties is less than the EP standards.

As a result of factor analysis of the main components of the breeding peppermint samples essential oil, it was found that the first axis of the main components is 48.25% of the variance in the set of indicators, of which cineole,  $\beta$ -caryophyllene, isomenthol and pulegon were of the greatest meaning (Table 3). A slightly smaller contribution to the dispersion was made by isomentone, mentofuran and menthol.

The second axis of the major components is 28.11% of the total dispersion, which is dominated by the amount of limonene, carvone, piperitone and menthone.

The third axis (PC3) covers 14.41% of the variance. The maximum value in it is the content of menthyl acetate. We consider it necessary to evaluate significant changes in the synthesis of isoprenoids in plants in the process of clonal micropropagation of breeding samples of peppermint. First of all, their important difference is the high content of menthone, excepting the breeding sample M 01-03. Thus, in the variety M 01-12, the menthone after *in vitro* culture decreased by 2 times – from 37.4 to 18.4%, while in the breeding sample M 01-04 it increased – from 33.6 to 50.9%. Menthone is relatively stable in the breeding sample M 01-02 and the 'Chornolysta' variety. Menthone biosynthesis can occur by the restoration of pulegon or piperitone, as well as in the process of menthol oxidation [9]. Obviously,

Table 3

**Contribution of features into the main components of peppermint varieties**

Essential oil components	F1 (48,25%)	F2 (28,11%)	F3 (14,41%)
Limonene	0.176	0.498*	0.185
Cineole	0.917**	0.025	0.003
Menthone	0.313	0.576*	0.082
Mentofuran	0.541*	0.000	0.280
Isomentone	0.618*	0.322	0.016
Menthyl acetate	0.048	0.205	0.671*
β caryophyllene	0.786**	0.132	0.053
Isomenthol	0.793**	0.180	0.011
Menthol	0.392*	0.290	0.173
Pulegon	0.795**	0.007	0.038
Piperitone	0.312	0.597*	0.033
Carvone	0.407	0.517*	0.064
Minor compounds	0.176	0.498*	0.185

**Note.** F1, F2, F3 are the first, second and third axes of the principal components respectively.

with the use of *in vitro* culture method in plants of the variety M 01-12, the path of pulegon metabolism shifts towards the synthesis of isomentone, which, according to Fedchenkova Yu. A. [16], is caused by the decrease in the activity of the enzyme systems associated with the menthone accumulation in the leaves.

In the group of terpenoids studied, the first significant feature is the monocyclic terpene cineole (Table 3) with pronounced bacteriostatic action, which is intensively accumulated in the plants of the breeding sample M 01-02. The second most important marker is the pulegon, which is an important precursor of menthone and menthol in their biosynthesis. These biochemical characteristics in the complex are the most important characteristics of the secondary biosynthesis of metabolites in the leaves of peppermint plants.

The identified components of the essential oil of perspective breeding peppermint samples fluctuate within: limonene from 0.7% to 1.2%, cineole – 2.1–5.0%, menthone – 15.1–50.9%, mentofuran – 3,2–8.4%, isomentone – 5.8–26.1%, menthyl acetate – 1.6–11.2%, β-caryophyllene – 0.2–1.1%, isomenthol – 1,4–6.5%, menthol – 15.4–29.4%, pulegon – 1.9–11.3%, piperitone – 0.1–0.5%, carvone – 0.0–0.5% (Table 2).

Thus, after sanitation and micropropagation *in vitro*, the breeding sample of peppermint M 01-02 contains 3.7% of essential oil and 28.6–29.4% of menthol, at the same time the breeding sample of M 01-12 contains the largest amount of essential oil – 4.02 and menthol in it – 27.2%, but the pulegon twice exceeds the EP criteria.

Six indicators of the essential oil of the breeding sample M 01-02, namely: limonene, cineole, mentofuran, isomentone, pulegon and

carvone, meet the criteria of the European Pharmacopoeia, so it can be considered promising among the studied breeding samples.

Considering that in the studied breeding samples during the period of mass flowering, the precursors of menthol biosynthesis, namely pulegon, isomentone and menton differed in high content, and menthol, in turn, was low, it is necessary to trace the component composition of essential oil in other phases of mint flowering – at its beginning and ending.

The experiments were conducted along 2014–2017 according to the scientific topic “Biotechnological basis of reproduction of essential oil medicinal plants of Lamiaceae family for obtaining high quality planting material» (state registration number 0116U001994).

**Conclusions**

As a result of sanitation, the yield of air-dried leaves of perspective breeding specimens increased by 2.9–7.1%, and in the ‘Chornolysta’ variety – by 51.4%, compared to control. The yield of rhizomes of breeding specimens increased by 2.2–3.8%, of the ‘Chornolysta’ variety – by 28.5%, which corresponds to increase of biomass yield from 0.35 to 2.74 kg/ha. Clonal micropropagation and sanitation of peppermint plants *in vitro* resulted in an increase in the amount of essential oil obtained in the breeding specimens of 4.0–9.9 kg/ha, and in the ‘Chornolysta’ variety – 28.6 kg/ha, which is in breeding plant samples 4.0–8.5%, and in the variety ‘Chornolysta’ – 54.4%. The maximum content of essential oil (more than 4%) was observed in the breeding sample M 01-12 after sanitation *in vitro*.

Thus, the sanitation and clonal micropropagation *in vitro* causes an improvement in the quali-

tative composition of terpenoids. Increasing the amount of menthol in the conditions of simultaneous reduction of menthone is advisable to take into account in the process of mass clonal micropropagation of peppermint plants, which is a necessary condition for selection and provides an increase in leaves density, yield of air-dry leaves, rhizomes and amount of essential oil.

Six indicators of the essential oil of the breeding sample M 01-02, namely: limonene, cineole, mentofuran, isomenton, pulegon, carvone, as well as the ratio of cineole/limonene meet the criteria of the European Pharmacopoeia, therefore, among the studied breeding samples it can be considered promising for cultivation.

### Використана література

- Mint: The Genus *Mentha*. Medicinal And Aromatic Plants – Industrial Profiles / B. M. Lawrence (Ed.). Boca Raton: CRC Press Taylor&FrancisGroup, 2007. 598p. doi:10.1201/9780849307980
- Шелудько Л. П., Куценко Н. І. Лікарські рослини (селекція і насінництво). Полтава: ТОВ «Копі центр», 2013. 476 с.
- Державний реєстр лікарських засобів України. URL: <http://www.drlz.com.ua> (дата звернення: 28.10.2019)
- European Pharmacopoeia / Council of Europe, EDQM. 8<sup>th</sup> ed. Strasbourg: Council of Europe, 2014. pp. 275 6, 1232 4, 1350 2, 1369 70.
- Hussain A. I., Anwar F., Nigam P. S. et al. Seasonal variation in content, chemical composition and antimicrobial and cytotoxic activities of essential oils from four *Mentha* species. *J. Sci. Food Agr.* 2010. Vol. 90, Iss. 11. P. 1827–1836. doi: 10.1002/jsfa.4021
- Kassahun B. M., Teixeira Da Silva J. A., Mekonnen S. A. Agronomic characters, leaf and essential oil yield of peppermint (*Mentha piperita* L.) as influenced by harvesting age and row spacing. *Med. Aromat. Plant Sci. Biotechnol.* 2011. Vol. 5, Iss. 1. P. 49–53.
- Mansoori I. The Effect of Plant Density and Harvesting Time on Growth and Essential Oil of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *J. Med. Bioeng.* 2014. Vol. 3, Iss. 2. P. 113–116. doi: 10.12720/jomb.3.2.113 116
- Фогель И. В. Характеристика пряноароматических растений из семейства Губоцветные (Lamiaceae L.) по количественному содержанию и качественному составу эфирных масел: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 03.00.04 «Биохимия» / ВНИИ растениеводства. Санкт Петербург, 1997. 19 с.
- Кириченко Е. Б. Экофизиология мяты: продукционный процесс и адаптационный потенциал. Москва: Наука, 2008. 140 с.
- Мищенко Л. Т., Дунич А. А., Дашенко А. В., Молчанец О. В. Видовое разнообразие вирусов, поражающих растения рода *Mentha*. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки.* 2014. Т. 2, № 6. С. 29–45.
- Хоміна В. Я., Пономаренко С. П., Григорюк І. П., Серга О. І. Регулятори росту як перспективні засоби підвищення продуктивності лікарських культур. *Біологічні системи: теорія та інновації.* 2015. Вип. 214. С. 294–302.
- Saharkhiz M. J., Goudarzi T. Foliar Application of Salicylic acid Changes Essential oil Content and Chemical Compositions of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *J. Essent. Oil Bear. Pl.* 2014. Vol. 17, Iss. 3. P. 435–440. doi: 10.1080/0972060X.2014.892839
- Khanam D., Mohammad F. Effect of structurally different plant growth regulators (PGRs) on the concentration, yield, and constituents of peppermint essential oil. *J. Herbs. Spices Med. Plants.* 2017. Vol. 23, Iss. 1. P. 26–35. doi: 10.1080/10496475.2016.1254700
- Çoban Ö., Baydar N. G. Brassinosteroid Modifies Growth and Essential Oil Production in Peppermint (*Mentha piperita* L.). *J. Plant Growth Regul.* 2017. Vol. 36, Iss. 1. P. 43–49. doi: 10.1007/s00344 016 9614 115
- Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні у 2019 році (станом на 28.10.2019). URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>
- Федченко Ю. А. Фармакогностичне дослідження рослин родин березові, гарбузові, глухокропивові та створення субстанцій на їх основі: автореф. дис. ... д-ра фармацевт. наук: 15.00.02 «Фармацевтична хімія та фармакогнозія» / Нац. фармацевтичний ун-т. Харків, 2018. 43 с.
- Таланкова Середя Т. Є., Коломієць Ю. В., Григорюк І. П. Клональне мікророзмноження сортів м'яти перцевої (*Mentha piperita*) української селекції. *Plant Var. Stud. Prot.* 2016. № 2. С. 50–56. doi: 10.21498/2518 1017.2(31).2016.70277
- Губаньов О. Г., Середя Т. Є., Середя Л. О. та ін. Належна практика культивування і збору лікарських рослин (ГАСР) як гарантія якості лікарської рослинної сировини і препаратів на її основі / за ред. О. В. Середи, Л. А. Глуценко. Київ, 2013. 104 с.
- Ещенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В. О. Ещенка. Вінниця: ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
- Hefendehl F. W., Underhill R. W., Rudloff F. The biosynthesis of the originated monoterpenes in mint. *Phytochemistry.* 1967. Vol. 6. P. 823–835.
- Talankova Sereda T. E., Kolomiets J. V., Likhanov A. F. et al. Effect of clonal reproduction on quantitative indices and component composition of essential oil of peppermint varieties. *Regul. Mech. Biosyst.* 2018. Vol. 9, Iss. 3. P. 340–346. doi: 10.15421/021850

### References

- Lawrence, B. M. (Ed.). (2007). *Mint: The Genus Mentha. Medicinal and Aromatic Plants – Industrial Profiles*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group. doi:10.1201/9780849307980
- Sheludko, L. P., & Kucenko, N. I. (2013). *Likarski rostliny (selekcija i nasinnyctvo)* [Medicinal plants (breeding and seed production)]. Poltava: TOV "Kopi centr". [in Ukrainian]
- Derzhavnyi reiestr likarskykh zasobiv Ukrainy* [State Register of Medicines of Ukraine]. (n.d.). Retrieved from <http://www.drlz.com.ua>
- Council of Europe, EDQM. (2014). *European Pharmacopoeia* (pp. 275–276, 1232–1234, 1350–1252, 1369–1370). (8<sup>th</sup> ed.). Strasbourg: Council of Europe.
- Hussain, A. I., Anwar, F., Nigam, P. S., Ashraf, M., & Giliani, A. H. (2010). Seasonal variation in content, chemical composition and antimicrobial and cytotoxic activities of essential oils from four *Mentha* species. *J. Sci. Food Agr.*, 90(11), 1827–1836. doi: 10.1002/jsfa.4021
- Kassahun, B. M., Teixeira da Silva, J. A., & Mekonnen, S. A. (2011). Agronomic characters, leaf and essential oil yield of peppermint (*Mentha piperita* L.) as influenced by harvesting age and row spacing. *Med. Aromat. Plant Sci. Biotechnol.*, 5(1), 49–53.
- Mansoori, I. (2014). The Effect of Plant Density and Harvesting Time on Growth and Essential Oil of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *J. Med. Bioeng.*, 3(2), 113–116. doi: 10.12720/jomb.3.2.113 116
- Fogel, I. V. (1997). *Kharakteristika pryanoaromaticheskikh rasteniy iz semejstva Gubotsvetnye (Laminaseae L.) po kolichestvennomu sodержaniyu i kachestvennomu sostavu efirnykh masel* [Characteristics of aromatic plants from the Mint family (Lamiaceae L.) by quantitative content and qualitative composition of essential oils] (Extended Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss). All Russian Research Institute Floriculture and Subtropical Crops, Saint Petersburg, Russian. [in Russian]

9. Kirichenko, E. B. (2008). *Ekofiziologiya myaty: produktsionnyy protsess i adaptatsionnyy potentsial* [Ecophysiology of mint: production process and adaptive potential]. Moscow: Nauka. [in Russian]
10. Mishchenko, L. T., Dunich, A. A., Dashchenko, A. V., & Molchanets, O. V. (2014). Species diversity of viruses infecting plants of *Mentha* genus. *Izvestiya vysshikh uchebnykh za vedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* [Univ. Proc. Volga Reg. Nat. Sci.], 2, 29–45. [in Russian]
11. Homina, V., Ponomarenko, S., & Hryhoriuk, I. (2015). Growth regulators as an effective means of improving quality of medicinal plant seeds. *Vmologmčni sistemi: teorma ta mnovacmn* [Biological Systems: Theory and Innovation], 214, 294–303. [in Ukrainian]
12. Saharkhiz, M. J., & Goudarzi T. (2014). Foliar Application of Salicylic acid Changes Essential oil Content and Chemical Compositions of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *J. Essent. Oil Bear. Pl.*, 17(3), 435–440. doi: 10.1080/0972060X.2014.892839
13. Khanam, D., & Mohammad, F. (2017). Effect of structurally different plant growth regulators (PGRs) on the concentration, yield, and constituents of peppermint essential oil. *J. Herbs. Spices Med. Plants.*, 23(1), 26–35. doi: 10.1080/10496475.2016.1254700
14. Çoban, Ö., & Baydar, N. G. (2017). Brassinosteroid Modifies Growth and Essential Oil Production in Peppermint (*Mentha piperita* L.). *J. Plant Growth Regul.* 36(1), 43–49. doi: 10.1007/s00344-016-9614-1
15. *Derzhavnyi reiestr sortiv Roslyn, prydatnykh do poshyrennia v Ukraini u 2019 rotsi* [State register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2019]. (2019). Retrieved from <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslyn> [in Ukrainian]
16. Fedchenkova, Ya. A. (2018). *Farmakohnostychnye doslidzhennia roslyn rodyn berezovi, harbuzy, hlukhokropyvovi ta stvorenia substantsii na yikh osnovi* [Pharmacognostic research of plants of Betulaceae, Cucurbitaceae, Lamiaceae families and the creation of substances based on them]. (Extended Abstract of Dr. Pharm. Sci. Diss.). National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine. [in Ukrainian]
17. Talankova Sereda, T. E., Kolomiie, Yu. V., & Hryhoriuk, I. P. (2016). Clonal micropropagation of peppermint (*Mentha piperita* L.) varieties of Ukrainian breeding. *Plant Var. Stud. Prot.*, 2, 50–56. doi: 10.21498/2518-1017.2(31).2016.70277 [in Ukrainian]
18. Hubanyov, A., Sereda, L., Syvohlaz, L., Pachovskyi, B., & Filenko, S. (2013). *Nalezhna praktyka kultyuvannia i zboru likarskykh roslyn (GACP) yak harantiia yakosti likarskoi roslynnoi syrovyny i preparativ na yii osnovi* [Good practice of cultivation and collection of medicinal plants (GACP) as a guarantee of the quality of medicinal plants and drugs on its bases]. O. Sereda, & L. Hlushchenko (Eds.). Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
19. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. G., Kostogryz, P. V., & Opryshko, V. P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of research in agronomy]. V. O. Yeshchenko (Ed). Vinnytsia: TD "Edelveis i K". [in Ukrainian]
20. Hefendehl, F. W., Underhill, R. W., & Rudloff, F. (1967). The biosynthesis of the originated monoterpenes in mint. *Phytochemistry*, 6, 823–835.
21. Talankova Sereda, T. E., Kolomiets, J. V., Likhanov, A. F., Sereda, A. V., Kucenko, N. I., & Shkopinskiy, E. O. (2018). Effect of clonal reproduction on quantitative indices and component composition of essential oil of peppermint varieties. *Regul. Mech. Biosyst.*, 9(3), 340–346. doi: 10.15421/021850

УДК 633.822:57.085.23

**Шкопинська Т. Є.<sup>1\*</sup>, Коломієць Ю. В.<sup>1</sup>, Григорюк І. П.<sup>1</sup>, Куценко Н. І.<sup>2</sup>** Господарсько цінні ознаки перспективних селекційних зразків та сорту 'Чорнолиста' *Mentha piperita* L. після їх оздоровлення й мікророзмноження *in vitro*. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 4. С. 424–433. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.4.2019.188722>

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, \*e mail: tatazp77@gmail.com

<sup>2</sup>Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроекології і природокористування НААН України, вул. Покровська, 16а, с. Березоточа, Лубенський р н, Полтавська обл., 37535, Україна

**Мета.** Встановити ефективність впливу клонального мікророзмноження та оздоровлення рослин м'яти перцевої (*Mentha piperita* L.) в культурі *in vitro* віроцидом Ribavirin на продуктивність рослин *ex vitro*, кількісний вміст і якісний склад компонентів м'ятної ефірної олії, отриманої з чотирьох селекційних зразків й сорту 'Чорнолиста'. **Методи.** У дослідженнях використано методи польового агротехнічного однофакторного дослідження, регонки олії ефірної з водяною парою за методикою Гінзберга, капілярної газової хроматографії та статистичного аналізу. **Результати.** Завдяки процесу оздоровлення в культурі *in vitro* врожайність повітряно сухих листків селекційних зразків збільшилася на 2,9–7,1%, а сорту 'Чорнолиста' – 51,4% та кореневищ на 2,2–3,8% і сорту 'Чорнолиста' – 28,5%, що складає 0,35–2,74 т/га. Показано достовірне зростання виходу ефірної олії у селекційних зразків від 4,0 до 9,9 кг/га, а у сорту 'Чорнолиста' – 28,6 кг/га. Після оздоровлення та клонального мікророзмноження в культурі *in vitro* у селекційного зразка М 01 12 прослідковувалось накопичення вмісту ефірної олії більше 4%. Нами ідентифіковано наступні компоненти ефірної олії м'яти перцевої: лімонен, цинеол, ментон, ментофуран, ізоментон, ментіл ацетат,

β каріофілен, ізоментол, ментол, пулегон, піперитон та карвон. Встановлено чітку тенденцію до зменшення кількості ментону та ізоментолу та одночасне збільшення ізоментону і ментолу у рослин, що оздоровлені та розмножені в умовах культури *in vitro*. **Висновки.** За стосування методів культури тканин і органів й оздоровлення *in vitro* спричиняє поліпшення якісного складу терпеноїдів за рахунок збільшення кількості ментолу та зменшення ментону. Отримані дані щодо складу терпеноїдів необхідно враховувати в селекції м'яти перцевої як одного із інтегральних критеріїв, який необхідно вводити до переліку господарсько цінних ознак культури м'яти перцевої: облиствіння, біомасу повітряно сухих листків, кореневищ рослин та кількість виходу м'ятної ефірної олії. Шість показників ефірної олії селекційного зразка М 01 02, а саме лімонен, цинеол, ментофуран, ізоментон, пулегон, карвон, а також співвідношення цинеол/лімонен відповідають критеріям європейської фармакопеї, тому серед досліджуваних селекційних зразків його можна вважати найперспективнішим для культивування.

**Ключові слова:** м'ята перцева; *Mentha piperita* L.; культура *in vitro*; мікророзмноження; врожайність; ефірна олія; капілярна газова хроматографія.



УДК 633.822:57.085.23

**Шкопинская Т. Е.<sup>1\*</sup>, Коломиец Ю. В.<sup>1</sup>, Григорюк И. П.<sup>1</sup>, Куценко Н. И.<sup>2</sup>** Хозяйственно ценные признаки перспективных селекционных образцов и сорта 'Чернолиста' *Mentha piperita* L. после их оздоровления и микроразмножения *in vitro* // Plant Varieties Studying and Protection. 2019. Т. 15, № 4. С. 424–433. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.188722](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.188722)

<sup>1</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина, \*e mail: tatazp77@gmail.com

<sup>2</sup>Опытная станция лекарственных растений Института агроэкологии и природопользования НААН Украины, ул. Покровская, 16а, с. Березоточа, Лубенский р н, Полтавская обл., 37535, Украина

**Цель.** Установить эффективность воздействия клонального микроразмножения и оздоровления растений мяты перечной (*Mentha piperita* L.) в культуре *in vitro* вироцидом Ribavirin на продуктивность растений *ex vitro*, количественное содержание и качественный состав компонентов мятного эфирного масла, полученного из четырех селекционных образцов и сорта 'Чернолиста'. **Методы.** В исследованиях использованы методы полевого агротехнического однофакторного опыта, перегонки эфирного масла с водяным паром по методике Гинзберга, капиллярной газовой хроматографии и статистического анализа. **Результаты.** Благодаря процессу оздоровления в культуре *in vitro* урожайность воздушно сухих листьев селекционных образцов увеличилась на 2,9–7,1%, а сорта 'Чернолиста' – 51,4% и корневищ – на 2,2–3,8% и на 28,5% соответственно, что составило 0,35–2,74 т/га. Показано достоверное увеличение выхода эфирного масла у селекционных образцов от 4,0 до 9,9 кг/га, а у сорта 'Чернолиста' – до 28,6 кг/га. После оздоровления и клонального микроразмножения в культуре *in vitro* у селекционного образца М 01 12 прослеживалось накопление содержания эфирного масла более 4%. Были идентифицированы такие компоненты эфирного масла мяты перечной: лимонен, цинеол, ментон, ментофуран, изоментон, ментила

цетат, β кариофилен, изоментол, ментол, пулегон, пиперитон и карвон. Установлена четкая тенденция к уменьшению количества ментона и изоментола, а также одно временное увеличение изоментона и ментола у растений, оздоровленных и размноженных в условиях культуры *in vitro*. **Выводы.** Применение методов культуры тканей и органов и оздоровления *in vitro* улучшает качественный состав терпеноидов за счет увеличения количества ментола и уменьшения ментона. Полученные данные о составе терпеноидов необходимо учитывать в селекции мяты перечной как одного из интегральных критериев, который необходимо отнести к перечню хозяйственно ценных признаков культуры мяты перечной: облиственность, биомасса воздушно сухих листьев, корневищ растений и количество мятного эфирного масла. Шесть показателей эфирного масла селекционного образца М 01 02, а именно: лимонен, цинеол, ментофуран, изоментон, пулегон, карвон, а также соотношение цинеол/лимонен соответствуют критериям европейской фармакопеи, поэтому среди исследуемых селекционных образцов его можно считать перспективным для культивирования.

**Ключевые слова:** мята перечная; *Mentha piperita* L.; культура *in vitro*; микроразмножение; урожайность; эфирное масло; капиллярная газовая хроматография.

Надійшла / Received 24.10.2019  
Погоджено до друку / Accepted 13.12.2019

## Вплив генів, що обумовлюють форму листка та висоту рослин, на господарські ознаки гібридів соняшника (*Helianthus annuus* L.)

К. В. Ведмедєва\*, Т. В. Махова

Інститут олійних культур НААН України, вул. Інститутська, 1, с. Сонячне, Запорізький р н, Запорізька обл., 69093, Україна, \*e mail: vedmedeva.katerina@gmail.com

**Мета.** Установити вплив генів *Dw*, *Fr*, *sp*, що контролюють морфологічні маркерні ознаки ліній соняшника, на господарсько цінні показники їхніх гібридів першого покоління. **Методи.** Польовий дослід, опис за морфологічними ознаками, статистичний аналіз. **Результати.** Проведено схрещування ліній та їхніх аналогів за генами: *sp* (ложкоподібна форма листка), *Fr* (бахрома краю листка) і *Dw* (низькорослість) і вихідних селекційних ліній зі стерильними лініями. Отримані гібриди ліній та їхніх аналогів оцінені в польових умовах за проявом маркерної ознаки, врожайності, олійності, маси 1000 насінин, висоти, діаметра кошика, кількості листків. Показники гібридів ліній з морфологічними маркерами порівняли з показниками гібридів з вихідними лініями. Рецесивний алель гена *sp* обумовлює ложкоподібну форму листка. Ця ознака в гібридів першого покоління не спостерігалась. Ген *Fr* у домінантному стані обумовлює хвилясто зубчастий край листка. У гібридів першого покоління теж спостерігались зміни краю форми листка. Ознака «висота соняшника» обумовлена геном *Dw*, який у домінантному гомозиготному стані обумовлює висоту рослин до 90–100 см. Для створення ліній аналогів за кожною з трьох ознак як генетичну основу було використано три селекційні лінії: 'ЛВ07В', 'ЗЛ678В' та 'ЛО6Б'. Для схрещування з лініями аналогами використано шість материнських стерильних ліній. Вивчали гібриди за врожайністю, олійністю, масою 1000 насінин, висотою рослин, діаметром кошика, кількістю листків. **Висновки.** Встановлено високу вірогідність негативного впливу домінантного алеля гена *Dw* (dwarfishness – низькорослість) на врожайність, олійність і кількість листків гібридів з лінією носієм рецесивної гомозиготи. Встановлено помірні та низькі вірогідності різниці рівня ознак гібридів з домінантним алелем гена *Fr* (fringe – бахрома краю листка) та гібридів з вихідними лініями.

**Ключові слова:** соняшник звичайний; врожайність; олійність насіння; маса 1000 насінин; гібриди; лінії аналоги.

### Вступ

Соняшник перехреснозапилна культура. Вирощування ділянок гібридизації та розмноження у соняшнику вимагає просторової ізоляції до п'яти кілометрів. Відстань обумовлена відстанню та напрямом льоту бджіл. Тому часто спостерігається порушення генетичної чистоти вирощеного на ділянках розмноження насінневого матеріалу соняшнику. Визначення генетичної чистоти насіння лабораторними методами навіть при перебільшенні стандарту домішок дає змогу лише на відсоток вибракувати всю партію не

відповідного за генетичною чистотою насіння. [1]. Морфологічна ознака, яка має яскраву відмінність і простий генетичний контроль у насінництві має назву маркерної. Використання маркерних морфологічних ознак дозволяє на ділянках розмноження покращувати генетичну чистоту насінневого матеріалу шляхом видалення не відповідних за цією ознакою рослин до цвітіння. Дуже добре, коли відмінності починають виявлятися ще до цвітіння ліній, це дозволяє ретельніше і вчасно відтворити генетичну чистоту посіву. До таких ознак у першу чергу слід віднести ознаки листка та висоти рослин.

Листок як орган рослини характеризується формою та забарвленням. Забарвлення яскравіша ознака, однак у більшості випадків це відтінки зеленого кольору. Встановлено зв'язок між світлим забарвленням листків

Kateryna Vedmedieva

[http://orcid.org/0000\\_0003\\_4571\\_2960](http://orcid.org/0000_0003_4571_2960)

Tatiana Makhova

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_0842\\_767X](https://orcid.org/0000_0002_0842_767X)

і врожайністю рослин [2, 3]. Форма листка складна ознака, яка включає форму листкової пластинки, її вигини, зубчастість краю. З ознак обумовлених одним геном вивчена ознака «бахрома краю листка», яка спостерігається при домінантному стані гена *Fr* [4]. Ознака ложкоподібної форми листкової пластинки проявляється, коли ген *sp* знаходиться у рецесивному стані [5, 6]. Ознаки бахром та ложкоподібної листкової пластинки виявляють стабільний прояв у різні роки вирощування. Інші ознаки форми листка: розмір, форма зубців на краю не дуже яскраві і мають складніше успадкування [7].

Ознака «висота рослин» відома як полігенна. Однак, Гавріловою В. О. виділено три типи низькорослості [8]. Один схожий з встановленим Енсом зі співавторами [7], його дія виявляється в укороченні міжвузлів на стеблі і, як наслідок, зменшенні висоти рослин. Вказано, що цей тип низькорослості обумовлений генами *Dw* та *I* з проміжним характером успадкування. Другий тип низькорослості обумовлено адитивною взаємодією рецесивних алелів не менш ніж трьох генів. Третій тип низькорослості обумовлено полігенною дією не менш ніж трьох генів з неповним домінуванням.

Про наявність одного гена *Dw*, домінантний стан алелів якого обумовлює низькорослість рослин саме в 'Донському низькорослому' сорті та лініях, створених на його основі, повідомляли Miller J. F., Hammond J. J. [8]. Дослідження з фізіології та молекулярної генетики дозволили стверджувати, що прояв першого типу низькорослості соняшника, пов'язаного з укороченням міжвузлів викликають білки DELLA. Встановлено наявність у соняшника п'яти генів, які кодують білки DELLA. Встановлено, що *HaDella1* має поодинокую заміну нуклеотиду, яка й забезпечує прояв низькорослості [9].

Лінії і зразки з ознакою низькорослості вивчались на предмет впливу цієї ознаки на інші ознаки лінії. Важливими є дослідження, проведені на матеріалі ліній аналогів (майже ізогенних ліній), які були створені Пімахіним В. Ф. [10]. У сучасному світі соняшник у сільському господарстві вирощують у вигляді гібридів і відповідно не менш важливо мати інформацію, які зміни у гібриди може принести використання генів морфологічних маркерних ознак, зокрема форми листка та низькорослості.

Найвищий рівень вивчення окремих алелів генів – це створення ліній аналогів (практично-ізогенних ліній) [11]. Для їхнього створення окремі алелі гена переносять в ін-

ший генотип шляхом бекросування у 6–7 поколіннях з перевіркою його наявності, або застосовуючи методи молекулярної генетичної інженерії [12, 13]. Можливо також створення відповідних мутацій (алелів генів) шляхом мутагенезу одразу на кількох лініях. У мутантах обов'язково проводять генетичну ідентифікацію мутантного алеля та відповідність усього геному вихідній лінії [14–16].

Нами було створено та вивчено колекцію ліній аналогів за морфологічними ознаками [17]. До цієї колекції входять лінії аналогів за генами *Fr*, *Dw* та *sp*, створені на основі трьох селекційних ліній, це дозволяє встановити дійсні впливи генів на показники їхніх гібридів.

*Мета досліджень* – установити вплив генів *Dw*, *Fr*, *sp*, що контролюють морфологічні маркерні ознаки ліній на господарсько-цінні показники гібридів першого покоління.

### Матеріали та методика досліджень

Матеріалом дослідження було обрано три селекційні лінії соняшника та їхні аналоги за генами, що обумовлюють морфологічні ознаки форми листка: бахрома краю листка, ложкоподібна форма та низькорослість рослин (ген *Dw*) [17]. Селекційні лінії та їхні аналоги одночасно залучали до схрещувань з лініями-тестерами. У ролі ліній-тестерів було використано стерильні лінії селекції різних установ. Кожна лінія аналог була представлена кількома сублініями, отриманими з 6–7 бекросу. До результатів аналізу включено лише гібриди з сублініями, які не змінювались і були однорідними наступні два покоління. Схрещування кожної комбінації й оцінку гібридів на ділянках площею 10,2 м<sup>2</sup> проводили у триразовому повторенні. Гібриди кожної групи ліній аналогів та їхньої вихідної форми висівали окремим дослідом з використанням рендомізації. Гібриди оцінювали за вегетаційним періодом, врожайністю, олійністю, висотою та діаметром кошика, останні визначали на час фізіологічної стиглості рослин. Використано стандартну методику закладання дослідів та обрахунок результатів [18]. За отриманими показниками гібридних комбінацій проводили порівняння гібридів ліній аналогів за генами *sp* (spoon), *Dw* (dwarfism), *Fr* (fringe) і гібридів з вихідними лініями. Врожайність визначали з кожної ділянки за виключенням крайових рослин. Олійність насіння визначали у середніх пробах насіння за ДСТУ 7577:2014 (Насіння олійне. Визначення вмісту олії методом екстракції в апараті Сокслета.) [19]. Біометричні вимірювання проводили у фазу фізіологічної стиглості рослин.

### Результати досліджень

Рецесивний алель гена *sp* обумовлює ложкоподібну форму листка – його краї загинаються уверх. Ця ознака в гібридів першого покоління не спостерігається (рис. 1).

Ген *Fr* у доміантному стані обумовлює хвилясто-зубчастий край листка. У гібридів першого покоління теж спостерігаються зміни краю форми листка. Форма краю листка нагадує форму листка батьківської лінії, але з менш інтенсивними хвилями (рис. 1).



♂ генотип FrFr



F1 генотип Frfr



♀ генотип frfr



♂ генотип spsp



F1 генотип SpSp



♀ генотип SpSp

Рис. 1. Ознаки бахромки (ген *Fr*) та ложкоподібної форми (ген *sp*) листка у ліній аналогів та форма листка гібридів і материнських стерильних ліній соняшнику

Прояв ознаки висоти рослин соняшника до 90–100 см обумовлений геном *Dw* у доміантному гомозиготному стані. У гетерозиготному стані рослини гібридів мають висоту на 10–20 см меншу, ніж гібриди з вихідними лініями.

Лінії аналоги за описаними вище генами були створені на основі трьох селекційних ліній. Дві батьківські ‘ЛВ07В’, ‘ЗЛ678В’ та одна материнська ‘Л06Б’. Лінія ‘ЗЛ678В’ та відповідно усі її аналоги мали рецесивне гілкування. Кожну використану у схрещуваннях рослину вирощували і перевіряли у наступному поколінні на відповідність за морфологічними ознаками. Стабільні за ознаками потомства включені в колекції у подальшому з власними назвами, а гібридні комбі-

нації з ними – до аналізу ознак гібридів.

У таблиці 1 представлено результати вивчення гібридів з лініями аналогами, створеними на основі селекційної батьківської лінії ‘ЛВ07В’. Загалом для схрещування використано шість материнських стерильних ліній, з яких одна була простим невідновленим гібридом ‘Кубанський 93’. У таблиці наведено 3 з них. Показники гібрида з відповідним геном форми листка або низькоростості порівнювали з показником гібрида з вихідною лінією, яка використана як основа для створення аналога. Достовірно відмінні показники гібрида з аналогом від гібрида з вихідною лінією помічені «\*». З переліку гібридів виділилась комбінація схрещування лінії ‘ЗЛ22А’ з лініями аналогами за озна-

кою ложкоподібного листка. Гібриди з використанням ліній з ложкоподібною формою листка мали більшу врожайність, олійність, висоту. Ознаки «діаметр кошика» та «маса 1000 насінин» достовірно відрізнялись в одній комбінації. У гібридній комбінації лінія 'ЗЛ95А' на аналог з ознакою низько-

рослості відмічено достовірно меншу олійність та висоту рослин. У гібридній комбінації 'Куб 93' на аналог з ложкоподібним листком також виявили достовірно більшу за вихідний гібрид врожайність і в одному випадку більший діаметр кошика та висоту рослин.

Таблиця 1

## Результати випробування гібридів з лініями аналогами та лінією 'ЛВ07В'

Материнська лінія	Лінія, № батьківської рослини	Ген, ознака	Врожайність, т/га	Олійність, %	Висота рослин, см	Діаметр кошика, см	Кількість листків, шт.	Маса 1000 насінин, г
'ЗЛ22А'	'ЛВ07'	–	2,85±0,15	51,2±1,59	142,2±4,8	18,0±1,6	25,8±1,7	49,9±3,22
	786р1	<i>Dw</i> , низькорослість	2,82±0,34	49,3±0,30	135,4±10,4	*19,2±1,2	25,6±1,9	45,6±9,08
	786р2		2,89±0,06	51,3±0,04	132,4±10,4	17,2±0,5	25,0±0,9	44,5±3,73
	788р2	<i>sp</i> , ложкоподібний листок	*3,63±0,33	*53,4±0,73	*166,4±7,1	*19,4±1,0	27,0±2,0	54,4±8,03
	788р3		*3,64±0,11	*53,4±0,16	*170,2±5,7	18,6±1,5	27,2±2,1	54,7±5,78
'ЗЛ95А'	'ЛВ07'	–	2,92±0,18	49,7±1,14	155,4±4,8	20,2±2,8	26,6±1,0	46,9±0,87
	785р1	<i>Fr</i> , бахрома краю листка	2,83±0,12	49,9±0,07	*141,0±8,0	18,2±2,5	*22,2±1,7	44,5±1,34
	785р2		3,18±0,09	47,9±3,28	149,6±11,5	18,4±2,4	24,4±0,8	*53,8±4,46
	785р3		2,84±0,10	48,9±0,11	155,4±4,6	*17,4±1,0	24,6±1,0	50,0±1,62
	786р1	<i>Dw</i> , низькорослість	2,79±0,11	*45,2±2,50	*142,8±2,1	19,4±0,6	24,2±0,3	*54,0±3,54
'Куб 93'	'ЛВ07'	–	2,94±0,11	51,9±0,67	168,2±1,2	19,4±0,8	28,6±1,5	48,1±1,62
	785р1	<i>Fr</i> , бахрома краю листка	3,09±0,19	*49,4±0,53	*159,2±6,1	*16,6±2,4	*25,4±1,0	47,3±8,13
	785р2		3,03±0,05	50,1±4,03	*159,4±11,3	17,4±2,4	25,0±1,8	48,6±2,15
	788р2	<i>sp</i> , ложкоподібний листок	*3,16±0,08	54,8±7,89	*181,6±11,1	*21,0±1,1	27,8±0,5	55,4±9,45
	788р3		*3,41±0,15	55,5±0,20	174,2±10,6	19,2±3,0	27,4±0,6	56,2±8,69

\* Значення ознаки достовірно відрізняються від значення ознаки гібрида з вихідною лінією.

Таблиця 2

## Результати випробування гібридів з лініями аналогами та лінією 'ЗЛ678'

Материнська лінія	Лінія, № батьківської рослини	Ген, ознака	Врожайність, т/га	Олійність, %	Висота рослин, см	Діаметр кошика, см	Кількість листків, шт.	Маса 1000 насінин, г
'А'	721р2	<i>Fr</i> , бахрома краю листка	*2,96±0,37	49,0±2,9	170,6±14,7	17,0±0,4	32,2±1,0	69,5±7,3
	721р2		2,48±0,11	49,2±0,7	162,6±15,0	17,6±3,0	31,0±0,9	67,3±3,9
	'ЗЛ678'	–	2,45±0,07	50,1±1,2	160,6±4,4	18,0±2,0	29,0±0,7	65,4±5,9
'ЗЛ95А'	721р1	<i>Fr</i> , бахрома краю листка	*3,09±0,14	47,9±0,7	148,6±13,6	20,6±1,9	24,6±3,2	37,3±2,11
	721р3		*3,22±0,20	48,0±1,3	145,6±10,4	20,4±3,7	26,0±3,8	41,5±1,32
	794р3	<i>sp</i> , ложкоподібний листок	2,78±0,03	46,1±0,3	*155,0±5,8	19,4±0,4	23,0±1,3	40,7±3,24
	'ЗЛ678'	–	2,86±0,19	49,3±5,3	146,8±8,4	18,4±3,0	23,8±1,4	37,2±1,88
'Куб 93'	720р1	<i>Dw</i> , низькорослість	*2,84±0,29	52,4±0,1	129,6±12,7	19,0±0,4	23,4±0,6	57,3±23,79
	721р1	<i>Fr</i> , бахрома краю листка	3,23±0,29	50,1±0,0	*149,2±7,7	19,0±3,8	26,0±1,3	*42,6±0,62
	721р3		3,07±0,24	*48,0±0,1	144,4±10,4	20,6±1,0	25,6±2,4	*48,5±0,83
	794р4		3,06±0,15	*44,7±0,4	*155,2±12,8	19,2±3,4	*22,0±1,6	*40,4±5,45
	'ЗЛ678'		3,19±0,15	52,6±0,5	130,6±5,3	21,6±1,9	25,6±2,6	56,8±4,48
'Од 391А'	721р2	<i>Fr</i> , бахрома краю листка	2,15±0,00	42,7±0,4	*154,0±9,62	16,4±4,5	–	–
	721р3		*2,27±0,02	*43,6±0,9	163,4±12,21	15,8±3,0	–	–
	794р3	<i>sp</i> , ложкоподібний листок	2,21±0,00	*41,5±0,0	172,8±11,72	17,6±0,1	–	–
	794р3		*2,39±0,01	42,3±0,7	174,8±5,01	16,4±0,6	–	–
	794р4		2,24±0,03	*41,8±0,88	177,2±13,06	16,0±1,1	–	–
	'ЗЛ678'		2,24±0,03	42,1±0,42	172,6±10,92	16,8±1,9	–	–

\* Значення ознаки достовірно відрізняються від значення ознаки гібрида з вихідною лінією.

Гібриди 'Куб 93' з аналогами з бахромою листка мали меншу висоту рослин та кількість листків, а в одному випадку й діаметр кошика та олійність.

У таблиці 2 представлені результати порівняння гібридів з чотирма материнськими лініями. З вивчених показників гібриди чотирьох комбінацій з ознакою «бахрома лист-

ка» виявили достовірно вищу врожайність і трьох – меншу олійність насіння. В одній комбінації спостерігали більшу кількість листків, а у двох – меншу масу 1000 насінин. Гібриди з аналогами за ложкоподібним листком в одній комбінації показали вищу врожайність, у другій – олійність, а в третій – більшу висоту рослин. Гібрид з карликовим аналогом мав меншу висоту рослин. Гібриди з іншими трьома материнськими лініями та лініями аналогами за ознакою бахроми листка показали більший врожай у двох випадках і менший в одному.

Форма листка впливала і на розмір фотосинтетичної поверхні. Ознака бахроми створює по краю листка значно більшу фотосинтетичну поверхню, ніж звичайна форма, можливо це й впливало на підвищення врожайності гібридів.

Комбінації гібридів з рецесивним алелем гена *sp* мали лише в одному випадку менший

врожай та олійність, а у двох випадках – більшу олійність, ніж гібриди з вихідними формами.

У таблиці 3 представлено результати випробування гібридних комбінацій з аналогами лінії 'Л06Б'. Отримані гібриди не містили алелів генів відновлення фертильності пилку і були стерильні. Ці гібриди квітнули серед ділянок інших гібридів, які продукували пилок і тому стерильні гібриди мали добру виповненість кошика. Як материнський компонент використано п'ять стерильних ліній. Отримані гібриди з домінантним алелем гена *Fr* мали вищу врожайність у п'яти випадках, а нижчу в трьох, олійність вищу в одному і у двох нижчу, більшу висоту та діаметр кошика у трьох випадках. Гібриди, які містили один рецесивний алель гена *sp* достовірно мали вищу врожайність у трьох випадках та в одному більший діаметр.

Таблиця 3

Результати випробування гібридів з лініями аналогами та лінією 'Л06'

Материнська лінія	Лінія, № батьківської рослини	Ген, ознака	Врожайність, т/га	Олійність, %	Висота рослин, см	Діаметр кошика, см
'ВК464А'	722р4	<i>sp</i> , ложкоподібний листок	2,69±0,15	51,1±1,4	169,6±9,3	17,6±1,3
	726р1	<i>Fr</i> , бахрома краю листка	2,67±0,01	50,0±1,3	167,8±13,9	17,4±1,3
	'Л06'		2,76±0,11	50,6±0,0	168,0±9,8	18,0±0,2
'ЗЛ95А'	722р4	<i>sp</i> , ложкоподібний листок	*2,76±0,17	52,7±3,5	169,8±5,9	17,5±0,5
	726р1	<i>Fr</i> , бахрома краю листка	*2,83±0,07	48,0±3,7	*178,0±7,4	*18,2±0,5
	726р1		*2,40±0,03	49,7±1,5	*161,6±4,6	16,8±0,5
	'Л06'		2,55±0,13	49,9±2,5	169,8±6,1	17,4±0,5
'ЗЛ169А'	722р3	<i>Fr</i> , бахрома краю листка	3,31±0,11	50,0±0,8	134,4±10,9	20,6±8,6
	'Л06'		2,94±0,38	51,0±3,8	141,6±9,1	19,8±0,5
'Мп1А'	722р1	<i>sp</i> , ложкоподібний листок	2,32±0,02	51,3±0,3	*152,4±1,5	*21,2±6,1
	722р5	<i>Fr</i> , бахрома краю листка	*1,77±0,03	*48,3±0,9	146,0±12,8	19,0±3,5
	726р1		2,40±0,02	50,5±1,3	167,4±7,1	*20,2±2,8
	726р1		*2,90±0,11	52,1±1,3	155,2±4,3	*22,0±2,5
	'Л06'		2,51±0,31	51,3±2,4	162,4±2,8	15,0±0,2
'ОД561А'	722р1	<i>sp</i> , ложкоподібний листок	*2,68±0,01	53,6±0,8	*184,0±6,7	19,0±0,7
	722р5	<i>Fr</i> , бахрома краю листка	*2,61±0,06	49,6±0,2	161,2±4,7	17,2±0,7
	726р1		*2,62±0,03	51,5±0,7	176,4±8,6	16,8±1,4
	'Л06'		2,58±0,01	51,9±3,1	169,4±8,6	18,4±3,0
'Одол 1А'	722р4	<i>sp</i> , ложкоподібний листок	*2,48±0,03	50,3±0,1	161,0±3,1	18,2±1,4
	722р5	<i>Fr</i> , бахрома краю листка	*2,20±0,02	*47,9±3,6	171,4±11,1	17,4±1,5
	726р1		*2,45±0,03	*51,4±0,9	154,8±3,9	18,4±3,3
	'Л06'		2,31±0,02	49,3±0,2	154,8±21,3	15,8±2,3

\* Значення ознаки достовірно відрізняються від ознаки гібрида з вихідною лінією.

Для встановлення узагальненої картини можливих змін рівня кількісних ознак у гібридів при введенні в їхні батьківські форми генів морфологічних маркерних ознак вираховували вірогідність кожного з варіантів. Розглянули три можливі варіанти: збільшення, зменшення або збереження рівня ознаки гібрида при введенні генів *Fr*, *sp* та *Dw* до батьківської лінії. Вірогідність у вигляді частки від одиниці представлено в таблиці 4.

У більшості випадків вірогіднішим є варіант відсутності змін, тобто відмінності показника в гібрида лінії аналога та гібрида з вихідною лінією. Але в окремих випадках спостерігається така ж або близька вірогідність іншого варіанту. У гібридів з алелем *sp* (ложкоподібний листок) спостерігається однакова чи дуже близька вірогідність підвищення врожайності, олійності та збільшення кількості листків. У гібридів з алелем *Dw*

Таблиця 4

## Вірогідність зміни ознаки гібридів при використанні генів морфологічних ознак в одній батьківській формі

Ген, ознака	<i>Fr</i> , бахрома краю листка			<i>sp</i> , ложкоподібний листок			<i>Dw</i> , низькорослість		
	збільшення	зменшення	на рівні	збільшення	зменшення	на рівні	збільшення	зменшення	на рівні
Врожайність	0,32	0,16	0,53	0,40	0,15	0,45	0,00	0,45	0,55
Олійність	0,18	0,23	0,59	0,35	0,29	0,35	0,09	0,27	0,64
Висота рослин	0,18	0,24	0,58	0,35	0,05	0,60	0,14	0,43	0,43
Діаметр кошика	0,22	0,30	0,48	0,60	0,00	0,40	0,00	0,14	0,86
Кількість листків	0,00	0,23	0,77	0,50	0,00	0,50	0,00	0,25	0,75
Маса 1000 насінин	0,20	0,00	0,80	1,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,75

(низькорослість) спостерігається схожа картина, але в напрямі зменшення врожайності і висоти рослин. Гібриди з алелем *Fr* (бахрома краю листка) мають найбільшу вірогідність однакового рівня ознак гібридів у порівнянні з гібридами вихідних ліній.

Дію гена *sp* ложкоподібного листка на господарські ознаки гібридів пояснити складно, оскільки ознака обумовлена рецесивним алелем і в гібридів не виявляється. Збільшення рівня усіх вимірних ознак повинно бути спричинено опосередкованою специфічною дією на фізіологічні процеси. Досліджень з вивчення продуктів генів і фізіології ознак ложкоподібного листка досі не проведено. Тому фізіологічна основа і механізм дії цього гена потребують подальших досліджень.

Наявність алелів гена низькорослості *Dw* у ліній в гібридах показало наявність великої долі вірогідності нижчого врожаю гібрида, ніж у гібрида без цих алелів. Інші дослідники встановили низький врожай ліній, який пов'язували з меншою кількістю пилку та самонесумісністю [20]. Тому можливо зниження врожаю гібридів пов'язано з такою самою дією гена в гібриді.

### Висновки

Доведено можливість впливу на показники важливих господарських ознак гібридів присутності в геномі алелів генів *sp*, *Dw* та *Fr*, що обумовлюють морфологічні маркерні ознаки ліній.

Встановлено високу вірогідність негативного впливу домінантного алеля гена *Dw* (dwarfism – низькорослість) на врожайність гібридів.

Встановлено високу вірогідність позитивного впливу рецесивного алеля гена *sp* (spoon – ложка) на врожайність, олійність і кількість листків гібридів з лінією – носієм рецесивної гомозиготи.

Встановлено помірні та низькі вірогідності різниці рівня ознак гібридів з домінантним алелем гена *Fr* (fringe – бахрома краю листка) та гібридів з вихідними лініями.

### Використана література

- da Silva L. J., de Souza Júnior R. C., dos Santos Júnior H. C. Seed Multiplication and Maintenance. *Soybean Breeding* / F. Lopes da Silva, A. Borém, T. Sedyama, W. Ludke (eds). Cham : Springer, 2017. P. 413–426. doi: 10.1007/978 3 319 57433 2\_22
- Gus'kov E. P. Mashkina E. V. Genetic analysis of sunflower mutants induced by nitrosomethylurea in combination with 2,4 dinitrophenol or rifampicin. *Russ. J. Gen.* 1999. Vol. 35, Iss. 7. P. 797–801.
- Fambrini M., Degl'Innocenti E., Cionini G. et al. *Mesophyll cell defective1*, a mutation that disrupts leaf mesophyll differentiation in sunflower. *Photosynthetica*. 2010. Vol. 48, Iss. 1. P. 135–142. doi: 10.1007/s11099 010 0018 3
- Skaloud V., Kovacik A. Survey on inheritance of sunflower characters which are conditioned by a small number of genes. *Proc. 8<sup>th</sup> Int. Sunflower Conf.* (July 24–26, 1978, Minneapolis, MN, USA). Minneapolis, 1978. P. 490–496.
- Pugliesi C., Fambrini M., Barotti S. et al. Inheritance of the "Basilicum Leaf" Mutation in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J. Hered.* 1995. Vol. 86, Iss. 1. P. 76–78. doi: 10.1093/oxfordjournals.jhered.a111535
- Гаврилова В. А., Анисимова И. Н. Генетика культурных растений. Подсолнечник. Санкт Петербург : ВИР, 2003. 209 с.
- Enns H., Dorrell D. G., Hoes J. A., Chubb W. O. Sunflower research. *Proc. 4<sup>th</sup> Int. Sunflower Conf.* (June 23–25, 1970, Memphis, Tennessee, USA). Memphis, 1970. P. 162–167.
- Miller J. F., Hammond J. J. Inheritance of reduced height in sunflower. *Euphytica*. 1991. Vol. 53, Iss. 2. P. 131–136. doi: 10.1007/BF00023793
- Best N. B., Wang X., Brittsan S. et al. Sunflower 'Sunspot' is hyposensitive to GA3 and has a missense mutation in the DEL LA motif of *HaDella1*. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 2016. Vol. 141, Iss. 4. P. 389–394. doi: 10.21273/JASHS.141.4.389
- Hladni N., Zorić M., Terzić S. et al. Comparison of methods for the estimation of best parent heterosis among lines developed from interspecific sunflower germplasm. *Euphytica*. 2018. Vol. 214, Iss. 7. 108 p. doi: 10.1007/s10681 018 2197 0
- Alberio C., Aguirrezabal L. A. N., Izquierdo N. G. et al. Effect of genetic background on the stability of sunflower fatty acid composition in different high oleic mutations. *J. Sci. Food Agric.* 2018. Vol. 98, Iss. 11. P. 4074–4084. doi: 10.1002/jsfa.8924
- Escalante C., Valverde R. A. Morphological and physiological characteristics of endornavirus infected and endornavirus free near isogenic lines of bell pepper (*Capsicum annuum*). *Sci. Hortic.* 2019. Vol. 250. P. 104–112. doi: 10.1016/j.scienta.2019.02.043
- Hui L. L., Zhao M., He J. Q. et al. A simple and reliable method for creating PCR detectable mutants in *Arabidopsis* with the polycistronic tRNA gRNA CRISPR/Cas9 system. *Acta Physiol. Plant.* 2019. Vol. 41, Iss. 10. P. 170. doi: 10.1007/s11738 019 2961 3
- Gong L., Li C. F., Capatana A. et al. Molecular mapping of three nuclear male sterility mutant genes in cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Mol. Breed.* 2014. Vol. 34, Iss. 1. P. 159–166. doi: 10.1007/s11032 014 0026 2

15. Zhang H., Zhang D., Han S. et al. Identification and gene mapping of a soybean chlorophyll deficient mutant. *Plant Breed.* 2011. Vol. 130, Iss. 2. P. 133–138. doi: 10.1111/j.1439 0523.2010.01844.x
16. Schierholt A., Becker H. C., Ecke W. Mapping a high oleic acid mutation in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Theor. Appl. Gen.* 2000. Vol. 101, Iss. 5–6. P. 897–901. doi: 10.1007/s001220051559
17. Vedmedeva K. V., Soroka A. I. Influence of some mutant genes on certain agronomically important traits in sunflower. *Helia*. 2015. Vol. 39, Iss. 64. P. 57–70. doi: 10.1515/helia 2015 0013
18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
19. Насіння олійне. Визначання вмісту олії методом екстракції в апараті Сокслета : ДСТУ 7577:2014. [Чинний від 2015 05 01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2015. 6 с.
20. Ramos M. L., Altieri E., Bulos M., Sala C. A. Phenotypic characterization, genetic mapping and candidate gene analysis of a source conferring reduced plant height in sunflower. *Theor. Appl. Gen.* 2013. Vol. 126, Iss. 1, P. 251–263. doi: 10.1007/s00122 012 1978 4
9. Best, N. B., Wang, X., Brittsan, S., Dean, E., Helfers, S. J., Homburg, R., ... Dilkes, B. P. (2016). Sunflower 'Sunspot' is hyposensitive to GA3 and has a missense mutation in the DELLA motif of *HaDella1*. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 141(4), 389–394. doi: 10.21273/jshs.141.4.389
10. Hladni, N., Zorić, M., Terzić, S., Ćurčić, N., Satovic, Z., Perović, D., & Panković, D. (2018). Comparison of methods for the estimation of best parent heterosis among lines developed from interspecific sunflower germplasm. *Euphytica*, 214(7), 108. doi: 10.1007/s10681 018 2197 0
11. Alberio, C., Aguirrezabal, L. A. N., Izquierdo, N. G., Reid, R., Zuñi, S., & Zambelli, A. (2018). Effect of genetic background on the stability of sunflower fatty acid composition in different high oleic mutations. *J. Sci. Food Agric.*, 98(11), 4074–4084. doi: 10.1002/jsfa.8924
12. Escalante, C., & Valverde, R. A. (2019). Morphological and physiological characteristics of endornavirus infected and endornavirus free near isogenic lines of bell pepper (*Capsicum annuum*). *Sci. Hortic.*, 250, 104–112. doi: 10.1016/j.scienta.2019.02.043
13. Hui, L. L., Zhao, M., He, J. Q., Hu, Y., Huo, Y., Hao, H., ... Fu, A. (2019). A simple and reliable method for creating PCR detectable mutants in *Arabidopsis* with the polycistronic tRNA gRNA CRISPR/Cas9 system. *Acta Physiol. Plant.*, 41(10), 170. doi: 10.1007/s11738 019 2961 3
14. Gong, L., Li, C. F., Capatana, A., Feng, J., Qi, L., Seiler, G. J., & Jan, Ch. Ch. (2014). Molecular mapping of three nuclear male sterility mutant genes in cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Mol. Breed.*, 34(1), 159–166. doi: 10.1007/s11032 014 0026 2
15. Zhang, H., Zhang, D., Han, S., Zhang, X., & Yu, D. (2011). Identification and gene mapping of a soybean chlorophyll deficient mutant. *Plant Breed.*, 130(2), 133–138. doi: 10.1111/j.1439 0523.2010.01844.x
16. Schierholt, A., Becker, H. C., & Ecke, W. (2000). Mapping a high oleic acid mutation in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Theor. Appl. Gen.*, 101(5–6), 897–901. doi: 10.1007/s001220051559
17. Vedmedeva, K. V., & Soroka, A. I. (2015). Influence of some mutant genes on certain agronomically important traits in sunflower. *Helia*, 39(64), 57–70. doi: 10.1515/helia 2015 0013
18. Доспехов, Б. А. (1985). *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. (5<sup>th</sup> ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
19. Насіння олійне. Визначання вмісту олії методом екстракції в апараті Сокслета : ДСТУ 7577:2014 [Oilseeds. Determination of oil content by Soxhlet apparatus: State Standard of Ukraine 7577:2014]. (2015). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
20. Ramos, M. L., Altieri, E., Bulos, M., & Sala, C. A. (2013). Phenotypic characterization, genetic mapping and candidate gene analysis of a source conferring reduced plant height in sunflower. *Theor. Appl. Gen.*, 126(1), 251–263. doi: 10.1007/s00122 012 1978 4

УДК 575.113.3:633.854.78

**Ведмедева К. В.\*, Махова Т. В.** Влияние генов, обуславливающих форму листа и высоту растений, на хозяйственные качества гибридов подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) // Plant Varieties Studying and Protection. 2019. Т. 15, № 4. С. 434–441. <https://doi.org/10.21498/2518 1017.15.4.2019.189295>

Институт масличных культур НААН Украины, ул. Институтская, 1, с. Солнечное, Запорожский р н, Запорожская обл., 69093, Украина, \*e mail: vedmedeva.katerina@gmail.com

**Цель.** Установить влияние генов *Dw*, *Fr*, *sp*, контролирующих морфологические маркерные признаки линий подсолнечника, на хозяйственно ценные показатели их гибридов первого поколения. **Методы.** Полевой опыт, описание по морфологическим признакам, статистический анализ. **Результаты.** Проведены скрещивания линий аналогов по генам, обуславливающим морфологические

признаки формы листа *sp* (ложкообразная форма листа), *Fr* (бахрома края листа), *Dw* (низкорослость) и исходных селекционных линий со стерильными линиями. Полученные гибриды оценены в полевом эксперименте по проявлению маркерного признака, урожайности, масличности, массе 1000 семян, высоте, диаметру корзинки, количеству листьев. Показатели гибридов линий с морфологически



ми маркерными линиями сравнивали с показателями гибридов с исходными линиями, не имеющими маркерных признаков. Рецессивный аллель гена *sp* обуславливает ложкообразную форму листа. Этот признак у гибридов первого поколения не наблюдался. Ген *Fr* в доминантном состоянии обуславливает сильно изрезанный край листа. У гибридов первого поколения тоже наблюдались изменения края формы листа. Признак «высота подсолнечника» до 90–100 см обусловлен геном *Dw*, который в доминантном гомозиготном состоянии обуславливает высоту растений до 90–100 см. Для создания линий аналогов по трем признакам в качестве генетической основы было использовано три селекционные линии: 'ЛВ07В', 'ЗЛ678В' и 'Л06Б'. Для скрещивания с линиями аналогами использовано шесть материнских стерильных линий. Изучали

гибриды по урожайности, масличности, массе 1000 семян, высоте растений, диаметру корзинки, количеству листьев. **Выводы.** Установлена высокая вероятность негативного воздействия доминантного аллеля гена *Dw* (dwarfishness – низкорослость) на урожайность гибридов. Установлена высокая вероятность положительного влияния рецессивного аллеля гена *sp* (spoon – ложка) на урожайность, масличность и количество листьев гибридов с линией носителя рецессивной гомозиготы. Установлены умеренные и низкие вероятности разницы уровня признаков гибридов с доминантным аллелем гена *Fr* (fringe – бахрома края листа) и гибридов с исходными линиями.

**Ключевые слова:** подсолнечник однолетний; урожайность; масличность семян; масса 1000 семян; гибриды; линии аналога.

UDC 575.113.3:633.854.78

**Vedmedieva, K. V.\***, & **Machova, T. V.** (2019). The influence of genes which responsible for leaf shape and lines height on the economic qualities of *Helianthus annuus* hybrids. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 434–441. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.189295](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.189295)

*Institute of Oilseeds, NAAS of Ukraine, 1 Instytutska St., Soniachne, Zaporizhzhia district, Zaporizhzhia region, 69093, Ukraine, \*e mail: vedmedieva.katerina@gmail.com*

**Purpose.** To study the influence of the *Dw*, *Fr*, *sp* genes which control the morphological markers of lines on the economically valuable indicators of the first generation hybrids. **Methods.** Field experiment, morphological description and biometric measurements, statistical analysis. **Results.** The analogue lines were crossed by genes responsible for morphological characteristics of the leaf shape *sp* (spoon shaped), leaf edge *Fr* (fringe), stem *Dw* (dwarf) and the initial selection lines with sterile lines. The cross bred hybrids were evaluated in the field experiment on the manifestation of marker trait, yield, oil content, weight of 1000 seeds, height, diameter of the basket (head), the number of leaves. Indicators of line hybrids with morphological marker lines were compared with indicators of hybrids with baseline lines without marker features. The recessive allele of the *sp* gene determines the spoon like shape of the leaf, with edges bend upward. This sign is not observed in the first generation hybrids. *Fr* gene in the dominant state determines the strongly rugged edge of the leaf. In hybrids of the first generation, changes in the edge of the leaf plate are also observed. The third sign – dwarf of sunflower is

determined by the *Dw* gene, which in the dominant homozygous state reduces the height of plants to 90–100 cm. In the heterozygous state, plants also have a decrease in height. Three breeding lines were used to create analogue lines according to these three criteria. There were two parent 'LV07V', 'ZL678V' and one maternal 'L06B'. Six maternal sterile lines were used to cross with analogue lines. Hybrids were studied by yield, oil content, weight of 1000 seeds, plant height, head diameter, number of leaves. **Conclusions.** A high probability of the negative impact of the dominant allele of the *Dw* gene (dwarfishness – short stem height) on the hybrids productivity was found. The high probability of a positive effect of the recessive allele of the *sp* gene (spoon shaped leaf) on the yield, oil content and number of leaves of hybrids with a line carrier of recessive homozygotes has been proved. The moderate and low probabilities of the difference in the level of signs of hybrids with the dominant allele of the *Fr* gene (fringe of the leaf edge) and hybrids with baseline lines were determined.

**Keywords:** sunflower; yield; oil content; 1000 seeds weight; hybrids; analogue line.

*Надійшла / Received 18.09.2019  
Погоджено до друку / Accepted 21.11.2019*

# Дослідження генетичного поліморфізму зразків кабачка (*Cucurbita pepo* L.) методом ISSR аналізу

Ю. М. Ланкастер<sup>1</sup>, С. І. Кондратенко<sup>1</sup>, С. В. Лиманська<sup>2,3\*</sup>,  
Ю. М. Тереняк<sup>3</sup>, Г. Є. Чернишенко<sup>3</sup>, В. М. Попов<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup>Інститут овочівництва і баштанництва НААН України, вул. Інститутська, 1, сел. Селекційне, Харківський р н, Харківська обл., 62478, Україна

<sup>2</sup>Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва, п/в «Докучаєвське 2», Харківський р н, Харківська обл., 62483, Україна, \*e mail: svetlanalymanska@gmail.com

<sup>3</sup>Випробувальна лабораторія ТОВ «АГРОГЕН НОВО», вул. Шишківська, 2В, м. Харків, 61070, Україна

<sup>4</sup>Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна

**Мета.** Виявити генетичний поліморфізм та дивергенцію сортів і гібридів кабачка (*C. pepo* L.) різного географічного походження за ISSR маркерами. **Методи.** Для оцінки генетичного поліморфізму 29 сортів і гібридів *C. pepo* L. різного походження використовували ISSR аналіз. Коефіцієнт подібності між досліджуваними зразками кабачка визначали за формулою Nei–Li. Розрахунок коефіцієнтів подібності та побудовання філогенетичного дерева здійснювали за допомогою пакету програм Phylip 3.69. Кластерний аналіз проводили методом приєднання сусідів (Neighbor joining). Достовірність групування зразків у кластери перевіряли методом бутстреп аналізу. **Результати.** Використання 13 праймерів до міжмікросателітних ділянок дозволило виявити 129 локусів ДНК кабачка, серед яких 109 були поліморфними, 20 – монотипними, 11 – унікальними для певних зразків. Електрофореграми продуктів ампліфікації дослідних зразків різнилися кількістю і розміром ампліконів. Виявлено високий поліморфізм ДНК дослідних зразків кабачка, який варіював від 62,5% (праймер UBC 810) до 100% (праймери UBC 2, UBC 3 і UBC 846). Рівень молекулярно генетичного поліморфізму зразків кабачка варіював від 55,8 до 63,6% у гібридів 'Rimini' і 'Eight Ball' відповідно. Встановлено низьку генетичну дивергенцію між дослідними зразками *C. pepo* L., коефіцієнт подібності за Nei–Li становив 0,0005–0,0092. За допомогою кластерного аналізу зразки кабачка були згруповані у два кластери. Основним критерієм кластеризації був рівень генетичної дивергенції. Географічне походження зразків не впливало на особливості їх групування. **Висновки.** За результатами вивчення зразків кабачка різного географічного походження за допомогою ISSR аналізу встановлено високий генетичний поліморфізм і незначна генетична дивергенція між дослідними зразками. Виявлено унікальні фрагменти ДНК, які можуть бути використані для паспортизації відповідних зразків, а також для розробки інших молекулярно генетичних маркерів. Отримана інформація може бути корисною для оптимізації селекційного процесу кабачка і подальших досліджень в області молекулярної генетики цієї культури.

**Ключові слова:** *Cucurbita pepo* L.; поліморфізм ДНК; ISSR маркери; генетична дивергенція; кластерний аналіз.

## Вступ

Кабачок (*Cucurbita pepo* L.) є овочевою культурою родини Cucurbitaceae, яку широко використовують в усьому світі для дієтичного і дитячого харчування, як сировину для консервної промисловості, у кормових та лікувально-профілактичних цілях [1–2]. Збільшення сортименту сортів і гібридів культури сьогодні залежить від успіхів генетико-селек-

ційних досліджень. Зокрема впровадження досягнень молекулярної генетики дозволять проводити ідентифікацію і паспортизацію генотипів, вести маркер-асоційовану селекцію, що сприятиме прискоренню селекційного процесу, підвищенню його ефективності та розширенню генофонду культури [3–6].

У сучасних умовах молекулярно-генетичний аналіз з використанням різних типів ДНК-маркерів є потужним методом вивчення генетичного різноманіття, філогенезу та реалізації різних селекційних і генетичних програм сільськогосподарських культур [7, 8]. Однак у кабачка багато питань з молекулярної генетики залишаються недостатньо вивченими. Більшість авторів використовують різні типи маркерів для вивчення генетичного поліморфізму кабачка різного походження [9, 10]. А. Xanthopoulou зі співавторами [11] при аналізі генетичного різноманіття кабачка грецької селекції показали ефективність застосування SCoT (Start codon targeted, цільовий стартовий кодон) і

Yuliya Lancaster

[https://orcid.org/0000\\_0001\\_6408\\_4344](https://orcid.org/0000_0001_6408_4344)

Serhii Kondratenko

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_8859\\_1604](https://orcid.org/0000_0002_8859_1604)

Svetlana Lymanska

[https://orcid.org/0000\\_0001\\_7049\\_4884](https://orcid.org/0000_0001_7049_4884)

Yulia Tereniak

[https://orcid.org/0000\\_0003\\_3832\\_0387](https://orcid.org/0000_0003_3832_0387)

Galyna Chernyshenko

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_2241\\_2503](https://orcid.org/0000_0002_2241_2503)

Vitalii Popov

[https://orcid.org/0000\\_0002\\_1769\\_2432](https://orcid.org/0000_0002_1769_2432)

ISSR (Intersimple Sequence Repeats, міжмікросателітні секвеновані повтори) маркерів. При цьому останні виявилися більш поліморфними. L. Gong та ін. [12] за результатами вивчення генетичних взаємозв'язків між 104 популяціями *C. pepo* L. з використанням SSR (Simple Sequence Repeats, прості секвеновані повтори) і SCAR (Sequence Characterized Amplified Region, ампліфікаційна область, охарактеризована нуклеотидною послідовністю) маркерів встановили, що культурні форми кабачка походять від спільного попередника, який еволюціонував у три підвиди – *subsp. fraterna*, *subsp. texana* і *subsp. pepo*.

Ефективність використання RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA, випадкова ампліфікація поліморфних послідовностей ДНК), AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism, поліморфізм довжини ампліфікованих фрагментів), ISSR та інших типів молекулярних маркерів у різних популяційних і генетико-селекційних програмах висвітлена в роботах різних авторів [13–20]. Але ISSR метод має низку переваг, серед яких основною є підвищення точності гібридизації праймера за рахунок збільшення його розміру та наявності заякореного ну-

клеотиду. Ефективність цього методу доведена для більшості видів рослин [21–24].

Сьогодні актуальними є дослідження молекулярно-генетичного поліморфізму генотипів вихідного і селекційного матеріалу кабачка з метою його ідентифікації і диференціації, а також з'ясування рівня генетичної дивергенції між вихідними батьківськими формами для ефективного планування селекційної програми, зокрема підбору пар при гібридизації.

*Мета досліджень* – виявити генетичний поліморфізм та дивергенцію сортів і гібридів кабачка (*C. pepo* L.) різного географічного походження за ISSR маркерами.

### Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили в 2018–2019 рр. на базі випробувальної лабораторії ТОВ «АГРОГЕН НОВО» (м. Харків, Україна). Вивчали 29 сортів і гібридів кабачка різного географічного походження (табл. 1), надані компанією Tozer Seeds (Великобританія).

Поліморфізм ДНК зразків кабачка вивчали з використанням праймерів до міжмікросателітних послідовностей, розроблених в Університеті Британської Колумбії (Канада) (табл. 2).

Таблиця 1

#### Характеристика дослідних зразків кабачка за походженням

№ з/п	Зразок	Сорт/гібрид	Країна походження
1	'Alfresco'	гібрид F1	Великобританія
2	'Best of British'		
3	'Defender'		
4	'Rimini'		
5	'Patriot'		
6	'Ambassador'		Чілі
7	'Eight Ball'		Великобританія
8	'Midnight'		
9	'Firenze'		
10	'Tuscany'		
11	'Parador'		
12	'TZ 3089' (stripe)	сорт	
13	'Gold Rush'	гібрид F1	США
14	'Afrodite'		
15	'7003'		
16	'7006'		Франція
17	'Celeste'		Іспанія
18	'Alexander'		
19	'TZ 6390'		
20	'TZ 6391'		
21	'TZ 6392 F1'		
22	'SV 1118 YG'		США
23	'Verde di Milan'	сорт	Італія
24	'Trieste white half long'		
25	'Verde di Italia'		
26	'Burpees Golden Zucchini'		США (Пенсильванія)
27	'Striada di Napoli'		Італія
28	'Trombocino'		Україна
29	'Чаклун'		

Таблиця 2

## Нуклеотидні послідовності ISSR праймерів

Праймер	Нуклеотидна послідовність 5' 3'	Праймер	Нуклеотидна послідовність 5' 3'
UBC 2	(CA) <sub>8</sub> AG	UBC 825	(AC) <sub>8</sub> T
UBC 3	(CA) <sub>8</sub> GG	UBC 826	(AC) <sub>8</sub> C
UBC 4	(GA) <sub>8</sub> T	UBC 834	(AG) <sub>8</sub> CTT
UBC 5	(CA) <sub>8</sub> AC	UBC 842	(GA) <sub>8</sub> CTG
UBC 807	(AG) <sub>8</sub> T	UBC 846	(CA) <sub>8</sub> RT
UBC 810	(GA) <sub>8</sub> T	UBC 857	(AC) <sub>8</sub> YG
UBC 812	(GA) <sub>8</sub> A		

Примітка. Y = pYrimidine (C або T); R = puRine (A або G).

ДНК виділяли із суміші 10 зрілих насінин кожного зразка за допомогою набору для виділення ДНК «Diatom DNA Prep100». Для цього використовували лізуючий реагент із гуанідінхлоридом для солюбізації клітинного дебрису та денатурації клітинних нуклеаз. У присутності лізуючого реагенту ДНК сорбували на сіліка-сорбенті, відмивали від білків та солей спиртовим розчином. Виділення ДНК проводили відповідно до протоколу, запропонованому в інструкції до комерційного набору «Diatom DNA Prep100» ([http://www.galartdiag.ru/files/diatom\\_dna\\_prep\\_100.pdf](http://www.galartdiag.ru/files/diatom_dna_prep_100.pdf)). Чистоту виділеної ДНК визначали за коефіцієнтом співвідношення поглинання при довжині хвиль 260 і 280 нм, який склав не менше 1,73, що свідчило про відносно високу чистоту препаратів ДНК. Концентрацію ДНК визначали за допомогою спектрофотометра Shimadzu UV-1280 (Японія) за довжиною хвилі 260 нм.

Ампліфікацію ДНК проводили з використанням наборів для ПЛР GenePak<sup>tm</sup> PCR Core (Росія). У пробірки із цих наборів, які містили ліофілізовані сухі реакційні суміші, готові для проведення ПЛР, додавали 20 нг виділеної ДНК, 0,2 мкМ праймера, потім реакційну суміш доводили до 20 мкл розчинником із наборів для ПЛР. ПЛР проводили в термоциклері ТП4-ПЦР-01-«Терцик» (Росія) за таких умов: початкова денатурація ДНК при 94 °С – 5 хв; 40 циклів ампліфікації за таких умов для кожного циклу: денатурація при 94 °С – 40 с, гібридизація при 52 °С – 45 с, елонгація при 72 °С – 2 хв; фінальна елонгація при 72 °С – 7 хв.

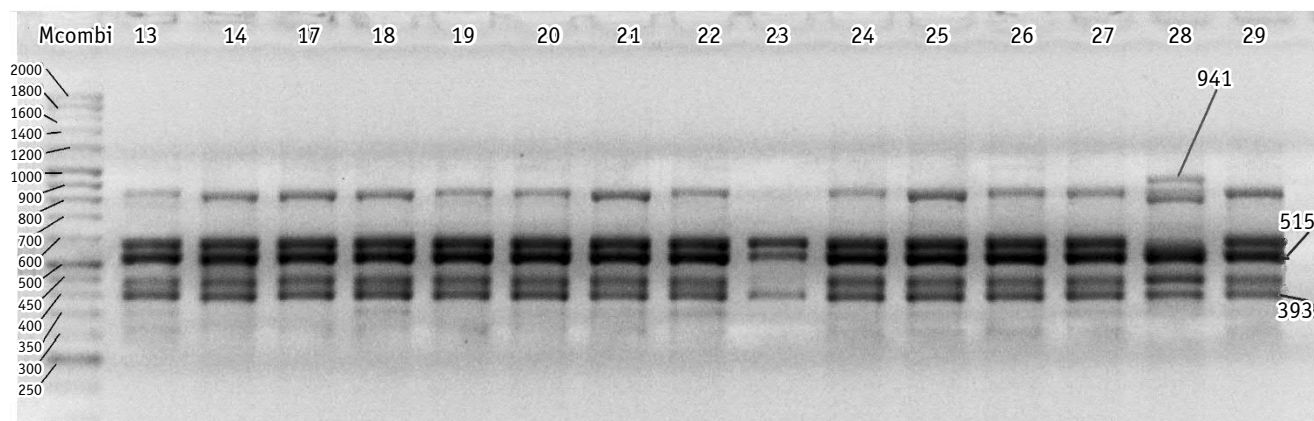
Електрофорез продуктів ампліфікації проводили у 1,5% агарозному гелі з бромистим етидієм. У роботі використовували Тріс-ЕДТА-боратну буферну систему – 0,09 М Тріс, 0,09 М Н<sub>3</sub>ВО<sub>3</sub>, 0,0031 М ЕДТА (рН 8,3). Візуалізацію спектрів ампліфікованих ділянок ДНК здійснювали за допомогою транслюмінатора ТСП-20 МС (Франція) з подальшим фотографуванням гелів. Як маркер для

визначення розмірів ампліконів використовували М combi (розміри фрагментів: 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 п.н.) за допомогою демоверсії програмного пакету TotalLab TL120 (<http://www.totallab.com>).

Отримані електрофоретичні спектри перекладали в бінарний код – наявність амплікону у зразків кабачка певного розміру позначали як «+», а при відсутності амплікону позначали як «-». Рівень поліморфізму для кожного праймера визначали як частку поліморфних локусів від загальної кількості локусів на один праймер, виражену у відсотках. Внутрішньопопуляційний поліморфізм кабачка за ДНК маркерами розраховували як частку виявлених локусів у певного зразка кабачка від загальної кількості ідентифікованих локусів, виражену у відсотках. Як міру генетичного різноманіття використовували коефіцієнт подібності Nei-Li (Dij), який розраховували за допомогою пакету програм Phylip-3.69 [25]. Матрицю коефіцієнтів подібності за Nei-Li використовували для класифікаційного аналізу методом приєднання сусідів (Neighbor-joining, NJ). Статистичну оцінку отриманої дендрограми проводили за допомогою бутстреп-аналізу при створенні 1000 випадкових вибірок.

## Результати досліджень

Молекулярно-генетичний аналіз зразків кабачка дозволив ідентифікувати 129 ISSR-локусів, серед яких 109 були поліморфними (84,5%). Продукти ампліфікації різнилися кількістю та розміром. Детектували 20 номорфних локусів для всіх досліджуваних зразків кабачка. Зокрема за праймером UBC 4 виявлений фрагмент розміром 523 п.н., за праймером UBC 5 – фрагменти розміром 438 і 614 п.н., за UBC 807 – 324, 491, 595 і 691 п.н., за UBC 810 – 277, 341 і 403 п.н., за UBC 812 – 504 і 579 п.н., за UBC 825 – 653 п.н., за UBC 826 – 393 і 515 п.н., за UBC 834 – 305 і 587 п.н., за UBC 842 – 328 і 394 п.н., за UBC 857 – 565 п.н. Також у деяких зразків були ідентифіковані унікальні амплікони. Наприклад, у гібриду 'Midnight' виявлено амплікон розміром 935 п.н. (UBC 2), у сорту 'Trieste white half-long' – 579 п.н. (UBC 5), у сорту 'Trombocino' – 756, 354 і 296 п.н. (UBC 2), 1260 п.н. (UBC 807), 1400 п.н. (UBC 812), 941 п.н. (UBC 826), 962 п.н. (UBC 842), 237 п.н. (UBC 846) і 681 п.н. (UBC 857). Ці амплікони можуть бути використані для розробки інших ДНК-маркерів, зокрема SCAR. Приклад електрофореграми наведено на рисунку 1.



**Рис. 1. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК дослідних зразків кабачка з праймером UBC 826**  
Номери 13–29 відповідають зразкам у таблиці 1. М comбі – маркер розміру продуктів ампліфікації, п.н.  
Цифрами позначено мономорфні й унікальний фрагменти, п.н.

Рівень поліморфізму дослідних зразків кабачка варіював від 62,5% (праймер UBC 810) до 100% (праймери UBC 2, UBC 3 і UBC 846). Рівень поліморфізму зразків при використанні

обраних у дослідженні праймерів склав 84,5%. Кількість та розміри виявлених ампліконів у зразків кабачка, а також рівень поліморфізму за кожним праймером наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

**Молекулярно генетичний поліморфізм зразків кабачка, виявлений з використанням ISSR аналізу**

Праймер	Кількість виявлених ампліконів, шт.	Кількість поліморфних ампліконів, шт.	Рівень поліморфізму, %	Розмір ампліконів, п.н.
UBC 2	13	13	100,0	296–935
UBC 3	11	11	100,0	373–812
UBC 4	5	4	80,0	523–1195
UBC 5	10	8	80,0	438–1313
UBC 807	17	13	76,5	246–1260
UBC 810	8	5	62,5	277–835
UBC 812	13	11	84,6	378–1400
UBC 825	8	7	87,5	243–653
UBC 826	6	4	66,7	393–941
UBC 834	12	10	83,3	253–1178
UBC 842	9	7	77,8	250–962
UBC 846	9	9	100,0	237–851
UBC 857	8	7	87,5	361–681
Всього	129	109	84,5	–

Е. Esmailnia та ін. [8] і N. Katzir та ін. [10] також виявили високий рівень поліморфізму популяцій кабачка (70–93%), що залежало від використаних праймерів. Зазначимо також, що А. Xanthopoulou та ін. [3] за допомогою праймера UBC 834 ідентифікували лише 7 продуктів ампліфікації розміром 600–2700 п.н. і рівнем поліморфізму 42,8%, у той час як нами в результаті ампліфікації ДНК дослідних зразків кабачка із цим праймером виявлено 12 ампліконів розміром 253–1178 п.н. і рівнем поліморфізму 83,3%. Katzir N. та ін. [10] при використанні праймера UBC 807 виявили 17 локусів (що узгоджується з отриманими нами даними) з рівнем поліморфізму 70,6%. Тоді як у нашо-

му досліді поліморфізм за цим праймером становив 76,5%. Також автори роботи [10] при використанні праймера UBC 810 ідентифікували 11 локусів з поліморфізмом 81,8%, а праймера UBC 842 – 25 локусів з поліморфізмом 84,0%. У наших дослідженнях при використанні цих праймерів детектовано лише по 9 локусів з рівнем поліморфізму 62,5 і 77,8% відповідно. Розмір виявлених ампліконів автори роботи [10] не наводили. Розбіжності в одержаних результатах можуть бути пов'язані з генетичними особливостями та походженням досліджуваного матеріалу.

Молекулярно-генетичний поліморфізм дослідних зразків кабачка залежав від геноти-

пу і в середньому становив 58,9 %. Найбільше його значення (63,6%) відмічено в гібриду ‘Eight Ball’, у якого виявлено 82 із 129 мож-

ливих локусів, мінімальне – у ‘Rimini’ (55,8%, виявлено 72 локуси із 129 можливих) (табл. 4).

Таблиця 4

**Поліморфізм зразків кабачка за ISSR маркерами**

Зразок	Кількість виявлених локусів, шт.		Рівень поліморфізму, %
	загальна	у зразка	
‘Alfresco’	129	76	58,9
‘Best of British’		74	57,4
‘Defender’		78	60,5
‘Rimini’		72	55,8
‘Patriot’		80	62,0
‘Ambassador’		80	62,0
‘Eight Ball’		82	63,6
‘Midnight’		75	58,1
‘Firenze’		77	59,7
‘Tuscany’		76	58,9
‘Parador’		77	59,7
‘TZ 3089’ (stripe)		80	62,0
‘Gold Rush’		77	59,7
‘Afrodite’		79	61,2
‘7003’		77	59,7
‘7006’		76	58,9
‘Celeste’		74	57,4
‘Alexander’		77	59,7
‘TZ 6390’		74	57,4
‘TZ 6391’		73	56,6
‘TZ 6392 F1’		73	56,6
‘SV 1118 YG’		73	56,6
‘Verde di Milan’		75	58,1
‘Trieste white half long’		74	57,4
‘Verde di Italia’		75	58,1
‘Burpees Golden Zucchini’		73	56,6
‘Striada di Napoli’		77	59,7
‘Trombocino’		74	57,4
‘Чаклун’		77	59,7
Середнє значення		–	–

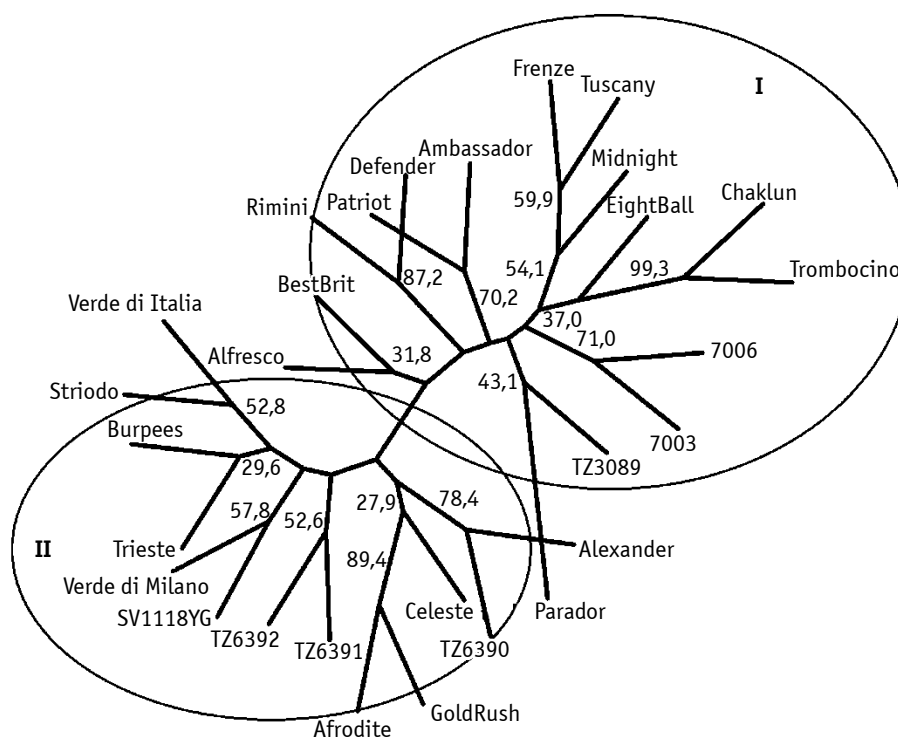
За результатами розрахунку коефіцієнта подібності Nei–Li встановлено незначну генетичну дивергенцію між дослідними зразками кабачка. Найбільш генетично спорідненими виявилися гібриди ‘Patriot’ (Великобританія) і ‘Ambassador’ (Чілі), коефіцієнт подібності між якими становив 0,0005. Найменш спорідненими зразками були сорт ‘Trombocino’ (Італія) і гібрид ‘7006’ (США), для яких коефіцієнт подібності склав 0,0092. Слід зазначити, що сорт ‘Trombocino’ був найбільш генетично віддаленим від інших зразків кабачка ( $D_{ij} = 0,0072$ ), тоді як коефіцієнти подібності між іншими зразками не перевищували 0,0060. Отримані результати можуть свідчити про значну генетичну подібність більшості досліджуваних сортів і гібридів кабачка.

За результатами кластерного аналізу побудували дендрограму на основі коефіцієнтів подібності між дослідними зразками кабачка (рис. 2).

Досліджувані сорти і гібриди кабачка розподілилися у два кластери. До першого кластеру увійшли усі зразки походженням із Великобританії (‘Defender’, ‘Rimini’, ‘Patriot’), а також сорти ‘Trombocino’ (Італія), ‘Чаклун’ (Україна), ‘7003’ і ‘7006’ (США) і гібрид ‘Ambassador’ (Чілі).

Другий кластер містив різні за географічним походженням зразки кабачка. Зокрема 4 зразки з США (сорт ‘Burpees Golden Zucchini’, гібриди ‘Gold Rush’, ‘Afrodite’, ‘SV 1118 YG’), 4 гібриди з Іспанії (Alexander, TZ 6390, TZ 6391, TZ 6392), 4 сорти з Італії (‘Striada di Napoli’, ‘Verde di Italia’, ‘Verde di Milano’, ‘Trieste white half-long’) і гібрид ‘Celeste’ (Франція). Визначальним критерієм групування досліджуваних зразків кабачка у кластери був рівень генетичної подібності між ними. Географічне походження зразків мало менше значення для їх об’єднання у кластери.

Бутстреп-оцінка дозволила статистично перевірити вірогідність одержаної дендро-



**Рис. 2 Дендрограма філогенетичних відносин між зразками кабачка I і II – кластери. Достовірність сформованих гілок вказано поруч із ними, %**

грами. Для цієї дендрограма були характерними як низькі (< 70%), так і високі (> 70%) бутстреп-значення. Після бутстреп-аналізу склад кластерів не змінився.

### Висновки

За результатами вивчення зразків кабачка різного географічного походження за допомогою ISSR аналізу встановлено високий генетичний поліморфізм і незначна генетична дивергенція між дослідними зразками. Виявлено унікальні фрагменти ДНК, які можуть бути використані для паспортизації відповідних зразків, а також для розробки інших молекулярно-генетичних маркерів. Отримана інформація може бути корисною для оптимізації селекційного процесу кабачка і подальших досліджень в області молекулярної генетики цієї культури.

### Використана література

- Martínez Valdivieso D., Font R., Fernández Bedmar Z. et al. Role of Zucchini and Its Distinctive Components in the Modulation of Degenerative Processes: Genotoxicity, Anti Genotoxicity, Cytotoxicity and Apoptotic Effects. *Nutrients*. 2017. Vol. 9, Iss. 7. P. 755–777. doi: 10.3390/nu9070755
- Martínez Valdivieso D., Gómez P., Font R., Del Río Celestino M. Mineral composition and potential nutritional contribution of 34 genotypes from different summer squash morphotypes. *Eur. Food Res. Technol.* 2015. Vol. 240, Iss. 1. P. 71–81. doi: 10.1007/s00217 014 2308 7
- Xanthopoulou A., Montero Pau J., Mellidou I. et al. Whole genome resequencing of *Cucurbita pepo* morphotypes to discover genomic variants associated with morphology and horticulturally valuable traits. *Hortic. Res.* 2019. Vol. 6. P. 94–110. doi: 10.1038/s41438 019 0176 9
- Esteras C., Gómez P., Monforte A. J. et al. High throughput SNP genotyping in *Cucurbita pepo* for map construction and quantitative trait loci mapping. *BMC Genomics*. 2012. Vol. 13, Iss. 1. P. 80–100. doi: 10.1186/1471 2164 13 80
- Montero Pau J., Blanca J., Esteras C. et al. An SNP based saturated genetic map and QTL analysis of fruit related traits in Zucchini using Genotyping by sequencing. *BMC Genomics*. 2017. Vol. 18, Iss. 1. P. 94–114. doi: 10.1186/s12864 016 3439 y
- Gong L., Stift G., Kofler R. et al. Microsatellites for the genus *Cucurbita* and an SSR based genetic linkage map of *Cucurbita pepo* L. *Theor. Appl. Genet.* 2008. Vol. 117, Iss. 1. P. 37–48. doi: 10.1007/s00122 008 0750 2
- Леонова И. Н. Молекулярные маркеры: использование в селекции зерновых культур для идентификации, интрогрессии и пирамидирования генов. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2013. Т. 17, № 2. С. 314–325.
- Хлесткина Е. К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2013. Т. 17, № 4/2. С. 1044–1054.
- Mady E. A., Helaly A. A., Abu El Hamd A. N. et al. Genetic diversity assessment of summer squash landraces using molecular markers. *Mol. Biol. Rep.* 2013. Vol. 40, Iss. 7. P. 4269–4274. doi: 10.1007/s11033 013 2510 x
- Blanca J., Cañizares J., Roig C. et al. Transcriptome characterization and high throughput SSRs and SNPs discovery in *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae). *BMC Genomics*. 2011. Vol. 12, Iss. 1. P. 104–118. doi: 10.1186/1471 2164 12 104
- Xanthopoulou A., Ganopoulos I., Kalivas A. et al. Comparative analysis of genetic diversity in Greek Genebank collection of summer squash (*Cucurbita pepo*) landraces using start codon targeted (Scot) polymorphism and UBC markers. *Aust. J. Crop Sci.* 2015. Vol. 9, Iss. 1. P. 14–21.
- Gong L., Paris H. S., Nee M. H. et al. Genetic relationships and evolution in *Cucurbita pepo* (pumpkin, squash, gourd) as revealed by simple sequence repeat polymorphisms. *Theor.*

- Appl. Genet.* 2012. Vol. 124, Iss. 5. P. 875–891. doi: 10.1007/s00122 011 1752 z
13. Abd El Hamed K. E., Elwan M. W. M., Mohamed F. H. Genetic Diversity and Relationship in Squash Using Morphological, Chemical and Molecular Analyses. *Int. J. Hortic.* 2015. Vol. 5, Iss. 12. P. 1–10. doi: 10.5376/ijh.2015.05.0012
  14. Brown R. N. The Use and Development of Molecular Breeding Tools in *Cucurbita*: A Literature Review. *Cucurbit Gen. Coop. Rep.* 2001. Vol. 24. P. 87–90.
  15. Ferriol M., Pico B., Nuez F. Genetic diversity of a germplasm collection of *Cucurbita pepo* using SRAP and AFLP markers. *Theor. Appl. Genet.* 2003. Vol. 107, Iss. 2. P. 271–282. doi: 10.1007/s00122 003 1242 z
  16. Esmailnia E., Arefrad M., Shabani S. et al. Genetic diversity and phylogenetic relationship of Iranian indigenous cucurbits investigated by Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) markers. *Biharean Biol.* 2015. Vol. 9, Iss. 1. P. 47–54.
  17. Hadia H. A., Abdel Razzak H. S., Hafez E. E. Assessment of Genetic Relationships among and Within *cucurbita* Species Using RAPD and ISSR markers. *J. Appl. Sci. Res.* 2008. Vol. 4, Iss. 5. P. 515–525.
  18. Katzir N., Tadmor Y., Tzuri G. et al. Further ISSR and preliminary SSR analysis of relationships among accessions of *Cucurbita pepo*. *Acta Hort.* 2000. Vol. 510, No. 69. P. 433–439. doi: 10.17660/ActaHortic.2000.510.69
  19. Ntuli N. R., Tongoonab P. B., Zobolo A. M. Genetic diversity in *Cucurbita pepo* landraces revealed by RAPD and SSR markers. *Sci. Hortic.* 2015. Vol. 189. P. 192–200. doi: 10.1016/j.scienta.2015.03.020
  20. Radwan S. A. Molecular discrimination and genetic relationships between some cultivars of *Cucurbita pepo* spp. *pepo* using random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. *Afr. J. Biotechnol.* 2014. Vol. 13, Iss. 11. P. 1202–1209. doi: 10.5897/AJB2012.3007
  21. Pandey A., Khan M. K., Isik R. et al. Genetic diversity and population structure of watermelon (*Citrullus* sp.) genotypes. *Biotech.* 2019. Vol. 9, Iss. 6. P. 210. doi: 10.1007/s13205 019 1736 2
  22. Muhammad R. W., Qayyum A., Ahmad M. Q. et al. Characterization of maize genotypes for genetic diversity on the basis of inter simple sequence repeats. *Genet. Mol. Res.* 2017. Vol. 16, Iss. 1. P. 1–9. doi: 10.4238/gmr16019438
  23. Raji M. R., Lotfi M., Tohidfar M. et al. Somatic embryogenesis of muskmelon (*Cucumis melo* L.) and genetic stability assessment of regenerants using flow cytometry and ISSR markers. *Protoplasma.* 2018. Vol. 255, Iss. 3. P. 873–883. doi: 10.1007/s00709 017 1194 9
  24. Bednarskaya I. A., Popov V. N., Dugar Y. N. et al. ISSR analysis of some species of angustifoliolate fescue. *Cytol. Genet.* 2014. Vol. 48. P. 364–370. doi: 10.3103/S0095452714060024
  25. Nei M., Li W. H. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 1979. Vol. 76, Iss. 10. P. 5269–5273. doi: 10.1073/pnas.76.10.5269
- ## References
1. Martínez Valdivieso, D., Font, R., Fernández Bedmar, Z., Merinas Amo, T., Gómez, P., Alonso Moraga, A., & Del Río Celestino, M. (2017). Role of Zucchini and Its Distinctive Components in the Modulation of Degenerative Processes: Genotoxicity, Anti Genotoxicity, Cytotoxicity and Apoptotic Effects. *Nutrients*, 9(7), 755–777. doi: 10.3390/nu9070755
  2. Martínez Valdivieso, D., Gómez, P., Font, R., & Del Río Celestino, M. (2015). Mineral composition and potential nutritional contribution of 34 genotypes from different summer squash morphotypes. *Eur. Food Res. Technol.*, 240(1), 71–81. doi: 10.1007/s00217 014 2308 7
  3. Xanthopoulou, A., Montero Pau, J., Mellidou, I., Kissoudis, C., Blanca, J., Pico, B., ... Ganopoulos, I. (2019). Whole genome resequencing of *Cucurbita pepo* morphotypes to discover genomic variants associated with morphology and horticulturally valuable traits. *Hortic. Res.*, 6, 94–110. doi: 10.1038/s41438 019 0176 9
  4. Esteras, C., Gómez, P., Monforte, A. J., Blanca, J., Vicente Dolera, N., Roig, C., Nuez, F., & Pico, B. (2012). High throughput SNP genotyping in *Cucurbita pepo* for map construction and quantitative trait loci mapping. *BMC Genomics*, 13(1), 80–100. doi: 10.1186/1471 2164 13 80
  5. Montero Pau, J., Blanca, J., Esteras, C., Martínez Perez, E. M., Gomez, P., Monforte, A. J., Canizares, J., & Pico, B. (2017). An SNP based saturated genetic map and QTL analysis of fruit related traits in Zucchini using Genotyping by sequencing. *BMC Genomics*, 18(1), 94–114. doi: 10.1186/s12864 016 3439 y
  6. Gong, L., Stift, G., Kofler, R., Pachner, M., & Lelley, T. (2008). Microsatellites for the genus *Cucurbita* and an SSR based genetic linkage map of *Cucurbita pepo* L. *Theor. Appl. Genet.*, 117(1), 37–48. doi: 10.1007/s00122 008 0750 2
  7. Leonova, I. N. (2013). Molecular markers: implementation in crop plant breeding for identification, introgression, and gene pyramiding. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii* [Vavilov J. Gen. Breed.], 17(2), 314–325. [in Russian]
  8. Khlestkina, E. K. (2013). Molecular markers in genetic studies and breeding. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii* [Vavilov J. Gen. Breed.], 17(4/2), 1044–1054. [in Russian]
  9. Mady, E. A., Helaly, A. A., Abu El Hamd, A. N., Abdou, A., Shanan, S. A., & Craker, L. E. (2013). Genetic diversity assessment of summer squash landraces using molecular markers. *Mol. Biol. Rep.*, 40(7), 4269–4274. doi: 10.1007/s11033 013 2510 x
  10. Blanca, J., Cañizares, J., Roig C., Ziarsolo P., Nuez F., & Pico B. (2011). Transcriptome characterization and high throughput SSRs and SNPs discovery in *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae). *BMC Genomics*, 12(1), 104–118. doi: 10.1186/1471 2164 12 104
  11. Xanthopoulou, A., Ganopoulos, I., Kalivas, A., Nianiou Obeidat, I., Ralli, P., Moysiadis, T., Tsafaris, A., & Madesis, P. (2015). Comparative analysis of genetic diversity in Greek Genebank collection of summer squash (*Cucurbita pepo*) landraces using start codon targeted (SCoT) polymorphism and ISSR markers. *Aust. J. Crop Sci.*, 9(1), 14–21.
  12. Gong, L., Paris, H. S., Nee, M. H., Stift, G., Pachner, M., Vollmann, J., & Lelley, T. (2012). Genetic relationships and evolution in *Cucurbita pepo* (pumpkin, squash, gourd) as revealed by simple sequence repeat polymorphisms. *Theor. Appl. Genet.*, 124(5), 875–891. doi: 10.1007/s00122 011 1752 z
  13. Abd El Hamed, K. E., Elwan, M. W. M., & Mohamed, F. H. (2015). Genetic Diversity and Relationship in Squash Using Morphological, Chemical and Molecular Analyses. *Int. J. Hortic.*, 5(12), 1–10. doi: 10.5376/ijh.2015.05.0012
  14. Brown, R. N. (2001). The Use and Development of Molecular Breeding Tools in *Cucurbita*: A Literature Review. *Cucurbit Gen. Coop. Rep.*, 24, 87–90.
  15. Ferriol, M., Pico, B., & Nuez, F. (2003). Genetic diversity of a germplasm collection of *Cucurbita pepo* using SRAP and AFLP markers. *Theor. Appl. Genet.*, 107(2), 271–282. doi: 10.1007/s00122 003 1242 z
  16. Esmailnia, E., Arefrad, M., Shabani, S., Karimi, M., Vafadar, F., & Dhestani, A. (2015). Genetic diversity and phylogenetic relationship of Iranian indigenous cucurbits investigated by Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) markers. *Biharean Biol.*, 9(1), 47–54.
  17. Hadia, H. A., Abdel Razzak, H. S., & Hafez, E. E. (2008). Assessment of Genetic Relationships among and Within *cucurbita* Species Using RAPD and ISSR markers. *J. Appl. Sci. Res.*, 4(5), 515–525.
  18. Katzir, N., Tadmor, Y., Tzuri, G., Leshxeshen, E., Mozes Daube, N., Danin Poleg, Y., & Paris, H. S. (2000). Further ISSR and preliminary SSR analysis of relationships among accessions of *Cucurbita pepo*. *Acta Hort.*, 510(69), 433–439. doi: 10.17660/ActaHortic.2000.510.69



19. Ntuli, N. R., Tongoonab, P. B., & Zobolo, A. M. (2015). Genetic diversity in *Cucurbita pepo* landraces revealed by RAPD and SSR markers. *Sci. Hortic.*, 189, 192–200. doi: 10.1016/j.sci.2015.03.020
20. Radwan, S. A. (2014). Molecular discrimination and genetic relationships between some cultivars of *Cucurbita pepo* spp. *pepo* using random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. *Afr. J. Biotechnol.*, 13(11), 1202–1209. doi: 10.5897/AJB2012.3007
21. Pandey, A., Khan, M. K., Isik, R., Turkmen, O., Acar, R., Seymen, M., & Hakkı, E. E. (2019). Genetic diversity and population structure of watermelon (*Citrullus* sp.) genotypes. *Biotech.*, 9(6), 210. doi: 10.1007/s13205 019 1736 2
22. Muhammad, R. W., Qayyum, A., Ahmad, M. Q., Hamza, A., Yousaf, M., Ahmad, B., ... Noor, E. (2017). Characterization of maize genotypes for genetic diversity on the basis of inter simple sequence repeats. *Genet. Mol. Res.*, 16(1), 1–9. doi: 10.4238/gmr16019438
23. Raji, M. R., Lotfi, M., Tohidfar, M., Zahedi, B., Carra, A., Abbate, L., & Carimi, F. (2018). Somatic embryogenesis of muskmelon (*Cucumis melo* L.) and genetic stability assessment of regenerants using flow cytometry and ISSR markers. *Protoplasma*, 255(3), 873–883. doi: 10.1007/s00709 017 1194 9
24. Bednarskaya, I. A., Popov, V. N., Dugar, Y. N., Akinina G. E., & Dolgova, T. A. (2014). ISSR analysis of some species of angustifoliate fescue. *Cytol. Genet.*, 48, 364–370. doi: 10.3103/S0095 452714060024
25. Nei, M., & Li, W. H. (1979). Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 76(10), 5269–5273. doi: 10.1073/pnas.76.10.5269

УДК 577.21:631.526.32:635.621.3

**Ланкастер Ю. Н.<sup>1</sup>, Кондратенко С. И.<sup>1</sup>, Лиманская С. В.<sup>2,3\*</sup>, Тереняк Ю. Н.<sup>3</sup>, Чернышенко Г. Е.<sup>3</sup>, Попов В. Н.<sup>2,3,4</sup>** Исследование генетического полиморфизма образцов кабачка (*Cucurbita pepo* L.) методом ISSR анализа // Plant Varieties Studying and Protection. 2019. Т. 15, № 4. С. 442–450. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.189081](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.189081)

<sup>1</sup>Институт овощеводства и бахчеводства НААН Украины, ул. Институтская, 1, с. Селекционное, Харьковский р н, Харьковская обл., 62478, Украина

<sup>2</sup>Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева, п/в «Докучаевское 2», Харьковский р н, Харьковская обл., 62483, Украина, \*e mail: svetlanalymanska@gmail.com

<sup>3</sup>Испытательная лаборатория ООО «АГРОГЕН НОВО», ул. Шишковская, 2В, г. Харьков, 61070, Украина

<sup>4</sup>Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, пл. Свободы, 4, г. Харьков, 61022, Украина

**Цель.** Выявить генетический полиморфизм и дивергенцию сортов и гибридов кабачка (*C. pepo* L.) разного географического происхождения по ISSR маркерами. **Методы.** Для оценки генетического полиморфизма 29 сортов и гибридов *C. pepo* L. различного происхождения использовали ISSR анализ. Коэффициент сходства между исследуемыми образцами кабачка определяли по формуле Nei–Li. Расчет коэффициентов сходства и построение филогенетического дерева осуществляли с помощью пакета программ Phylip 3.69. Кластерный анализ проводили методом присоединения соседей (Neighbor joining). Достоверность группировки образцов в кластеры проверяли методом бутстреп анализа. **Результаты.** Использование 13 праймеров к межмикросателлитным участкам позволило выявить 129 локусов ДНК кабачка, среди которых 109 были полиморфные, 20 – мономорфные, 11 – уникальные для определенных образцов. Электрофореграммы продуктов амплификации опытных образцов отличались количеством и размером ампликонов. Выявлен высокий полиморфизм ДНК опытных образцов кабачка, который варьировал от 62,5% (праймер UBC 810) до 100% (праймеры UBC 2, UBC 3 и UBC 846). Уровень молекулярно генетического полиморфизма образцов кабачка варьировал

от 55,8 до 63,6% у гибридов ‘Rimini’ и ‘Eight Ball’, соответственно. Установлено низкую генетическую дивергенцию между опытными образцами *C. pepo* L., коэффициент сходства по Nei Li составил 0,0005–0,0092. С помощью кластерного анализа образцы кабачка были сгруппированы в два кластера. Основным критерием кластеризации был уровень генетической дивергенции. Географическое происхождение образцов не влияло на особенности их группировки. **Выводы.** По результатам изучения образцов кабачка разного географического происхождения с помощью ISSR анализа установлены высокий генетический полиморфизм и незначительная генетическая дивергенция между опытными образцами. Обнаружены уникальные фрагменты ДНК, которые могут быть использованы для паспортизации соответствующих образцов, а также для разработки других молекулярно генетических маркеров. Полученная информация может быть полезной для оптимизации селекционного процесса кабачка и по следующим исследованиям в области молекулярной генетики этой культуры.

**Ключевые слова:** *Cucurbita pepo* L.; полиморфизм ДНК; ISSR маркеры; генетическая дивергенция; кластерный анализ.

UDC 577.21:631.526.32:635.621.3

**Lankaster, Yu. M.<sup>1</sup>, Kondratenko, S. I.<sup>1</sup>, Lymanska, S. V.<sup>2,3\*</sup>, Tereniak, Yu. M.<sup>3</sup>, Chernyshenko, H. E.<sup>3</sup>, & Popov, V. M.<sup>2,3,4</sup>** (2019). Studies on the genetic polymorphism of courgette (*Cucurbita pepo* L.) accessions by ISSR analysis. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 442–450. [https://doi.org/10.21498/2518\\_1017.15.4.2019.189081](https://doi.org/10.21498/2518_1017.15.4.2019.189081)

<sup>1</sup>*Institute of Vegetables and Melon Growing, NAAS of Ukraine, 1 Instytutska St., Seleksiine, Kharkiv district, Kharkiv region, 62478, Ukraine*

<sup>2</sup>*Kharkiv National Agrarian University n. a. V. V. Dokuchaiev, "Dokuchaievske 2", Kharkiv district, Kharkiv region, 62483, Ukraine, e mail: svetlanalymanska@gmail.com*

<sup>3</sup>*Testing laboratory LLC "AGROGEN NOVO", 2V Shyshkovska St., Kharkiv, 61070, Ukraine*

<sup>4</sup>*V. N. Karazin Kharkiv National University, 4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine*

**Purpose.** Identify genetic polymorphism and divergence of *C. pepo* L. varieties and hybrids of different geographical origin using ISSR markers. **Methods.** ISSR analysis was used to evaluate the genetic polymorphism of 29 *C. pepo* L. varieties and hybrids of different origin. The similarity coefficient between the investigated courgette accessions was calculated by the Nei–Li's formula. Calculating coefficients of similarity and phylogenetic tree construction was performed with the Phylip 3.69 software package. The cluster analysis was performed by the Neighbor joining method. The validity of the accessions grouping into clusters was tested by bootstrap analysis. **Results.** The use of 13 primers in the intermicrosatellite regions revealed 129 loci of courgette DNA, among them 109 were polymorphic, 20 were monomorphic, 11 were unique to certain accessions. Electrophoregrams of the amplification products of the investigated accessions differed in the number and size of the amplicons. High DNA polymorphism of the investigated courgette accessions was found, which ranged from 62.5% (primer UBC 810) to 100% (primers UBC 2, UBC 3, and UBC

846). The level of molecular genetic polymorphism of courgette accessions varied from 55.8 to 63.6% in the 'Rimini' and 'Eight Ball' hybrids correspondingly. Low genetic divergence was determined between the *C. pepo* L. specimens, the Nei–Li similarity coefficient was 0.0005–0.0092. Using the cluster analysis, courgette accessions were grouped into two clusters. The main criterion for clustering was the level of genetic divergence. The geographical origin of the accessions did not affect the peculiarities of their grouping.

**Conclusions.** The results of the study of courgette accessions of different geographical origin using ISSR analysis revealed high genetic polymorphism and little genetic divergence between the experimental accessions. Unique DNA fragments have been identified and can be used for the certification of relevant samples, as well as for the development of other molecular genetic markers. The obtained information may be useful for optimizing the courgette breeding process and further studies in the molecular genetics of this culture.

**Keywords:** *Cucurbita pepo* L.; polymorphism DNA; ISSR markers; genetic divergence; cluster analysis.

Надійшла / Received 23.10.2019

Погоджено до друку / Accepted 18.12.2019