

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)  
**О. П. Попова** (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 ФІЗІОЛОГІЇ РОСЛИН  
І ГЕНЕТИКИ НАН УКРАЇНИ

Журнал виходить чотири рази на рік  
Заснований у 2005 р.

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

За достовірність викладених  
у публікаціях фактів відповідають  
автори

**Рекомендовано до друку**  
Вченою радою Українського інституту  
експертизи сортів рослин  
(Протокол № 5 від 27.06.2019)

**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 18.07.2019  
Формат 60×84 1/8. Папір офсетний.  
Ум.-др. арк.  
Наклад 150 прим. Зам. 617/2019

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)

**O. Popova** (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. 5, Jun 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 18.07.2019  
Format 60×84 1/8. Offset Paper.  
Conventional printed sheet.  
150 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

**С. М. Холод**

Характеристика різних сортозразків гороху посівного (*Pisum sativum* L.) у зоні Південного Лісостепу України

109

### ГЕНЕТИКА

**К. В. Ведмедєва**

Успадкування ознаки абрикосового забарвлення крайових квіток соняшнику (*Helianthus annuus* L.)

118

### БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОБЕЗПЕКА

**С. В. Міщенко, Л. М. Кривошеєва**

Калусогенез, органогенез і мікроклональне розмноження *in vitro* різних видів роду *Linum* L.

124

### РОСЛИННИЦТВО

**О. А. Заїма, О. Л. Дергачов**

Урожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої за різних варіантів обробки посівів фунгіцидами

135

**С. В. Григоренко**

Біометричні показники сортів сої залежно від застосування добрива, регуляторів росту та вологоутримувача

143

**С. М. Каленська, О. І. Присяжнюк, Л. В. Король, О. Ю. Половинчук**

Порівняльна характеристика шкал росту й розвитку гороху посівного (*Pisum sativum* L.)

155

**С. О. Лашук**

Біоморфологічна характеристика селекційних зразків представників роду *Miscanthus*, отриманих в умовах *in vitro*

163

**Л. І. Сторожик, О. В. Музика**

Особливості формування продуктивності гібридів сорго цукрового залежно від впливу агротехнічних факторів: ширини міжрядь, густоти посівів та обробки регулятором росту

171

**В. В. Багатченко, М. М. Таганцова, Н. В. Симоненко**

Формування структури врожаю гібридів кукурудзи за різних строків сівби

182

### ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

**Г. В. Шевченко, І. І. Овруцька, Ю. В. Овчаренко**

Експресія аквапорину *PIP2:1* як ознака посухостійкості гібридів *Zea mays* L. за умов зниженої вологості ґрунту

188

## CONTENTS

### VARIETY STUDYING AND VARIETY SCIENCE

**S. M. Kholod**

Characteristics of different varieties of the pea (*Pisum sativum* L.) in the zone of the Southern Forest-Steppe of Ukraine

### GENETICS

**K. V. Vedmedeva**

Inheritance of a sign of apricot color of ray flowers of sunflower (*Helianthus annuus* L.)

### BIOTECHNOLOGY AND BIOSAFETY

**S. V. Mishchenko, L. M. Kryvosheieva**

Callus formation, organogenesis and microclonal reproduction in different species of the genus *Linum* L. *in vitro*

### PLANT PRODUCTION

**O. A. Zaima, O. L. Derhachov**

Yield and quality of soft winter wheat grain under different types of crops treating with fungicides

**S. V. Hryhorenko**

Biometric indices of soybean varieties depending on the application of fertilizer, growth regulators and moisture-retaining agent

**S. M. Kalenska, O. I. Prysiazniuk, L. V. Korol, O. Yu. Polovynchuk**

Comparative characteristics of growth and development scales of the pea (*Pisum sativum* L.)

**S. O. Lashuk**

Biomorphological characteristic of breeding samples of representatives of the genus *Miscanthus*, obtained *in vitro*

**L. I. Storozhyk, O. V. Muzyka**

Features of formation of productivity of sweet sorghum hybrids depending on the influence of agrotechnical factors: width of row spacing, crop density and processing by growth regulator

**V. V. Bahatchenko, M. M. Tahantsova, N. V. Symonenko**

Formation of crop structure of corn hybrids at different seeding dates

### PLANT PHYSIOLOGY

**H. V. Shevchenko, I. I. Ovrutskaya, Yu. V. Ovcharenko**

Expression of aquaporin *PIP2:1* as an indicator of *Zea mays* L. cultivar tolerance to reduced soil moisture

**І. В. Іващенко, Д. Б. Рахметов, О. М. Вергун**  
Біохімічні особливості інтродукованої популяції  
*Serratula coronata* L. (Asteraceae)  
у Центральному Поліссі України

**I. V. Ivashchenko, D. B. Rakhmetov, O. M. Vergun**  
Biochemical features of the introduced population  
of *Serratula coronata* L. (Asteraceae)  
in Central Polissia of Ukraine

200

### **РИНОК СОРТІВ**

**С. І. Мельник, Н. С. Орленко, В. М. Матус,  
К. М. Мажуга, А. Н. Керімов**  
Особливості формування ринку національних сортових  
ресурсів винограду справжнього (*Vitis vinifera* L.)

**S. I. Melnyk, N. S. Orlenko, V. M. Matus,  
K. M. Mazhuha, A. N. Kerimov**  
Features of the formation of the market of the common  
grape vine (*Vitis vinifera* L.) national varietal resources

206

### **VARIETY MARKET**

## Характеристика різних сортозразків гороху посівного (*Pisum sativum* L.) у зоні Південного Лісостепу України

С. М. Холод

Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН України, вул. Академіка Вавилова, 15, с. Устимівка, Глобинський р-н, Полтавська обл., 39074, Україна, e-mail: [svitlanakholod77@ukr.net](mailto:svitlanakholod77@ukr.net)

**Мета.** Оцінити інтродуковані зразки гороху посівного (*Pisum sativum* L.) різного еколого-географічного походження в умовах південної частини Лісостепу України за комплексом показників продуктивності та адаптивності. **Методи.** Протягом 2016–2018 рр. в умовах Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН досліджено 30 нових зразків гороху походженням із Білорусі, Росії, Канади, Чехії, Німеччини, Нідерландів та Франції. У польових і лабораторних умовах вивчено показники врожайності, продуктивності, маси 1000 зерен, скоростиглості, висоти рослин та висоти прикріплення нижніх бобів над рівнем ґрунту, кількості вузлів до першого бобу й загальної кількості їх на рослині, кількості бобів та насіння на рослині, кількості насіння в бобі, параметри бобу. **Результати.** Вивчення інтродукованого матеріалу дало змогу виділити сортозразки гороху посівного за комплексом цінних ознак. Зокрема, сорти 'Жнивеньський', 'Игуменская улучшенная', 'Армеец', 'Тесей', 'Заранка' (Білорусь), 'Boldor' (Франція) характеризуються високою врожайністю, кількістю бобів на рослині, кількістю насіння з рослини, довжиною бобу та продуктивністю рослини. Сорти 'Червенский' (Білорусь), 'Patrick', 'Pluto' (Канада), 'Salamanca' (Німеччина) мають велику довжину бобу та велику кількість насіння в бобі. 'Boldor' (Франція), 'Армеец' (Білорусь) та 'Кадет' (Росія) поєднують у собі показники великої кількості бобів на рослині та продуктивності рослини. 'Slovak' (Чехія) та 'Ульяновец' (Росія) мають велику довжину бобу. **Висновки.** Інтродуковані сорти гороху посівного, виділені за комплексом цінних ознак, можна рекомендувати як вихідний матеріал у селекції на підвищення продуктивного й адаптивного потенціалу в умовах Південного Лісостепу України.

**Ключові слова:** горох посівний; сортозразки; цінні господарські ознаки; продуктивність.

### Вступ

Цілеспрямована інтродукція нових форм із певним рівнем вияву цінних господарських ознак, їх вивчення за цими ознаками, інвентаризація, систематизація через підвищення ефективності селекції та рослинництва в кінцевому підсумку сприяють стабільному розвитку сільського господарства та досягненню продовольчої безпеки [1]. Ефективне розв'язання проблеми стабільного виробництва рослинного білка практично неможливе без використання зернобобових культур [2, 3]. Ці культури вирощують на всіх континентах і їх асортимент залежить від ґрунтово-кліматичних особливос-

тей регіонів, попиту на ринку, якості насіння, продуктивності та конкурентоспроможності [4].

В Україні серед зернобобових культур одне з провідних місць належить гороху посівному. Це зумовлено його здатністю формувати досить високі й стабільні врожаї зерна за короткий вегетаційний період. Зерно гороху містить від 16 до 36% білка, до 54% вуглеводів, приблизно 1,6% жиру, понад 3% зольних речовин. Білок цієї культури є повноцінним за амінокислотним складом і засвоюється в 1,6 раза ліпше, ніж білок пшениці. У ньому міститься 4,6% лізину, 11,4% аргініну, 1,2% триптофану (від сумарної кількості білка) [5, 6].

Однією з основних умов успішної селекційної практики є використання генетично різноманітного вихідного матеріалу різного еколого-географічного походження з комп-

лексом цінних ознак і властивостей [7]. Проблема пошуку вихідного матеріалу завжди була однією з головних у селекції сільськогосподарських культур. Під час створення високопродуктивних сортів, стійких проти збудників хвороб, вилягання та несприятливих чинників довкілля, особливу увагу потрібно приділяти пошуку джерел та донорів господарськоцінних ознак для їх оптимального поєднання в нових сортах [8]. Створення нових сортів і гібридів з високим рівнем продуктивності, якості продукції, адаптивності до умов вирощування ґрунтується на ефективному використанні генетичного різноманіття культурних рослин [9, 10].

*Мета досліджень* – оцінити нові сорти гороху посівного різного еколого-географічного походження в умовах південної частини Лісостепу України за комплексом показників продуктивності та адаптивності.

### Матеріали та методика досліджень

Польові та лабораторні дослідження проводили в інтродукційно-карантинному розсаднику Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН України протягом 2016–2018 рр.

Матеріалом для досліджень були 30 сортів гороху посівного, що походять із семи країн світу: Білорусі, Росії, Канади, Чехії, Німеччини, Нідерландів та Франції. Сівбу проводили вручну у двократній повторності в оптимальні для гороху строки. Ділянки п'ятирядкові з міжряддям 0,20 м, площею 1,0 м<sup>2</sup>. Стандарт розташовували через 20 номерів. Попередник – чорний пар.

Протягом вегетаційного періоду проводили спостереження та опис сортозразків. Під час вегетації рослин фіксували такі фенологічні фази розвитку гороху: сходи, початок цвітіння, повне цвітіння, плодоношення, повна стиглість. У фазі повної стиглості в польових умовах визначали стійкість рослин до вилягання, вимірювали висоту рослин і висоту прикріплення нижнього бобу над рівнем ґрунту. У лабораторних умовах проводили структурний аналіз за такими кількісними ознаками: кількість вузлів до першого бобу та загальна кількість їх на рослині, кількість бобів на рослині, кількість насінин з рослини та зерен із бобу з урахуванням градацій Широкого уніфікованого класифікатора СЭВ и міжнародного класифікатора СЭВ рода *Pisum* L. [11], Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернобобових та

круп'яних на відмінність, однорідність і стабільність [12] та посібника Ідентифікація ознак зернобобових культур (горох, соя) [13]. Статистичний аналіз експериментальних даних проводили за допомогою програми Microsoft Excel.

Метеорологічні умови, що склалися під час вегетації в період вивчення матеріалу, дали змогу проаналізувати інтродуковані сортозразки на адаптивність до умов Південного Лісостепу та оцінити за господарськоцінними показниками.

Весняно-літній (квітень–липень) період вегетації гороху 2017–2018 рр. характеризувався як недостатньо вологий та надмірно теплий. Кількість опадів у квітні й травні була меншою за норму, тоді як у 2016 р. цей показник був на рівні багаторічних даних. Середньодобова температура в період вегетації гороху становила 17,5 °С (2016 р.), 18,6 °С (2017 р.), 20,2 °С (2018 р.), багаторічний показник – 16,3 °С.

Погодні умови 2016 р. в період вегетації були найсприятливішими для росту й розвитку рослин гороху. У період сівба–сходи 2016–2018 рр. середньодобова температура була на рівні 12,4 °С. Кількість опадів у 2016 р. становила 17,1 мм, у 2017 р. – 15,9, у 2018 р. – 9,4 мм. У фазі сходи–цвітіння середньодобова температура у 2016 р. становила 17,1 °С, у 2017 р. – 16,8, у 2018 р. – 20,1 °С за норми 15,9 °С, кількість опадів – 89,5; 45,3 та 32,9 мм відповідно. Це дало змогу рослинам гороху сформувати добру вегетативну масу та повноцінну зав'язь. У період наливу зерна середня температура у 2016 р. була на рівні багаторічних даних – 20,8 °С, у 2017 р. становила 21,8 °С, у 2018 р. – 22,1 °С. Кількість опадів у цей період у 2018 р. була меншою за норму на 10,8 мм, у 2016 р. становила 68,0 мм, у 2017 р. – 60,9 мм (за даними метеопосту Устимівської дослідної станції рослинництва).

### Результати досліджень

У результаті проведеного вивчення установлено апробаційні та морфологічні ознаки кожного сорту гороху (табл. 1). Тривалість вегетаційного періоду є важливою біологічною властивістю рослин, яка визначається як генетичними особливостями, так і чинниками зовнішнього середовища. Згідно з науковими даними тривалість періоду вегетації на 70% визначається спадковими особливостями сорту і лише на 30% – зовнішніми факторами [14]. Час цвітіння визначали у фазі початок цвітіння, коли 25% рослин гороху мають не менше однієї квітки. Для дослідже-

Таблиця 1

## Оцінка інтродукованих сортів гороху посівного за морфологічними ознаками

Назва сортів	Країна походження	Насінина		Тип рослини	Колір квітки
		забарвлення	форма		
'Девіз', St	Україна	рожеве	округла	вусатий	білий
'Жнивеньський'	Білорусь	коричневе	яйцеподібна	вусатий	пурпуровий
'Тесей'	Білорусь	коричневе	неправильна	вусатий	пурпуровий
'Червенский'	Білорусь	жовте	сферична	безвусий	білий
'Минский зерновой'	Білорусь	сизо-зелене	сферична	безвусий	білий
'Заранка'	Білорусь	коричневе	сферична	безвусий	пурпуровий
'Игуменская улучшенная'	Білорусь	коричневе	неправильна	безвусий	пурпуровий
'Резон'	Білорусь	жовте	сферична	вусатий	пурпуровий
'Армеец'	Білорусь	зеленувато-коричневе	неправильна	безвусий	пурпуровий
'Фацет'	Білорусь	жовте	сферична	вусатий	білий
'Памяти Хангильдина'	Росія	рожево-жовте	сферична	вусатий	білий
'Фаленский усатый'	Росія	жовте	сферична	вусатий	білий
'Альянс'	Росія	жовте	сферична	вусатий	білий
'Кадет'	Росія	жовте	сферична	вусатий	білий
'Атаман'	Росія	жовте	сферична	вусатий	білий
'Северянин'	Росія	жовте	сферична	вусатий	білий
'Марафон'	Росія	жовте	сферична	вусатий	білий
'Ульяновец'	Росія	жовте	сферична	вусатий	білий
'Salamanca'	Німеччина	жовте	сферична	вусатий	білий
'Boldor'	Франція	жовте	сферична	вусатий	білий
'Patrick'	Канада	сизо-зелене	сферична	вусатий	білий
'Rocket'	Канада	коричневе	циліндрична	вусатий	пурпуровий
'Pluto'	Канада	сизо-зелене	яйцеподібна	вусатий	білий
'Bronco'	Канада	жовте	сферична	вусатий	білий
'Mosaic'	Канада	коричневе	неправильна	вусатий	пурпуровий
'Hornet'	Канада	світло-жовте	сферична	вусатий	білий
'Treasure'	Канада	світло-жовте	сферична	вусатий	білий
'Prophet'	Нідерланди	смарагдове	сферична	вусатий	білий
'Slovan'	Чехія	жовте	сферична	вусатий	білий
'Eso'	Чехія	жовте	сферична	вусатий	білий
'Velvet'	Чехія	жовте	сферична	вусатий	білий

них сортів гороху тривалість вегетаційного періоду становила від 65 до 80 діб (табл. 2).

Майже всі досліджені зразки виявилися середньостиглими (71–80 діб) і є оптимальними для зони Південного Лісостепу України. Найскоростиглишим (65 діб) був російський сорт 'Памяти Хангильдина', а за 69 діб досягали білоруські сорти 'Жнивеньський', 'Червенский', 'Минский зерновой' та 'Игуменская улучшенная', німецький 'Salamanca', французький 'Boldor' та канадський сорт 'Hornet'. У структурі вегетаційного періоду в середньому 11 діб припадає на період сівба–сходи, 40 діб – сходи–цвітіння і 32 доби – на період цвітіння–достигання. Варіювання тривалості міжфазних періодів було слабким або середнім. Зокрема, коефіцієнт варіації за тривалістю періоду сівба–сходи й цвітіння–достигання становив 8,10–8,52%, за тривалістю сходи–цвітіння – 11,26%. Найкоротший період сівба–сходи (10 діб) виявлено в п'яти сортів – 'Памяти Хангильдина', 'Атаман', 'Кадет', 'Альянс' (Росія), 'Eso' (Чехія). Для 21 дослідженого сорту з'явлення повних сходів за-

фіксовано на 11–12 добу. Найкоротший період сходи–цвітіння (30–35 діб) виявлено в російських сортів 'Памяти Хангильдина', 'Фаленский усатый', 'Северянин', 'Ульяновец', 'Марафон' та 'Армеец'.

Різні зразки гороху вивчали за показниками висоти рослин, висоти прикріплення нижніх бобів над рівнем ґрунту, кількості вузлів до першого бобу та загальної їх кількості на рослині. Із таблиці 3 випливає, що сорти гороху різняться за висотою рослин, яка в середньому становила від 49,7 ('Минский зерновой') до 121,0 см ('Жнивеньський', Білорусь). Високорослими є сорти 'Игуменская улучшенная', 'Заранка' (Білорусь) – 101,3–121,0 см, низкорослими – 'Червенский', 'Минский зерновой' (Білорусь), 'Bronco', 'Patrick', 'Prophet', 'Pluto' (Канада) – 49,7–60,0 см. Інші 22 сорти – середньорослі (61,0–100,0 см). Коефіцієнт варіації за висотою рослин становив 24,21%, розмах варіації – 71,3 см.

Важливою ознакою, яка визначає придатність сорту до механізованого збирання, є висота прикріплення нижнього бобу. Утра-

Оцінка різних сортозразків гороху посівного за тривалістю та структурою вегетаційного періоду (середнє за 2016–2018 рр.)

Назва сортозразка	Тривалість міжфазних періодів, діб			Тривалість вегетаційного періоду, діб
	сівба–сходи	сходи–цвітіння	цвітіння–достигання*	
'Девіз', St	11	43	31	72
'Жнивеньский'	11	39	31	69
'Тесей'	11	43	31	75
'Червенский'	11	37	29	69
'Минский зерновой'	11	36	28	69
'Заранка'	11	37	29	70
'Игуменская улучшенная'	11	37	29	69
'Резон'	13	45	30	79
'Армеец'	13	43	25	72
'Фацет'	11	39	31	75
'Памяти Хангильдина'	10	32	36	65
'Фаленский усатый'	11	37	31	71
'Альянс'	10	40	31	70
'Кадет'	10	39	33	73
'Атаман'	10	35	33	73
'Северянин'	11	43	36	77
'Марафон'	11	30	35	72
'Ульяновец'	11	35	36	71
'Salamanca'	11	38	31	69
'Boldor'	11	38	33	69
'Patrick'	12	44	29	75
'Rocket'	12	41	31	77
'Pluto'	12	40	33	77
'Bronco'	11	44	33	77
'Mosaic'	13	51	34	80
'Hornet'	11	37	31	79
'Treasure'	12	42	31	74
'Prophet'	13	45	36	79
'Slovan'	12	40	31	70
'Eso'	10	43	31	75
'Velvet'	12	45	36	75
X	11,3	39,7	31,8	72,6
min	10	30	36	65
max	13	50,5	25	80
R (max-min)	3	20,5	11,0	15
V, %	8,10	11,26	8,52	5,13

\* Достигання не менше ніж 70% бобів на рослині.

та врожаю в сортів з низьким прикріпленням нижніх бобів під час збирання може становити від 3 до 20%. Формування цієї ознаки залежить від погодних умов. Відомо, що в посушливі роки прикріплення бобів вище, у вологі – навпаки нижче [15]. За пізніх строків сівби чи в разі збільшення площі живлення рослин висота прикріплення нижнього бобу суттєво зменшується. Висота прикріплення нижнього бобу в середньому за роки вивчення була в межах від 30,9 ('Prophet', Нідерланди) до 76,7 см ('Жнивеньский', Білорусь), спостерігалася висока варіабельність ознаки (коефіцієнт варіації – 25,65%).

Кількість непродуктивних вузлів до першого продуктивного вузла та загальна кількість вузлів на рослині в середньому становила 14,4 і 20,1 шт. відповідно. Сорти з най-

меншою кількістю непродуктивних вузлів були низькорослими та мали коротший вегетаційний період. Найменшу кількість непродуктивних вузлів до першого продуктивного (9,0–11,0 шт.) мали чотири сорти гороху – 'Boldor' (Франція), 'Тесей' (Білорусь), 'Марафон', 'Ульяновец' (Росія), тоді як найбільшу (20–22 шт.) – пізньостиглі сорти 'Жнивеньский', 'Заранка' (Білорусь), 'Rocket', 'Pluto', 'Hornet', 'Patrick' (Канада), 'Eso' (Чехія) та 'Prophet' (Нідерланди). Коефіцієнт варіації за кількістю непродуктивних вузлів до першого продуктивного становив 17,23%, за загальною кількістю вузлів на рослині – 14,0%.

Продуктивність – одна з найважливіших характеристик, що визначає господарську цінність сорту. Були проаналізовані такі елементи структури врожаю гороху, як кіль-



Таблиця 3

## Оцінка сортотразків гороху посівного за висотою рослин та кількістю вузлів (середнє за 2016–2018 рр.)

Назва сортотразка	Висота рослини, см	Висота прикріплення нижнього бобу над рівнем ґрунту, см	Кількість вузлів, шт.	
			до першого продуктивного вузла	усього
'Девіз', St	64,0	49,0	14,0	20,0
'Жнивеньський'	121,0	76,7	15,4	25,2
'Тесеї'	68,7	46,4	11,0	17,5
'Червенський'	55,5	45,7	12,0	18,0
'Минський зерновой'	49,7	33,7	12,0	18,2
'Заранка'	100,3	67,7	18,0	25,4
'Игуменская улучшенная'	104,6	60,2	14,4	20,0
'Резон'	64,4	47,0	13,5	18,2
'Армеец'	73,0	45,8	13,0	17,5
'Фацет'	76,0	40,0	12,2	19,0
'Памяти Хангильдина'	77,3	53,3	13,0	18,6
'Фаленський усатий'	61,6	46,6	15,4	19,5
'Альянс'	99,3	64,9	15,5	20,0
'Кадет'	81,6	40,6	16,2	18,5
'Атаман'	99,0	56,0	14,1	19,2
'Северянин'	79,0	42,4	14,6	19,6
'Марафон'	77,8	48,8	9,8	14,5
'Ульяновец'	80,4	58,2	10,2	15,6
'Salamanca'	64,0	48,7	14,2	18,0
'Boldor'	63,7	40,1	10,0	18,8
'Patrick'	57,5	31,5	16,2	23,6
'Rocket'	50,2	33,1	17,0	25,2
'Pluto'	53,6	32,3	16,8	22,8
'Bronco'	54,3	32,1	17,6	19,5
'Mosaic'	64,7	39,0	15,6	20,1
'Hornet'	65,0	40,6	20,2	23,8
'Treasure'	60,9	38,4	14,0	19,5
'Prophet'	56,9	30,9	15,6	23,6
'Slovan'	81,4	65,6	13,2	18,8
'Eso'	73,8	39,0	16,2	23,2
'Velvet'	85,8	46,2	15,5	21,2
X	73,3	46,4	14,4	20,1
min	49,7	30,9	9,8	14,5
max	121,0	76,6	20,2	25,4
R (max-min)	71,3	45,8	10,4	10,9
V, %	24,21	25,65	17,23	14,0

кість бобів та насіння на рослині, кількість насіння в бобі, показники параметру бобу, маса зерна з рослини та маса 1000 насінин (табл. 4).

Кількість бобів на одну рослину – ознака, яка значною мірою піддається впливу чинників довкілля і лише на 45% визначається сортовими особливостями [16]. За роки вивчення, під впливом різних умов, кількість бобів на одну рослину в інтродукованих сортів гороху була в межах від 5,2 ('Резон') до 13,5 шт. ('Жнивеньський', Білорусь), розмах варіації становив 8,3 шт., варіабельність показника – середня (коефіцієнт варіації – 24,52%). За цим показником 18 зразків (60,0%) мали середню кількість бобів на рослині – 7,5–10,0 шт. Значну кількість бобів на рослині (понад 10,0 шт.) мали шість сортів гороху, або 20,0% від загальної їх кількості. Деякі зразки характеризувалися досить ви-

сокою кількістю бобів на рослині – більш ніж 13,0 шт. Серед них сорти 'Жнивеньський' та 'Тесеї' (Білорусь).

Кількість насінин на рослині – найваріабельніша ознака. Лише 19% величини її фенотипового вияву залежить від сортових особливостей, решта визначається зовнішніми чинниками й рівнем фенотипового вияву інших ознак [16]. Кількість насінин на рослині в середньому за роки вивчення була в межах від 21,8 ('Альянс', Росія) до 64,0 шт. ('Жнивеньський' і 'Тесеї', Білорусь), розмах варіації становив 42,2 шт., спостерігалася висока варіабельність показника (коефіцієнт варіації – 30,03%). Найбільшу кількість насінин на одній рослині формували сорти 'Жнивеньський' і 'Тесеї' – 64,0 шт., 'Заранка' – 45,2 (Білорусь), 'Игуменская улучшенная' – 60, 'Резон' – 45,8, 'Атаман' – 45,2 (Росія), 'Pluto' – 54,2 шт. (Канада).

## Оцінка різних сортозразків гороху посівного за елементами структури продуктивності (середнє за 2016–2018 рр.)

Назва сортозразка	Кількість бобів на рослині, шт.	Кількість насіння, шт.		Розміри бобу, см		Маса насіння з рослини, г	Маса 1000 насінин, г
		з рослини	у бобі	довжина	ширина		
'Девіз', St	9,0	27,2	6,0	6,2	1,5	8,32	227,0
'Жнивеньский'	13,0	64,0	7,0	6,9	1,5	12,48	208,0
'Тесей'	13,0	64,0	7,0	6,2	1,5	12,17	203,0
'Червенский'	10,0	42,0	7,0	7,6	1,5	9,43	220,0
'Минский зерновой'	10,0	30,4	6,0	6,6	1,5	9,25	263,0
'Заранка'	12,0	45,2	7,0	6,7	1,5	12,82	215,0
'Игуменская улучшенная'	13,0	60,8	7,0	7,1	1,5	12,75	203,0
'Резон'	5,0	45,8	6,0	5,5	1,8	4,00	230,0
'Армеец'	12,0	35,6	7,0	7,5	1,8	11,40	250,0
'Фацет'	11,0	32,2	5,0	6,4	1,5	7,20	300,0
'Памяти Хангильдина'	8,0	33,6	6,0	6,9	1,5	7,47	221,0
'Фаленский усатый'	9,0	25,6	4,0	5,2	1,1	5,50	187,0
'Альянс'	9,0	21,8	7,0	6,2	1,3	7,45	184,0
'Кадет'	10,0	55,2	6,0	6,0	1,2	10,20	220,0
'Атаман'	8,0	45,2	6,0	6,2	1,2	5,30	190,0
'Северянин'	8,0	31,4	4,0	4,3	1,1	5,03	173,0
'Марафон'	10,0	26,6	4,0	6,0	1,2	7,00	190,0
'Ульяновец'	9,0	33,5	6,0	7,2	1,4	5,20	216,0
'Salamanca'	8,0	32,0	7,0	6,9	1,4	7,77	215,0
'Boldor'	10,0	38,4	7,0	6,8	1,5	10,85	217,0
'Patrick'	9,0	41,8	7,0	7,2	1,5	7,70	169,0
'Rocket'	9,0	40,2	7,0	6,8	1,3	6,60	171,0
'Pluto'	9,0	54,2	7,0	7,0	1,4	7,15	170,0
'Bronco'	6,0	30,8	6,0	6,2	1,3	6,60	195,0
'Mosaic'	7,0	24,0	6,0	5,8	1,3	4,50	162,0
'Hornet'	8,0	33,2	6,0	6,8	1,5	6,50	160,0
'Treasure'	8,0	35,0	6,0	6,1	1,3	6,60	163,0
'Prophet'	5,0	25,0	6,0	5,6	1,4	4,44	173,0
'Slovan'	9,0	34,2	5,0	7,0	1,2	7,47	204,0
'Eso'	7,0	39,8	6,0	6,0	1,4	7,50	166,0
'Velvet'	10,0	33,2	6,0	6,7	1,3	7,10	182,0
X	9,1	38,5	6,1	6,4	1,4	7,8	200,7
min	5,2	21,8	3,6	4,2	1,0	4,0	160,2
max	13,5	64,0	7,4	7,6	1,8	12,8	300,0
R (max-min)	8,3	42,2	3,8	3,4	0,75	8,8	139,7
V, %	24,28	30,03	15,53	11,14	12,43	32,97	16,12

У формуванні продуктивності гороху велике значення має озерненість бобу, яка, своєю чергою, залежить від кількості закладених у зав'язі насінних зачатків. Установлено [16], що в насінневому зачатку закладається від 4 до 12 насінин. Кількість насінин у бобі в досліджуваних зразків гороху змінювалася від 3,6 ('Фаленский усатый') до 7,4 шт. ('Игуменская улучшенная', Росія); у середньому 6,1 шт. з бобу. Найбільша озерненість бобів (понад 7,0 шт.) відзначена в сортів 'Salamanca' (Німечина), 'Червенский', 'Заранка', 'Игуменская улучшенная', 'Армеец' (Білорусь), 'Pluto', 'Patrick' (Канада), а найменша (3,6–5,0 шт.) – у сортів 'Северянин', 'Фаленский усатый', 'Марафон' (Росія). Розмах варіації становив 3,8 шт., середній коефіцієнт варіації – 15,53%.

Довжина бобу в середньому за роки вивчення була в межах від 4,3 ('Северянин', Росія) до 7,6 см ('Червенский', Білорусь), розмах варіації становив 3,4 см, спостерігалася слабка варіабельність (коефіцієнт варіації – 11,14%). Найдовші боби зафіксовано в білоруських сортів 'Червенский' (7,6 см), 'Армеец' (7,5 см), 'Игуменская улучшенная' (7,1 см), російського 'Ульяновец' і канадського 'Patrick' (7,2 см) та чеського сорту 'Slovan' (7,0 см). Ширина бобу в нових сортів гороху становила в середньому 1,4 см. Виділено 11 сортів (36,6%), які мали ширину бобу на рівні 1,5 см. Найширші боби були в сортів 'Армеец' та 'Резон' (Білорусь) – 1,8 см.

Продуктивність рослин гороху зумовлена взаємодією низки ознак, з яких найбільше значення мають такі елементи структури врожаю, як кількість бобів, насінин і про-

дуктивних вузлів на рослині та маса 1000 насінин [17]. Маса зерна з рослини в сортів гороху змінювалася від 4,0 ('Резон') до 12,8 г ('Заранка', Білорусь), у середньому – 7,93 г. Велику масу зерна з рослини відзначено в сортів 'Заранка' – 12,8 г, 'Игуменская улучшенная' – 12,7, 'Жнивеньский' – 12,5, 'Тесей' – 12,2, 'Армеец' – 11,4 (Білорусь), 'Boldor' – 10,8 (Франція), 'Кадет' – 10,2 г (Росія), які мають досить високі показники продуктивності рослини завдяки більшій кількості бобів на рослині та масі 1000 зерен.

Маса 1000 насінин – один із найваріабельніших елементів насінневої продуктивності гороху [18]. Середнє значення маси 1000 насінин становило 200,7 г, розмах варіації – 139,7 г. Під час вивчення матеріалу виділено 27 зразків (90%), які мали середню масу 1000 зерен 151–250 г. Найбільше за масою насіння формували сорти 'Армеец' та 'Фацет' (Білорусь) – 250 і 300 г відповідно, а найменше – 'Pluto' (Канада) – 141 г.

Визначено потенційну врожайність насіння, тобто ту врожайність, яку можна отримати за середньої продуктивності й певній кількості збережених до збору врожаю рослин. При цьому не враховується ступінь пошкодження зерна шкідниками. Фактична врожайність отримана шляхом зважування отриманої маси насіння з ділянки, але при цьому із загальної маси попередньо було видалено уражене хворобами й пошкоджене гороховою плодожеркою насіння, тобто фактична врожайність – це врожайність насіння гороху після доробки. Найкращі результати за цим показником отримано в сортів 'Жнивеньский', 'Игуменская улучшенная', 'Армеец', 'Тесей', 'Заранка' (Білорусь) та 'Boldor' (Франція), які в середньому сформували 230,6–308,0 г/м<sup>2</sup>.

У результаті вивчення нового інтродукованого матеріалу гороху виділено зразки з високим та оптимальним рівнем вияву ознак:

– *урожайність* (> 230 г/м<sup>2</sup>) (у сорту-стандарту 'Девіз' – 200 г/м<sup>2</sup>), *кількість бобів на рослині* (> 10,0 шт.), *кількість насіння з рослини* (> 60,0 шт.), *довжина бобу* (> 7,0 см) та *продуктивність рослини* (> 10,0 г) – 'Игуменская улучшенная', 'Жнивеньский', 'Тесей' та 'Заранка' (Білорусь);

– *кількість насіння в бобі* (> 7,0 шт.) та *довжина бобу* (> 7,0 см) – 'Червенский' (Білорусь), 'Patrick' і 'Pluto' (Канада), 'Salamanca' (Німеччина);

– *кількість бобів на рослині* (> 10,0 шт.) та *продуктивність рослини* (> 10,0 г) – 'Boldor' (Франція), 'Армеец' (Білорусь) і 'Кадет' (Росія);

– *кількість бобів на рослині* (> 10,0 шт.) та *маса 1000 зерен* (> 250,0 г) – 'Фацет' і 'Минский зерновой' (Білорусь);

– *довжина бобу* (> 7,0 см) – 'Slovan' (Чехія) та 'Ульяновец' (Росія).

## Висновки

В умовах південної частини Лісостепу України досліджувані сортозразки гороху формували врожай зерна від 230,6 до 308,0 г/м<sup>2</sup>. Аналіз середньої врожайності за роки досліджень свідчить, що до найурожайніших сортів належать: 'Жнивеньский', 'Игуменская улучшенная', 'Армеец', 'Тесей', 'Заранка' (Білорусь), 'Boldor' (Франція), у яких маса зерна з рослини перевищувала 10,0 г. Показники продуктивності рослини були високими завдяки як підвищеній кількості насінин, так і масі 1000 зерен. За комплексом ознак виділено сортозразки 'Червенский', 'Армеец', 'Фацет', 'Минский зерновой' (Білорусь), 'Patrick', 'Pluto' (Канада), 'Salamanca' (Німеччина), 'Кадет', 'Ульяновец', 'Марафон' (Росія), 'Slovan' (Чехія). Вищезазначені сортозразки можна рекомендувати як джерела цінних ознак для практичного використання в селекції, а також вони є придатними для вирощування в зоні Південного Лісостепу за умови включення до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

## Використана література

1. Рябчун В. К., Кузьмишина Н. В., Богуславський Р. Л. Інтродукція зразків генофонду рослин до Національного банку генетичних ресурсів рослин України. *Генетичні ресурси рослин*. 2012. № 10/11. С. 17–24.
2. Кобизєва Л. Н., Гончарова О. О. Колекція сортів гороху овочевого – джерело для створення зеленого конвейєру. *Вісн. ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2013. Вип. 14. С. 60–67.
3. Арора С. К., Сэлук Д. К., Сейте С. К., Редди Н. Р. Химия и биохимия бобовых растений / пер. с англ. К. С. Спектрова. Москва: Агропромиздат, 1986. 337 с.
4. Побережна А. А. Еколого-економічні проблеми світового виробництва зернобобових культур для нарощування білкових ресурсів. *Селекція і насінництво*. 2005. Вип. 90. С. 66–74.
5. Петриченко В. Ф., Середа Л. М., Бернадзіковський С. А. Продуктивність зернобобових культур залежно від впливу факторів інтенсифікації в умовах Лісостепу України. *Збірник наук. праць ВДАУ. Серія : С.-г. науки*. 2003. Вип. 14. С. 3–9.
6. Дідур І. М., Захарчук В. В. Вплив елементів технології вирощування на врожайні показники зерна гороху. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 4. С. 55–61.
7. Кириченко В. В., Рябчун В. К., Богуславський Р. Л. Роль генетичних ресурсів рослин у виконанні державних програм. *Генетичні ресурси рослин*. 2008. № 5. С. 7–13.
8. Сечняк В. Ю., Файт В. І. Роль генетичних ресурсів та інтродукції рослин у селекції. *Вісн. аграр. науки*. 2012. Спец. випуск. С. 127–128.
9. Холод С. Г. Основні напрями формування та використання колекції проса Устимівської дослідної станції рослинництва. *Генетичні ресурси рослин*. 2008. № 6. С. 34–40.

10. Григорашенко Л. В., Роголіна Л. В. Джерела проса за вмістом білка в зерні. *Генетичні ресурси рослин*. 2008. № 6. С. 116–122.
  11. Широкий унифіцированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ рода *Pisum L.* / сост. : Р. Макашева, К. Белехова, В. Корнейчук и др. Ленинград : ВИР, 1981. 46 с.
  12. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернобобових та круп'яних на відмінність, однорідність і стабільність / за ред. С. О. Ткачик. – 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 216 с.
  13. Кириченко В. В., Кобизева Л. Н., Петренкова В. П. та ін. Ідентифікація ознак зернобобових культур (горох, соя) / за ред. В. В. Кириченка. Харків : ВАТ «Вид-во «Харків», 2009. 172 с.
  14. Лещенко А. К., Михайлов В. К. Соя. *Селекция технических и кормовых культур*. Киев : Урожай, 1978. С. 70–86.
  15. Вожегова Р. А., Боровик В. О., Клубук В. В., Марченко Т. Ю. Зв'язок структурних елементів інтродукованих зразків сої (*Glycine max* (L.) Merr.) з продуктивністю насіння в умовах зрошення Півдня України. *Генетичні ресурси рослин*. 2018. № 22. С. 11–18.
  16. Вожегова Р. А., Боровик В. О., Клубук В. В., Рубцов Д. К. Селекційне значення джерел цінних ознак інтродукованих зразків сої (*Glycine max* (L.)) для створення нових сортів в умовах зрошення Півдня України. *Plant Var. Stud. Prot.* 2018. Т. 14, № 2. С. 176–182. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.124765
  17. Семенова Е. В., Соболев Д. В. Продуктивность образцов гороха (*Pisum sativum* L.) из коллекции ВИР в условиях Ленинградской области. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2009. Т. 166. С. 242–249.
  18. Allard R. W., Hansche P. E. Some parameters of population variability and their implications in plant breeding. *Adv. Agron.* 1964. Vol. 16. P. 281–325. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60027-9
- ## References
1. Riabchun, V. K., Kuzmyshyna, N. V., & Bohuslavskyi, R. L. (2012). Introduction of plant gene pool samples into National bank of plant genetic resources of Ukraine. *Genetični resursi roslin* [Plant Genetic Resources], 10/11, 17–24. [in Ukrainian]
  2. Kobzyieva, L. N., & Honcharova, O. O. (2013). Collection of the pea varieties – source for the creation of green conveyor. *Visnik Centru naukovogo zabezpečennâ APV Harkivs'koi oblasti* [Bulletin of the Center for Science Provision of Agribusiness in the Kharkiv region], 14, 60–67. [in Ukrainian]
  3. Arora, S. K., Seluk, D. K., Seyte, S. K., & Reddi, N. R. (1986). *Khimiya i biokhimiya bobovykh rasteniy* [Chemistry and biochemistry of leguminous plants]. (K. S. Spektrov, Trans.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
  4. Poberezhna, A. A. (2005). Ecological and economic problems of world production of leguminous crops for increasing protein resources. *Selekcija i nasinnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 90, 66–74. [in Ukrainian]
  5. Petrychenko, V. F., Sereda, L. M., & Bernadzikovskiy, S. A. (2003). The productivity of leguminous crops depending on the influence of intensification factors in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats VDAU. Seriya: Silskohospodarski nauky* [Collection of Scientific Papers VSAU. Series: Agricultural Sciences], 14, 3–9. [in Ukrainian]
  6. Didur, I. M., & Zakharchuk, V. V. (2016). The influence of technology elements of growing for harvest grane of peas. *Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnictvo* [Agriculture and Forestry], 4, 55–61. [in Ukrainian]
  7. Kyrychenko, V. V., Riabchun, V. K., & Bohuslavskyi, R. L. (2008). Importance of plant genetic resources for state programs realization. *Genetični resursi roslin* [Plant Genetic Resources], 5, 7–13. [in Ukrainian]
  8. Sechniak, V. Yu., & Fait, V. I. (2012). The role of genetic resources and plant introduction in breeding. *Visn. agrar. nauki* [Bulletin of Agricultural Science], *Spesial Issue*, 127–128. [in Ukrainian]
  9. Kholod, S. H. (2008). Main directions for formation and use of the millet collection at Ustymivka Experimental Station of Plant Production. *Genetični resursi roslin* [Plant Genetic Resources], 6, 34–40. [in Ukrainian]
  10. Hryhorashchenko, L. V., & Rohulina, L. V. (2008). Millet sources according to protein content in the grain. *Genetični resursi roslin* [Plant Genetic Resources], 6, 116–122. [in Ukrainian]
  11. Makasheva, R., Belehova, K., Korneychuk, V., Lemann, H., & Pavelkova, A. (1981). *Shirokiy unifikirovannyi klassifikator SEV i mezhdunarodnyy klassifikator SEV roda Pisum L.* [Wide unified classifier of the CMEA and the international classifier of the CMEA of the genus *Pisum L.*]. Leningrad: VIR. [in Russian]
  12. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslin hrupy zernobobovykh ta krupianykh na vidminnist, odnorodnist i stabilnist* [Methods of examination of plant varieties of leguminous plants and cereals for difference, uniformity and stability]. (2<sup>nd</sup> ed., rev). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
  13. Kyrychenko, V. V., Kobzyieva, L. N., Petrenkova, V. P., Riabchun, V. K., Bezuhla, O. M., Markova, T. Yu., ... Riabukha, S. S. (2009). *Identyfikatsiia oznak zernobobovykh kultur (horokh, soia)* [Identification of characters of leguminous crops (peas, soybean)]. V. V. Kyrychenko (Ed.). Kharkiv: VAT "Vyd-vo "Kharkiv". [in Ukrainian]
  14. Leshchenko, A. K., & Mykhailov, V. K. (1978). Soybean. In *Selektsiya tekhnicheskikh i kormovykh kul'tur* [Breeding of industrial and fodder crops]. Kyiv: Urozhai. [in Ukrainian]
  15. Vozhehova, R. A., Borovyk, V. O., Klubuk, V. V., & Marchenko, T. Yu. (2018). Influence of some quantitative structural characteristics of introduced soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) accessions on seed productivity in irrigated conditions in the South of Ukraine. *Genetični resursi roslin* [Plant Genetic Resources], 22, 11–18. [in Ukrainian]
  16. Vozhehova, R. A., Borovyk, V. O., Klubuk, V. V., & Rubtsov, D. K. (2018). Selection value of sources of valuable attributes of introduced soybean samples (*Glycine max* (L.)) for new varieties creation under irrigated conditions of the South of Ukraine. *Plant Var. Stud. Prot.*, 14(2), 176–182. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.124765. [in Ukrainian]
  17. Semenova, E. V., & Sobolev, D. V. (2009). Productivity of pea (*Pisum sativum* L.) accessions from the VIR collection in the Leningrad Region. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* [Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding], 166, 242–249. [in Russian]
  18. Allard, R. W., & Hansche, P. E. (1964). Some parameters of population variability and their implications in plant breeding. *Adv. Agron.*, 16, 281–325. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60027-9

УДК 635.656:631.527

**Холод С. Н.** Характеристика разных сортообразцов гороха посевного (*Pisum sativum* L.) в зоне Южной Лесостепи Украины // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 2. С. 109–117. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173552>

*Устимовская опытная станция растениеводства Института растениеводства имени В. Я. Юрьева НААН Украины, ул. Академика Вавилова, 15, с. Устимовка, Глобинский р-н, Полтавская обл., 39074, Украина, e-mail: svitlanakholod77@ukr.net*

**Цель.** Оценить интродуцированные образцы гороха посевного (*Pisum sativum* L.) разного эколого-географического происхождения в условиях южной части Лесостепи Украины по комплексу показателей продуктивности и адаптивности. **Методы.** В течение 2016–2018 гг. в условиях Устимовской опытной станции растениеводства Института растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН исследованы 30 новых образцов гороха происхождением из Беларуси, России, Канады, Чехии, Германии, Нидерландов и Франции. В полевых и лабораторных условиях изучены показатели урожайности, продуктивности, массы 1000 зерен, скороспелости, высоты растений и высоты прикрепления нижних бобов над уровнем почвы, количества узлов до первого боба и общее их количество на растении, количество бобов и семян на растении, количество семян в бобе, параметры боба. **Результаты.** Изучение интродуцированного материала позволило выделить сортообразцы гороха посевного по комплексу ценных

признаков. Так, сорта 'Жнивеньский', 'Игуменская улучшенная', 'Армеец', 'Тесей', 'Заранка' (Беларусь), 'Boldor' (Франция) характеризуются высокой урожайностью, количеством бобов на растении, количеством семян с растения, длиной боба и продуктивностью растения. Сорта 'Червенский' (Беларусь), 'Patrick', 'Pluto' (Канада), 'Salamanca' (Германия) имеют большую длину боба и большое количество семян в бобе. 'Boldor' (Франция), 'Армеец' (Беларусь) и 'Кадет' (Россия) сочетают в себе показатели большого количества бобов на растении и продуктивности растения. 'Slovan' (Чехия) и 'Ульяновец' (Россия) имеют большую длину боба. **Выводы.** Интродуцированные сорта гороха посевного, выделенные по комплексу ценных признаков, можно рекомендовать в качестве исходного материала в селекции на повышение продуктивного и адаптивного потенциала в условиях Южной Лесостепи Украины.

**Ключевые слова:** горох посевной; сортообразцы; ценные хозяйственные признаки; продуктивность.

UDC 635.656:631.527

**Kholod, S. M.** (2019). Characteristics of different varieties of the pea (*Pisum sativum* L.) in the zone of the Southern Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 109–117. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173552>

*Ustymivka Experimental Station of Plant Production of Plant Production Institute nd. a. V. Ya. Yuriev, NAAS of Ukraine, 15 Akademika Vavilova St., Ustymivka, Hlobyno district, Poltava region, 39074, Ukraine, e-mail: svitlanakholod77@ukr.net*

**Purpose.** Evaluate the introduced samples of the pea (*Pisum sativum* L.) of various ecological and geographical origins in the conditions of the southern part of the Forest-Steppe zone of Ukraine according to a set of productivity and adaptability indicators. **Methods.** During 2016–2018 under the conditions of the Ustymivka Experimental Station of Plant Production of Plant Production Institute nd. a. V. Ya. Yuriev, NAAS of Ukraine 30 new pea samples from Belarus, Russia, Canada, the Czech Republic, Germany, the Netherlands and France were investigated. In field and laboratory conditions yields, productivity, 1000 beans weight, early-ripening, plant height and height of attachment of the lower pods above the soil level, number of nodes to the first pod and their total number per plant, number of pods and seeds per plant, number of seeds per pod, pod parameters were studied. **Results.** The study of the introduced material made it possible to distinguish the varieties of the pea

by the complex of valuable features. In particular, varieties 'Zhnyven'skiy', 'Igumenskaya uluchshennaya', 'Armeec', 'Tesey', 'Zaranka' (Belarus), 'Boldor' are characterized by high yields, number of pods per plant, number of seeds per plant, length of a pod and productivity of a plant. Varieties 'Chervenskiy' (Belarus), 'Patrick', 'Pluto' (Canada), 'Salamanca' (Germany) have a big pod length and large number of seeds in a pod. 'Boldor' (France), 'Armeets' (Belarus) and 'Kadet' (Russia) combine a large number of pods per plant and plant productivity. 'Slovan' (Czech Republic) and 'Ulyanovets' (Russia) have a big length of pod. **Conclusions.** The introduced varieties of the pea, identified by a set of valuable traits, can be recommended as starting material in breeding for increasing productive and adaptive potential in the conditions of the Southern Forest-Steppe zone of Ukraine.

**Keywords:** pea; samples; valuable economic characters; productivity.

*Надійшла / Received 18.04.2019  
Погоджено до друку / Accepted 11.06.2019*

## Успадкування ознаки абрикосового забарвлення крайових квіток соняшнику (*Helianthus annuus* L.)

К. В. Ведмедева

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 характер успадкування абрикосового забарвлення крайових квіток соняшнику та типи взаємодії генів, що зумовлюють різні типи забарвлення. **Методи.** Польовий дослід, генетичний аналіз. Статистичну достовірність результатів оцінювали за допомогою критерія Пірсона. **Результати.** Проведено схрещування лінії 'КГ13', джерела ознаки абрикосового забарвлення, з лініями соняшнику, які мають жовте, оранжеве та лимонне забарвлення крайових квіток. У першому гібридному поколінні від схрещування 'КГ13' із п'ятьма лініями, які мали жовтий колір, спостерігали лише жовте забарвлення крайових квіток. У другому гібридному поколінні отримано розщеплення нащадків на два класи – із жовтим та з абрикосовим забарвленням квіток, у співвідношенні 3 : 1. Лінія 'КГ13' була схрещена з трьома лініями ('НА298', 'SL2966', 'LD72/3'), які мали оранжеве забарвлення квіток. У першому поколінні спостерігали оранжеве забарвлення квіток, у другому – зафіксовано розщеплення: три чверті нащадків з оранжевим забарвленням квіток до однієї чверті з абрикосовим. Лінія 'КГ13' була схрещена з 'КГ107' та 'ЗЛ678', які мали лимонне забарвлення квіток. Отримані рослини першого покоління мали жовте забарвлення крайових квіток. У другому поколінні отримано п'ять класів рослин за забарвленням крайових квіток: жовті, оранжеві, абрикосові, лимонні, лимонно-абрикосові у співвідношенні 6 : 4 : 3 : 2 : 1. За цим розщепленням алелі лимонного та абрикосового забарвлення мають комплементарну дію, гомозиготний стан оранжевого алеля епістатує над рецесивною гомозиготою гена лимонного забарвлення. Лінія 'КГ108' з поєднанням генів, що зумовлюють абрикосовий та світло-жовтий колір, має світло-абрикосове забарвлення і в схрещуваннях у другому поколінні дає розщеплення у співвідношенні 9 : 3 : 3 : 1. **Висновки.** Абрикосове забарвлення крайових квіток лінії соняшнику 'КГ13' зумовлено гомозиготним станом алелю того ж самого гена, другий алель якого спричинює оранжевий колір у лінії 'НА298', 'SL2966' та 'LD72/3'. Установлено комплементарну дію алелів, що зумовлюють абрикосове й лимонне, а також абрикосове та світло-жовте забарвлення крайових квіток. Виявлено випадок епістазу гомозиготи за алелем оранжевого забарвлення над рецесивним станом гена, який зумовлює лимонне забарвлення в комбінації схрещування 'ЗЛ678' / 'КГ13'.

**Ключові слова:** ознака; успадкування; ген; алель; взаємодія генів.

### Вступ

Соняшник – головна олійна культура України. Його найбільш яскравою та помітною ознакою є забарвлення квіток, передусім крайових, які в більшості колекційних ліній мають несправжньоаязичкову форму. Деякі типи забарвлення крайових квіток соняшнику широко використовуються в насінництві та квітникарстві [1]. Генетика забарвлення крайових квіток культури сьогодні широко досліджена, проте подальше її вивчення є актуальним для використання як маркерної морфологічної ознаки ліній чи гібридів для захисту авторських прав та

практичної підтримки генетичної чистоти в процесі насінництва [2].

Більшість опублікованих генетичних досліджень стосується окремих ліній та їх забарвлення порівняно зі звичайним жовтим [3]. Сьогодні можна визначити кілька типів забарвлення з установленим генетичним контролем: оранжеве – зумовлене одним рецесивним геном *l*, *lo*, *o* [4], лимонне – рецесивним алелем одного гена *l*, *la* [5], світло-жовте – рецесивним алелем одного гена *ly* [6], сірчас-те (світло-жовте із зеленуватим відтінком) – рецесивним алелем одного гена *su*, абрикосове – рецесивним алелем одного гена *ap* [7, 8], антоціанове – не менш ніж двома комплементарними генами [9]. Прикметник «абрикосове» було застосовано для опису забарвлення крайових квіток, успадкування якого вивчала Я. Ю. Шарипіна [10]. Унаслідок схрещу-

Kateryna Vedmedeva  
<http://orcid.org/0000-0003-4571-2960>

вання з іншими типами забарвлень, зокрема з оранжевим та лимонним, виявлено незалежний моногенний контроль ознаки абрикосового забарвлення одним геном у рецесивному стані. Лінії 'Мх1829' та 'КГ13' не ідентифікували. Тому однакова назва ще не означає й однакову ознаку та її генетичний контроль. Іноді й навпаки, забарвленню дають нові назви. Наприклад, Ю. В. Лобачева зі співавторами [3] вивчали п'ять типів забарвлення квіток соняшника, крім звичайного жовтого, але схрещування проводили лише з лініями із жовтим забарвленням.

На генетичній карті поки що встановлено й позначено лише розташування гена, який зумовлює лимонне забарвлення на одинадцятій хромосомі [11]. Усі інші описані типи забарвлень не мають визначеного розташування генів, що їх зумовлюють, та відомого зчеплення з іншими ознаками. Ідентифікації та спільного вивчення всіх відомих забарвлень також ще не проводили.

Лінію 'КГ13' з абрикосовим забарвленням крайових квіток створено В. В. Толмачовим і в колекції вона є єдиним джерелом цієї ознаки [7]. У дослідженнях автора в разі схрещування з лініями, що мали жовте забарвлення квіток, установлено розщеплення на два класи – із жовтим та абрикосовим забарвленням. Схрещувань лінії 'КГ13' із лініями, які мають оранжеве забарвлення, не проводили. Для встановлення взаємодії та аallelного стану генів, що зумовлюють забарвлення крайових квіток соняшнику, потрібне вивчення широкого кола ліній та типів забарвлень у схрещуваннях.

*Мета досліджень* – установити характер успадкування абрикосового забарвлення крайових квіток соняшнику та типи взаємодії генів, що зумовлюють різні типи забарвлення.

### Матеріали та методика досліджень

До колекції соняшнику включені лінії з оранжевим, жовтим, світло-жовтим, освітленим жовтим, абрикосовим, сірчастим, світло-жовтим та лимонним забарвленням крайових квіток (рис. 1). Це основні відомі типи забарвлення, які мають установлений генетичний контроль і запропоновані назви генів. Джерела ознак генетично ідентифіковано та вивчено в попередніх дослідженнях [6].

У дослідженнях використали низку ліній із різним забарвленням крайових квіток: жовтим – 'І<sub>2</sub>К2218', 'LG3', 'Л2544', 'Л2563', 'ЛГ8-2', 'ВІР421'; оранжевим – 'НА298', 'SL2966', 'LD72/3'; лимонним – 'КГ107', 'ЗЛ678'; абрикосовим – 'КГ13' та лінію 'КГ109' із поєднанням абрикосового й світло-жовтого забарвлен-



Рис. 1. Типи забарвлення крайових квіток соняшнику:

- 1 – оранжеве (лінія 'НА298'), 2 – жовте ('Л2544'),  
3 – освітлене жовте ('КГ120'), 4 – абрикосове ('КГ13'),  
5 – сірчасте ('КГ108'), 6 – світло-жовте ('ВА1'),  
7 – лимонне ('ЗЛ678')

ня. Назва ліній КГ означає, що вони створені й включені до генетичної колекції зі встановленим генетичним контролем деяких ознак. Лінія 'ЗЛ678' створена в лабораторії селекції гібридів соняшнику Інституту олійних культур НААН завдяки фізичному мутагенезу. Лінії 'НА298', 'LD72/3', 'І<sub>2</sub>К2218' та 'ВІР421' отримані з колекції Всеросійського науково-дослідного інституту рослинництва ім. М. І. Вавилова (ВІР, Росія). Усі інші лінії створено в лабораторії генетичних ресурсів Інституту олійних культур НААН у процесі селекційної і генетичної роботи.

Дослідження проводили в науковій сівозміні Інституту олійних культур НААН упродовж 2012–2018 рр. Технологія вирощування культури передбачала обробіток ґрунту з осінньою оранкою, весняним боронуванням, внесення ґрунтового гербіциду та передпосівну культивуацію. Насіння висівали ручними сівалками за схемою 70 × 70 см; залишали по дві рослини в гнізді. Батьківські компоненти та гібриди першого покоління вирощували на ділянках по 20 рослин. Рослини ізолювали нетканими мішечками. Схрещування проводили з використанням ручної кастрації рослин. Гібриди першого покоління самозапильовали. У другому поколінні висівали потомства трьох рослин гібридів першого покоління, окремими ділянками по 200 насінин від рослини першого покоління. Забарвлення крайових квіток оцінювали візуально, порівнюючи для контролю квітки гібридних рослин із квітками батьківських ліній. Статистичну обробку виконували за допомогою критерія Пірсона [12].

Загалом проведено аналіз 11 схрещувань: 'КГ13' / 'І<sub>2</sub>К2218', 'КГ13' / LG3, 'КГ13' / 'Л2544', 'КГ13' / 'ЛГ8-2', 'Л2563' / 'КГ13', 'КГ13' / 'НА298', 'КГ13' / 'SL2966', 'LD72/3' / 'КГ13', 'КГ107' / 'КГ13', 'ЗЛ678' / 'КГ13', 'КГ109' / 'ВИР421'. Як материнські використано лінії, записані у схрещуваннях першими.

**Результати досліджень**

Для встановлення успадкування абрикосового забарвлення лінія-джерело 'КГ13' була

схрещена з п'ятьма лініями із жовтим забарвленням – 'І<sub>2</sub>К2218', 'LG3', 'Л2544', 'ЛГ8-2' та 'Л2563'. Лінія 'І<sub>2</sub>К2218' має більш темне забарвлення основи квітки та загалом темніший колір, але теж належить до жовтих забарвлень. Усі отримані гібриди першого покоління мали звичайне жовте забарвлення крайових квіток. Інформацію щодо розщеплень за фенотипом, отриманих унаслідок проведених схрещувань, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

**Особливості успадкування абрикосового забарвлення в разі схрещування з лініями із жовтим забарвленням квіток**

Комбінація схрещування	Фенотип забарвлення батьків	Фенотип забарвлення F <sub>1</sub>	Розщеплення за фенотипом забарвлення в F <sub>2</sub>		Гіпотеза співвідношення	χ <sup>2</sup>
			жовте	абрикосове		
'КГ13' / 'І <sub>2</sub> К2218'	абрикосове / жовте	жовте	68	18	3 : 1	0,76
'КГ13' / 'LG3'		жовте	109	25	3 : 1	2,88
'КГ13' / 'Л2544'		жовте	65	18	3 : 1	0,49
'КГ13' / 'ЛГ8-2'		жовте	65	18	3 : 1	0,49
'Л2563' / 'КГ13'	жовте / абрикосове	жовте	131	54	3 : 1	1,73

Примітка. χ<sup>2</sup><sub>05 (k-1)</sub> = 3,84.

Усі отримані нащадки другого покоління мали жовте або абрикосове забарвлення крайових квіток. В усіх випадках рослин із жовтими квітками було більше. Згідно з другим законом Менделя в F<sub>2</sub> за забарвленням крайових квіток отримано два класи рослин 3 : 1. Отримані значення χ<sup>2</sup> були меншими за стандартне значення, наведене в примітці. Це підтверджує моногенний рецесивний контроль абрикосового забарвлення крайових квіток соняшнику.

У раніше опублікованому дослідженні [8], проаналізовано результати схрещування лінії з абрикосовим забарвленням із лінією з оранжевим забарвленням – 'LD72'. У таблиці 2 наведено результати від схрещування 'КГ13' зі ще двома лініями з оранжевими квітками та нові результати повторного схрещування. Рослини першого покоління мали оранжеве забарвлення крайових квіток. У

другому поколінні від самозапилення рослин виявлено лише два типи рослин за забарвленням крайових квіток: оранжевий та абрикосовий. Рослин із жовтим забарвленням крайових квіток не виявлено. Згідно з першим законом Менделя співвідношення класів рослин у другому поколінні 3 до 1 свідчить про моногенний контроль ознаки. Але якщо обидва класи зумовлені різними алелями одного й того ж гена, то можемо також спостерігати співвідношення класів 3 : 1. Таке співвідношення – три оранжевих до одного абрикосового – підтверджено коефіцієнтом достовірності Пірсона – в усіх комбінаціях схрещування він був меншим за стандартний.

У проведених раніше дослідженнях встановлено комплементарність генів, що контролюють абрикосове та лимонне забарвлення, з виявленням класу лимонно-абрикосового

Таблиця 2

**Успадкування абрикосового забарвлення лінії 'КГ13' у разі схрещування з лініями з оранжевим забарвленням квіток**

Комбінація схрещування	Фенотип забарвлення батьків	Фенотип забарвлення F <sub>1</sub>	Розщеплення за фенотипом забарвлення в F <sub>2</sub>		Гіпотеза співвідношення	χ <sup>2</sup>
			оранжеве	абрикосове		
'КГ13' / 'НА298'	абрикосове / оранжеве	оранжеве	79	21	3 : 1	0,85
'КГ13' / 'SL2966'	абрикосове / оранжеве	оранжеве	48	16	3 : 1	0,00
'LD72/3' / 'КГ13'	оранжеве / абрикосове	оранжеве	104	38	3 : 1	0,23
			51	15	3 : 1	0,18

Примітка. χ<sup>2</sup><sub>05 (k-1)</sub> = 3,84.



забарвлення [7]. Для підтвердження взаємодії генів абрикосового забарвлення крайових квіток соняшнику з геном, що контролює лимонне забарвлення, рослини лінії 'КГ13' з абрикосовими квітками було схрещено з лініями 'КГ107' та 'ЗЛ678', які мали лимонне забарвлення квіток. Отримані рослини першого покоління мали жовте забарвлення крайових квіток. Після самозапилення отримано розщеплення в другому поколінні, результати якого наведено в таблиці 3.

У другому гібридному поколінні спостерігали абрикосове, жовте, лимонне, лимонно-абрикосове та оранжеве забарвлення крайових квіток. У батьків та гібридів оранжевого забарвлення не спостерігали. Тому висунуто гіпотезу, що оранжеве та абрикосове забарвлення зумовлені різними алелями одного гена.

Таблиця 3

Успадкування ознаки абрикосового забарвлення в схрещуваннях із лініями, які мають лимонне забарвлення квіток

Комбінація схрещування		'КГ107' / 'КГ13'	'ЗЛ678' / 'КГ13'
Фенотип забарвлення батьків		лимонне / абрикосове	лимонне / абрикосове
Фенотип забарвлення F <sub>1</sub>		жовте	жовте
Розщеплення за фенотипом забарвлення в F <sub>2</sub>	жовте	36	72
	оранжеве	14	37
	абрикосове	14	29
	лимонне	8	17
	лимонно-абрикосове	1	10
Гіпотеза співвідношення		6 : 4 : 3 : 2 : 1	6 : 4 : 3 : 2 : 1
$\chi^2$		6,63	3,08
Гіпотеза співвідношення		6 : 3 : 3 : 3 : 1	6 : 3 : 3 : 3 : 1
$\chi^2$		7,87	10,6

Примітка.  $\chi^2_{05 (k=4)} = 9,49$ .

Гіпотезу обґрунтували записом генотипів батьківських компонентів та гібридів першого й другого покоління. Символи генів записано відповідно до запропонованих науковцями, які вперше їх описали:  $O, o_{ap}, L, l$  [7].

Фенотип та генотипи батьків за забарвленням крайових квіток:

Лимонне –  $OO ll$ ; абрикосове –  $o_{ap}o_{ap} LL$ .

Генотип F<sub>1</sub>:  $Oo_{ap} Ll$  – жовте.

Генотипи F<sub>2</sub> за забарвленням крайових квіток:

6 частин – жовте –  $Oo_{ap} L_$

4 частини – оранжеве –  $OO \_ \_$

3 частини – абрикосове –  $o_{ap}o_{ap} L_ \_$

2 частини – лимонне –  $O \_ ll$

1 частина – лимонно-абрикосове –  $o_{ap}o_{ap} ll$

У другому поколінні виділено клас рослин з лимонно-абрикосовим забарвленням. Це вказує на комплементарну дію алелів, які зумовлюють лимонне й абрикосове забарвлення. Другий алель цього ж гена, який зумовлює оранжеве забарвлення крайових квіток соняшнику, епістатує над рецесивною гомозиготою гена лимонного забарвлення. Рослини, гомозиготні за рецесивним алелем лимонного забарвлення з наявністю в другому гені алелів оранжевого кольору, мають фенотип з оранжевим забарвленням. Співвідношення класів, наведено раніше, згідно з критерієм Пірсона є достовірним в обох схрещуваннях.

Отже, абрикосове забарвлення зумовлено рецесивним алелем гена, інший алель якого

спричинює оранжеве забарвлення. Щодо взаємодії генів, що зумовлюють оранжеве й лимонне забарвлення, то виявлено епістаз гомозиготи оранжевого кольору над рецесивною гомозиготою лимонного.

Отримана лінія 'КГ109' з поєднанням рецесивних гомозигот, що зумовлюють світло-жовте та абрикосове забарвлення, була схрещена з лінією 'ВІР421', яка мала звичайний жовтий колір. У першому поколінні рослини мали жовте забарвлення, у другому спостерігалася розщеплення на жовте (58 рослин), світло-жовте (18 рослин), абрикосове (16 рослин) та світло-абрикосове (2 рослини). Співвідношення класів рослин за забарвленням у другому поколінні 9 : 3 : 3 : 1 виявилось достовірним за критерієм Пірсона.  $\chi^2 = 3,21 < \chi^2_{0,05 (k=2)} = 5,99$ . Це схрещування підтвердило комплементарну дію генів, що зумовлюють світло-жовте й абрикосове забарвлення.

У дослідженнях Я. Ю. Шарипіної [10] встановлено моногенний рецесивний контроль успадкування забарвлення крайових квіток, позначеного як абрикосове, без ідентифікації зі зразками інших колекцій та науковців.

Лобачевим Ю. В. [3] вивчено кремовий, зелено-жовтий, біло-жовтий, лимонний та оранжевий тип забарвлення квіток. Кожне з описаних забарвлень має рецесивний моногенний контроль. У цьому дослідженні не наведено результати схрещувань між лініями

ми з різними типами забарвлень та зі зразками інших колекцій.

Дослідження з установлення взаємодії генів, що зумовлюють різні забарвлення крайових квіток, проведено в Інституті олійних культур [7]. У цих дослідженнях проводили лише одне схрещування ліній з лимонним та абрикосовим забарвленням крайових квіток між собою і взагалі не схрещували між собою лінії з квітками абрикосового та оранжевого кольору.

Щодо успадкування ознаки лимонного забарвлення, то в деяких дослідженнях указується на наявність двох генів, які його контролюють, саме у зв'язку з оранжевим забарвленням [5, 9]. Отримані нами результати, які свідчать про епістаз гомозиготи алелів, що контролюють оранжеве забарвлення квіток над рецесивною гомозиготою, яка зумовлює лимонний їх колір, вказують на той самий випадок, коли дослідники знаходять у деяких схрещуваннях оранжеве забарвлення крайових квіток.

Отримані дані щодо успадкування абрикосового забарвлення крайових квіток соняшнику доповнюють інформацію про успадкування різних типів забарвлення та їх взаємодії. Вони не протирічають результатам досліджень інших науковців.

## Висновки

Абрикосове забарвлення крайових квіток лінії соняшнику 'КГ13' зумовлено гомозиготним станом алелю того ж самого гена, другий алель якого спричинює оранжевий колір у ліній 'НА298', 'SL2966' та 'LD72/3'.

Установлено комплементарну дію алелів, що зумовлюють абрикосове й лимонне, а також абрикосове та світло-жовте забарвлення крайових квіток.

Виявлено випадок епістазу гомозиготи за алелем оранжевого забарвлення над рецесивним станом гена, який зумовлює лимонне забарвлення в комбінації схрещування 'ЗЛ678' / 'КГ13'.

## Використана література

- Mladenović E., Cvejić S., Jocić S. et. al. Variability of morphological characters among ornamental sunflower collection. *Genetika*. 2017. Vol. 49, Iss. 2. P. 573–582. doi: 10.2298/GENSR1702573M
- Cvejić S., Jocić S., Mladenović E. Inheritance of floral colour and type in four new inbred lines of ornamental sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J. Hortic. Sci. Biotech.* 2016. Vol. 91, Iss. 1. P. 30–35. doi: 10.1080/14620316.2015.1110989
- Лобачев Ю. В., Курасова Л. Г., Иманова Д. И. Наследование окраски и формы язычковых цветков и окраски листа у подсолнечника. *Международный журнал экспериментального образования*. 2013. № 3. С. 63–64.
- Kovačik A., Škaloud V. Collection of sunflower marker genes available for genetic studies. *Helia*. 1980. Vol. 3. P. 27–28.
- Leclerg P. Héredité de quelques caractères qualitatifs chez le tournesol. *Ann. Améilor. Plant.* 1968. Vol. 18, Iss. 3. P. 307–315.
- Škorić D., Seiler G. J., Zhao L. et. al. Sunflower breeding. Novi Sad, Serbia : Serbian Academy of Science and Arts, 2012. 520 p.
- Толмачёв В. В. Наследование и взаимодействие генов неантоциановой пигментации язычковых цветков подсолнечника. *Наук.-техн. бюл. Ин-ту олійних культур УААН*. 1998. Вип. 3. С. 75–81.
- Толмачёв В. В. Генетический контроль окраски язычковых цветков подсолнечника. *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИ масличных культур*. 2006. Вып. 1. С. 10–15.
- Fick G. N. Genetics of Floral Color and Morphology in Sunflower. *J. Hered.* 1976. Vol. 67, Iss. 4. P. 227–230. doi: 10.1093/oxfordjournals.jhered.a108715
- Шарыпина Я. Ю., Попов В. Н., Долгова Т. А., Кириченко В. В. Изучение наследования морфологических признаков подсолнечника. 1. Генетический контроль окраски ложноязычковых цветков, ветвистости и восстановления фертильности пыльцы. *Цитология и генетика*. 2008. Т. 42, № 5. С. 47–53.
- Yue B., Vick B. A., Yuan W., Hu J. One of the 2 Genes Controlling Lemon Ray Flower Color in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J. Hered.* 2008. Vol. 99, Iss. 5. P. 564–567. doi: 10.1093/jhered/esn033
- Gomez K. A., Gomez A. A. *Statistical procedures for agricultural research*. 6<sup>th</sup> ed. New York : John Wiley & Sons, 1984. 704 p.

## References

- Mladenović, E., Cvejić, S., Jocić, S., Čukanović, J., Jocković, M., & Malidža, G. (2017). Variability of morphological characters among ornamental sunflower collection. *Genetika*, 49(2), 573–582. doi: 10.2298/GENSR1702573M
- Cvejić, S., Jocić, S., & Mladenović, E. (2016). Inheritance of floral colour and type in four new inbred lines of ornamental sunflower (*Helianthus annuus* L.) *J. Hortic. Sci. Biotech.*, 91(1), 30–35. doi: 10.1080/14620316.2015.1110989
- Lobachev, Yu. V., Kurasova, L. G., & Imanova, D. I. (2013). Inheritance of the color and shape of reed flowers and leaf color in sunflower. *Meždunarodnyj žurnal eksperimental'nogo obrazovanija* [International Journal of Experimental Education], 3, 63–64. [in Russian]
- Kovačik, A., & Škaloud, V. (1980). Collection of sunflower marker genes available for genetic studies. *Helia*, 3, 27–28.
- Leclerg, P. (1968). Héredité de quelques caractères qualitatifs chez le tournesol. *Ann. Améilor. Plant.*, 18, 307–315.
- Škorić, D., Seiler, G. J., Zhao, L., Jan, C. C., Miller, J. F., & Charlet, L. D. (2012). *Sunflower breeding*. Novi Sad, Serbia: Serbian Academy of Science and Arts.
- Tolmachev, V. V. (1998). Inheritance and interaction of genes of non-anthazian pigmentation of reed flowers of sunflower. *Naukovo-tehničnij būleten' ĩnstitutu olijnih kul'tur UAAN* [Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops UAAS], 3, 75–81. [in Russian]
- Tolmachev, V. V. (2006). Genetic control of sunflower reed flowers. *Masličnye kul'tury. Nauchno-tekhničeskij byulleten' VNIIMK* [Oil Crops. Scientific and technical bulletin of All-Russia Research Institute of Oil Crops], 1, 10–15. [in Russian]
- Fick, G. N. (1976). Genetics of Floral Color and Morphology in Sunflower. *J. Hered.*, 67(4), 227–230. doi: 10.1093/oxfordjournals.jhered.a108715
- Sharypina, Ya. Yu., Popov, V. N., Dolgova, T. A. & Kirichenko, V. V. (2008). Study of inheritance of morphological traits in sunflower. 1. Genetic control of sunflower flowers, branchiness and restoration of pollen fertility. *TSitol. Genet.* [Cytol. Genet.], 42(5), 47–53. [in Russian]
- Yue, B., Vick, B. A., Yuan, W., & Hu, J. (2008). Mapping One of the 2 Genes Controlling Lemon Ray Flower Color in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J. Hered.*, 99(5), 564–567. doi: 10.1093/jhered/esn033
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research*. (6<sup>th</sup> ed.). New York: John Wiley & Sons.

УДК 575.113.3:633.854.78

**Ведмедева К. В.** Наследование признака абрикосовой окраски краевых цветков подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 2. С. 118–123. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173556>

*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 характер наследования абрикосовой окраски краевых цветков подсолнечника и типы взаимодействия генов, обуславливающих различные типы окраски. **Методы.** Полевой опыт, генетический анализ. Статистическую достоверность результатов оценивали с помощью критерия Пирсона. **Результаты.** Проведено скрещивание линии 'КГ13', источника признака абрикосовой окраски, с линиями подсолнечника, которые имеют желтую, оранжевую и лимонную окраску краевых цветков. В первом гибридном поколении от скрещивания 'КГ13' с пятью линиями, которые имели желтый цвет, наблюдали только желтую окраску краевых цветков. Во втором гибридном поколении получено расщепление потомков на два класса – с желтой и с абрикосовой окраской цветков, в соотношении 3 : 1. Линия 'КГ13' была скрещена с тремя линиями ('НА298', 'SL2966', 'LD72/3'), которые имели оранжевую окраску цветков. В первом поколении наблюдали оранжевую окраску цветков, во втором – зафиксировано расщепление: три четверти потомков с оранжевой окраской цветков к одной четверти с абрикосовой. Линия 'КГ13' была скрещена с 'КГ107' и 'ЗЛ678', которые имели лимонную окраску цветков. Полученные растения первого поколения имели желтую окраску краевых цветков. Во втором

поколении получено пять классов растений по окраске краевых цветков: желтые, оранжевые, абрикосовые, лимонные, лимонно-абрикосовые в соотношении 6 : 4 : 3 : 2 : 1. По этому расщеплению аллели лимонной и абрикосовой окраски имеют комплементарное действие, гомозиготное состояние оранжевого аллеля эпистатирует над рецессивной гомозиготой гена лимонной окраски. Линия 'КГ108' с сочетанием генов, обуславливающих абрикосовый и светло-желтый цвет, имеет светло-абрикосовую окраску и в скрещиваниях во втором поколении дает расщепление в соотношении 9 : 3 : 3 : 1. **Выводы.** Абрикосовая окраска краевых цветков линии подсолнечника 'КГ13' обусловлена гомозиготным состоянием аллеля того же гена, второй аллель которого вызывает оранжевый цвет у линий 'НА298', 'SL2966' и 'LD72/3'. Установлено комплементарное действие аллелей, обуславливающих абрикосовую и лимонную, а также абрикосовую и светло-желтую окраску краевых цветков. Выявлен случай эпистазы гомозиготы по аллелю оранжевого цвета над рецессивным состоянием гена, который вызывает лимонную окраску в комбинации скрещивания 'ЗЛ678' / 'КГ13'.

**Ключевые слова:** признак; наследование; ген; аллель; взаимодействие генов.

UDC 575.113.3:633.854.78

**Vedmedeva, K. V.** (2019). Inheritance of a sign of apricot color of ray flowers of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 118–123. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173556>

*Institute of Oilseeds, NAAS of Ukraine, 1 Instytutaska St., Soniachne, Zaporizhzhia district, Zaporizhzhia region, 69093, Ukraine, e-mail: vedmedeva.katerina@gmail.com*

**Purpose.** To reveal the nature of the inheritance of apricot color of the ray flowers of the sunflower and the type of interaction of genes causing different colors. **Methods.** Field experiment, genetic analysis. The statistical validity of the results was evaluated using Pearson's criterion. **Results.** We conducted crosses of the 'KG13' line as the source of the sign of apricot color with sunflower lines that had yellow, orange and lemon colors of the ray flowers. In the first generation, from crossing the 'KG13' line with five lines, which had a yellow color, only a yellow color of ray flowers was observed. In the second generation, a 3 : 1 split was observed: three-quarters with yellow flowers and one with apricot flowers. Line 'KG13' was crossed with three lines ('NA298', 'SL2966', 'LD72/3'), which had an orange color of flowers. In the first generation, orange flowers were observed; in the second generation, splitting was recorded: three-quarters of offsprings with orange-colored flowers and one-quarter with apricot flowers. The line 'KG13' was crossed with 'KG107' and 'ZL678', which had lemon-colored flowers. The resulting plants of the first generation had a yellow coloration of ray flowers. In the second generation, five classes of plants by coloration of ray flowers

were obtained: yellow, orange, apricot, lemon, lemon-apricot in the ratio 6 : 4 : 3 : 2 : 1. According to these data, the genes of lemon and apricot color have a complementary effect, the homozygous state of orange allele is epistatic to the recessive homozygote of the lemon-colored gene. The 'KG108' line with a combination of genes responsible for apricot and light yellow color has its own light apricot color and in crossings with a yellow colored line in the second generation gives splitting in the ratio 9 : 3 : 3 : 1. **Conclusions.** It was revealed that the apricot color of the ray flowers of the sunflower line 'KG13' is due to the homozygous state of the allele of the same gene whose second allele causes an orange color in the lines 'NA298', 'SL2966' and 'LD72/3'. The complementary action of alleles responsible for apricot and lemon, as well as apricot and light yellow coloration of ray flowers was determined. A case of epistasis of homozygotes along the allele controlling the orange color over the recessive homozygote of the gene, which is controlled by the lemon color in the crossing combination 'ZL678' / 'KG13', was revealed.

**Keywords:** trait; inheritance; gene; allele; gene interaction.

*Надійшла / Received 06.04.2019  
Погоджено до друку / Accepted 17.06.2019*

## Callus formation, organogenesis and microclonal reproduction in different species of the genus *Linum* L. *in vitro*

S. V. Mishchenko\*, L. M. Kryvosheieva

Institute of Bast Crops, NAAS of Ukraine, 45 Tereshchenkiv St., Hlukhiv, Sumy region, 41400, Ukraine,  
\*e-mail: serhii-mishchenko@ukr.net

**Purpose.** To reveal the frequency and intensity of callus formation and organogenesis, the effectiveness of microclonal reproduction of various species of the genus *Linum* L. (Linaceae) *in vitro*. **Methods.** For *in vitro* induction of callus formation and organogenesis, hypocotyl segments of species *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* and convar. *usitatissimum*, *L. tenue* Desf., *L. bienne* Mill., *L. corymbulosum* Pchb., *L. nervosum* Waldst. & Kit., *L. flavum* L., *L. campanulatum* L., *L. perenne* L., *L. austriacum* L., *L. grandiflorum* Desf., *L. strictum* L. were cultivated on Murashige and Skoog medium supplemented with 0.05 mg/l 1-naphthylacetic acid and 1.0 mg/l 6-benzyl aminopurine at 22–24 °C, relative humidity of 60–80%, with 16 hours photoperiod (2500 flux). For microclonal reproduction Murashige and Skoog, White, Gamborg and Eveleigh media and their modifications were used. The measurement results were interpreted by the arithmetic mean, standard error for the sample mean, the least significant difference and ranked. **Results.** Different species of the genus *Linum* to a large extent are capable of forming callus and regenerating shoots under the specified cultivation conditions. The frequency of callus formation for the studied samples on the 35th day of cultivation varied within 81.25–100%, the mass of callus from one explant – 0.21–1.64 g, the frequency of organogenesis – 12.50–100%, the number of shoots – 1.8–7.6 pcs. and the height of the shoots was 0.82–2.12 cm. The following species: *L. usitatissimum* convar. *elongatum*, *L. tenue*, *L. bienne* and *L. strictum* were distinguished by a high intensity of callus formation. Intensive organogenesis was peculiar to *L. tenue*, *L. bienne*, *L. flavum*, *L. austriacum* and *L. grandiflorum*. The efficiency of somaclone obtaining was quite low in *L. nervosum* and *L. campanulatum*. In total, for the microclonal reproduction of species of the genus *Linum* Murashige and Skoog, Gamborg and Eveleigh media supplemented with 12.5 g/l glucose were optimal. At the final stages of microclonal propagation, before transferring microclones *in vivo*, it is advisable to use White medium, which contributes to a high frequency of rhizogenesis. Varieties of *L. usitatissimum* convar. *elongatum* and convar. *usitatissimum* had different responses to *in vitro* culture. **Conclusions.** The frequency and intensity of callus formation and organogenesis, the effectiveness of microclonal reproduction depended on the genotype of a particular species; therefore it is advisable to select the composition of the nutrient medium and growth regulators for each of them. Some species of the genus *Linum* have not yet been studied *in vitro*, so the obtained results allow expanding the scope of their use in practice, in particular in breeding as a new source material with somaclonal variation, interspecific crosses, and ornamental floriculture.

**Keywords:** *Linum* L.; *in vitro*; nutrient medium; phytohormones; shoot.

### Introduction

The practical significance of the species of the genus *Linum* L. (Linaceae) is due to their beneficial properties. The species are used as fiber, oilseeds, melliferous, medicinal, fodder, essential oil and ornamental plants [1]. Under certain conditions, various species of this genus

can be involved in interspecific crosses with the subsequent use of such hybrids in breeding. In agrarian production, diverse varieties of flax (*Linum usitatissimum* L.) are common, which are mainly grown to obtain natural fiber for the textile industry, seeds, edible or technical oil.

Although flax has been known for several millennia, it still remains the subject of numerous scientific studies on phylogenesis and taxonomy, breeding and growing technology, biotechnology, etc. The culture of isolated cells and tissues can be used in practical breeding. The regenerated plants formed *in vitro* in compari-

Serhii Mishchenko  
<https://orcid.org/0000-0002-1979-4002>  
Larysa Kryvosheieva  
<https://orcid.org/0000-0001-6688-6930>

son with the starting material are characterized by somaclonal variability, which, in case of positive changes, can be used for the creation of new varieties. Undesirable mutant forms can be rejected at the stage of regeneration *in vitro*.

Methods of plant cells and tissues regeneration, somatic embryogenesis, anther culture and doubled haploids, isolated protoplasts, cell suspensions, etc. in breeding programs have been well designed and described precisely for *L. usitatissimum*. In particular, for the induction of somatic callus formation and organogenesis in flax *in vitro*, the successful experience of using 1-naphthaleneacetic acid (NAA) and 6-benzylaminopurine (BAP) [2, 3], 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and BAP [4], thidiazuron (TDZ) [5], etc. is known. In the cell suspension culture, the addition of the phytohormones NAA (0.1 mg/l) and BAP (0.5 mg/l) was optimal. At the same time, a high concentration of BAP in a liquid medium limited cell proliferation and reduced biomass formation [6]. Low-molecular five- and six-membered nitrogen-containing heterocyclic compounds (derivatives of pyridine, pyrimidine, pyrazole, and isoflavones) have also been found to exhibit a high stimulating effect on direct organogenesis of flax, thus these compounds are promising as effective substitutes for traditional (common) auxin NAA and cytokine BAP [7].

The effectiveness of callus formation and organogenesis depends not only on the determination of optimal concentrations and combinations of auxins and cytokinins in the medium. It was higher in the case when hypocotyl segments were immersed in sterile distilled water before being placed on hormonal nutrient medium and shaken slightly for 20 minutes, compared with the option where they were immediately placed on medium. Such pretreatment softened the epidermis layer and increased its permeability, what caused a higher metabolic activity of the tissues due to increased water, nutrients and growth regulators absorption from the medium [8]. The competition among the explants was achieved by changing the distance between them in Petri dishes: in particular, at a distance of 1.0 cm compared with placement at 2.0 cm, the number of regenerants and their length increased, and in the case of reducing the distance to 0.5 cm decrease in the frequency of organogenesis and size of the formed shoots was observed [9]; the placement of explants according to the 1.5 × 1.5 cm scheme was optimal [10].

Although the anther culture is less efficient for the regeneration of flax plants, compared with the somatic cell culture, it is often used in biotechnological research. It is regenerants ob-

tained from anther cells that have increased resistance against Fusarium wilt [11]. Pretreatment of donor plants, the genotype (variety), the type and ratio of exogenous growth regulators, the temperature of cultivation of explants had a significant impact on the induction of callus formation in flax anther culture. Anthers of donor plants grown under lower temperatures (14–18 °C) significantly increased the intensity of callus formation compared with anthers grown at higher temperatures (18–22 °C). Combinations of phytohormones should be developed for each genotype separately. In particular, for certain varieties such combinations are described as effective: 0.1 mg/l BAP and 0.2 mg/l 2,4-D; 0.2 mg/l BAP and 0.1 mg/l NAA; 0.1 mg/l BAP and 0.2 mg/l indole-3-acetic acid (IAA), depending on the genotype, must be supplemented with nutrient medium with sucrose [12–14], maltose for effective regeneration of the shoots [15] or lactose, which increases the intensity of callus formation [16]. The number of anthers with callus formation was greater at a cultivation temperature of 28 °C, compared with 33 and 6 °C [17].

Methods for obtaining callus tissue from the embryo (ovary) of flax, followed by regeneration of shoots are also developed. It was revealed that callus was the most intensively formed and shoots were regenerated on medium supplemented with 1.5 mg/l IAA and 1.5 mg/l BAP, but rhizogenesis in this case was not observed, roots developed on medium only with auxin 2,4-D [18]. Other studies have shown that the frequency of callus formation can vary widely (9.17–100%), depending on the variety and phytohormonal composition of the medium, and in some varieties, organogenesis did not occur at all. In most cases, the highest rate of shoot regeneration was obtained on a medium supplemented with 0.1 mg/l NAA and 0.2 mg/l TDZ. Cytological analysis shows that 21.88% of the regenerated plants were haploids, and the rest were diploids or mixoploids (78.12%) [19].

The processes of callus formation and organogenesis of *L. usitatissimum* *in vitro* are determined by genetic factors. Callus formation and the ability to regenerate are influenced by the non-additive effects of genes. At the same time, the degree (intensity) of callus formation and organogenesis has different genetic nature [20].

Representatives of the genus *Linum* are characterized by a significant variety of biological features, among which a special place is occupied by the structure and color of the flower (Fig. 1), the stem morphology and life form. The genus belongs to the critical and systematically



**Fig. 1. The variety of generative organs of various species of *Linum* L.:**  
*L. usitatissimum* L.: flowering (1) and separate flower (2) *L. flavum* L.:  
 flowering (3) and separate flower (4); *L. bienne* Mill. (5) and *L. perenne* L. (6);  
*L. austriacum* L.: flowers (7) and placement of seeds (8);  
 various colors of *L. grandiflorum* Desf. (9, 10)

complex groups of vascular plants, so the views of researchers on its volume and the status of some taxa, as well as the diagnostic significance of morphological features are debatable [1]. In our work, we give the names of species according to the classification and version 1.1 of the “The Plant List” [21]. *L. usitatissimum* varieties grouping was done according to the modern widespread classification [22]; according to it, the species described earlier as independent, are combined into one polymorphic species with four varieties. Such a classification is most suitable for breeding, and the allocation

of higher taxa does not make sense, since the morphotypes and ecotypes of modern flax varieties are very diverse [23].

It should be noted that *L. usitatissimum* being the most common in agricultural production and selection studies is mainly used *in vitro* culture. In our work we investigated various species of the genus *Linum*, which had distinctive features when cultivated in the indicated artificial conditions and at the same time could give new ideas not only about the biological diversity of the genus *Linum*, but also expanded the scope of its

use in human practice, which determined the relevance of the research in this direction.

*The purpose of the research* is to determine the frequency and intensity of callus formation and organogenesis, the efficiency of microclonal reproduction of different species of the genus *Linum* L.

### Materials and methods

Samples from the collection of genetic resources of the Institute of Bast Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, including 11 species of the genus *Linum* L.: *L. usitatissimum* L., *L. tenue* Desf. (UF0401804, USA), *L. bienne* Mill. (UF0401805, USA), *L. corymbulosum* Pchb. (UF0401806, USA), *L. nervosum* Waldst. & Kit. (UF0401807, USA), *L. flavum* L. (UF0402168, Germany), *L. campanulatum* L. (UF0402172, Germany), *L. perenne* L. (Ukraine), *L. austriacum* L. (UF0402192, Ukraine), *L. grandiflorum* Desf. (UF0401580, Germany), *L. strictum* L. (UF0401841, Portugal) were the object of the study. The species *L. usitatissimum* was represented by two varieties and two samples of each of them, namely: *L. usitatissimum* L. convar. *elongatum* – ‘Glinum’ (UF0401603, Ukraine), ‘Krom’ (UF0401494, Russia), *L. usitatissimum* L. convar. *usitatissimum* – ‘Ruta’ (UF0402228, Lithuania), ‘Opus’ (UF0402142, Belarus).

The seeds were sterilized with a 3% aqueous solution of sodium hypochlorite (NaOCl) with 12.5–15 minutes of exposure, washed three times with sterile distilled water. Seeds of each species were germinated on agarized hormone-free nutrient medium Murashige and Skoog with 10 g/l sucrose. On days 7–15 hypocotyls segments of seedlings 2–3 mm long were cultivated in biological test tubes 2 cm in diameter on Murashige and Skoog medium, supplemented with 0.05 mg/l NAA and 1.0 mg/l BAP, 30 g/l sucrose, with 16 hours photoperiod (2500 flux) at 22–24 °C, relative humidity of 60–80%, to induce callus formation and organogenesis.

To obtain regenerated plants, such nutrient media were used: I – Murashige and Skoog [24], supplemented with 12.5 g/l sucrose; II – Murashige and Skoog, supplemented with 12.5 g/l glucose; III – Murashige and Skoog modified, containing 1/2 macro-, 2/1 micro-salts and vitamins, 0.3 mg/l IAA, 10.0 g/l sucrose; IV – White (1943), supplemented with 12.5 g/l sucrose; V – Gamborg and Eveleigh [25], supplemented with 12.5 g/l sucrose; VI and – Gamborg and Eveleigh, supplemented with 12.5 g/l

of glucose. Microclonal propagation of regenerated plants was performed when they reached a height of about 10 cm.

Registrations were carried out on the 35th day of cultivation in terms of the frequency of callus formation (the percentage of explants on which callus was formed), the mass of callus from one explant, the frequency of organogenesis (the percentage of calluses on which shoots were formed), the number of shoots that formed (excluding meristematic zones and embryonic shoots), and the height of normally developed shoots. A sampling was at least 30 explants and observations for each flax species and medium variant. The arithmetic mean, the error of the sample mean, and the least significant difference between the variants of experiment (LSD) were determined. Microclones for the height of shoots and the frequency of rhizogenesis were ranked in descending order.

### Results and discussion

Various species of the genus *Linum* L. proved to be very sensitive to *in vitro* culture. The vast majority of them in 100% of cases formed a callus on the hypocotyl segments under the condition of cultivation on the Murashige and Skoog medium supplemented with 30 g/l sucrose, 0.05 mg/l NAA and 1.0 mg/l BAP, with 16 hours photoperiod (2500 flux) at 22–24 °C, relative humidity of 60–80%. The only exceptions were *L. campanulatum* (the frequency of callus formation – 81.25%) and *L. grandiflorum* (90.62%). At the same time, the intensity of callus formation in different species was uneven. On average, the mass of callus from the explants varied from  $0.21 \pm 0.032$  (*L. grandiflorum*) to  $1.64 \pm 0.069$  g (*L. tenue*).

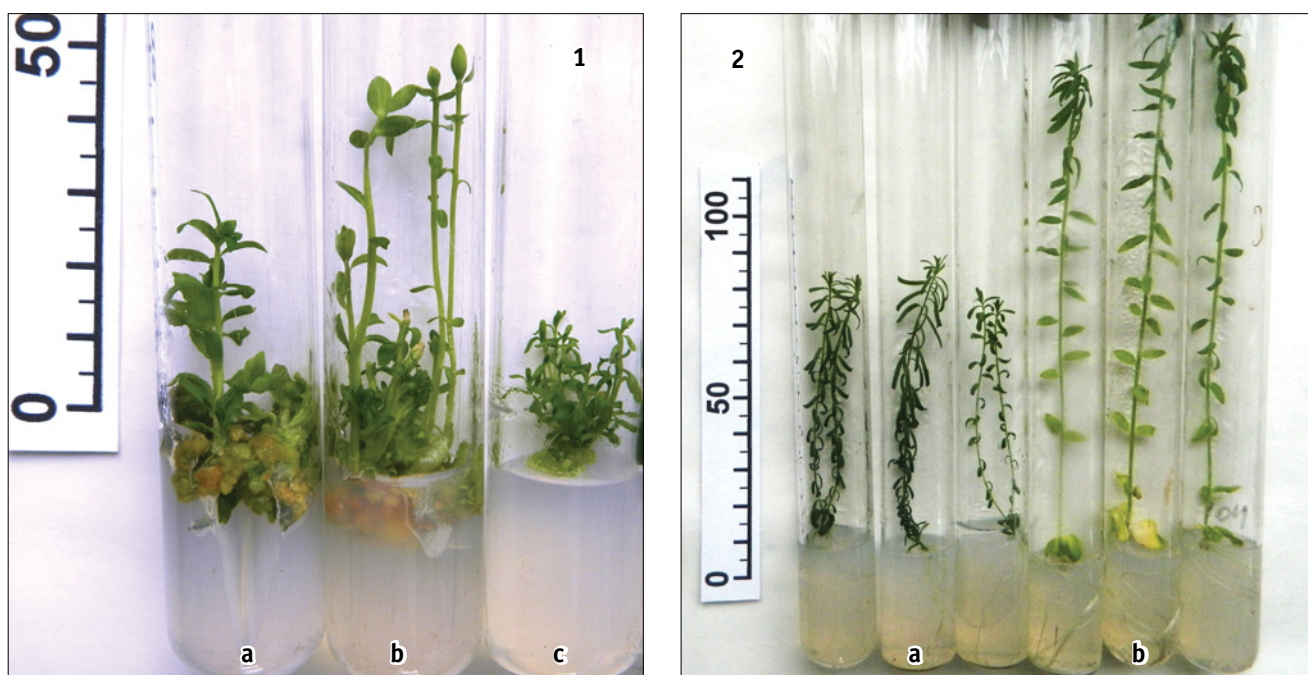
The frequency of organogenesis, which ranged from 12.50 (*L. campanulatum*) to 100% (*L. tenue* and *L. flavum*), did not depend on the intensity of callus formation. On hypocotyl segments of *L. grandiflorum*, the callus was hardly formed (on average, only 0.21 g from explants), but shoots were formed with a very significant frequency (96.88%) and height (2.12 cm). The sign of the frequency of organogenesis had a significant range of variation (the difference between the maximum and minimum values) at the level of 87.5%, which indicates significant genotypic differences in the ability to form shoots from the undifferentiated group of cells *in vitro* in the presence of the aforementioned growth regulators or the possibility of initiating organogenesis as long as other phytohormones or their concentrations were added. Such an indicator as the number of shoots formed from a callus of one

hypocotyl explant also varied depending on the studied species – from  $1.8 \pm 0.25$  (*L. grandiflorum*) to  $7.6 \pm 0.28$  pcs. (*L. perenne*), that was more than four times. The height of the shoots and their habitus on the 35th day of cultivation in different species, as well as in natural conditions, also differed significantly (Fig. 2), namely, the limits of variation ranged from  $0.82 \pm 0.067$  (*L. nervosum*) to  $2.12 \pm 0.351$  cm (*L. grandiflorum*). The relationship between such traits as the number of shoots and their height was not observed (Table 1).

Microclonal propagation of the obtained regenerating plants (Fig. 2) showed differences in the reaction of different species of the ge-

nus *Linum* L. to the composition of the nutrient medium. Similarly to the natural conditions, according to the average data on all nutrient media, shoots were high in *L. strictum*, *L. tenue*, *L. usitatissimum* convar. *usitatissimum* and *L. corymbulosum* (grades 1–4); *L. bienne*, *L. nervosum*, *L. usitatissimum* convar. *elongatum* and *L. campanulatum* (grades 5–8) had had an average height; *L. flavum*, *L. perenne*, *L. grandiflorum* and *L. austriacum* (ranks 9–12) belonged to low-growing plants. The height of the shoots varied from 1.89 to 12.52 cm.

According to the average data for 12 species and varieties, shoots grew intensively on the



**Fig. 2. Regeneration of shoots from callus and microclones of various species of the genus *Linum* L.:**  
 1 – *L. usitatissimum* convar. *usitatissimum* (a), *L. strictum* (b) and *L. perenne* (c);  
 2 – *L. perenne* (a), *L. usitatissimum* convar. *elongatum* (b)

Table 1

**The ability to callus formation and organogenesis *in vitro* in different species of the genus *Linum* L.**

Species	Intensity of callus formation		Intensity of organogenesis		
	Frequency of calus formation, %	Mass of a callus from explant, g	Frequency of organogenesis, %	Number of shoots, pcs	Hight of shoots, cm
<i>L. usitatissimum</i> convar. <i>elongatum</i>	100	$1.14 \pm 0.092$	90.62	$3.0 \pm 0.24$	$1.00 \pm 0.062$
<i>L. usitatissimum</i> convar. <i>usitatissimum</i>	100	$0.87 \pm 0.080$	58.22	$2.2 \pm 0.36$	$1.15 \pm 0.062$
<i>L. tenue</i>	100	$1.64 \pm 0.069$	100	$2.6 \pm 0.14$	$1.62 \pm 0.238$
<i>L. bienne</i>	100	$1.10 \pm 0.091$	93.75	$2.8 \pm 0.13$	$1.28 \pm 0.091$
<i>L. corymbulosum</i>	100	$0.48 \pm 0.068$	65.62	$2.2 \pm 0.13$	$0.83 \pm 0.076$
<i>L. nervosum</i>	100	$0.73 \pm 0.075$	50.00	$2.0 \pm 0.07$	$0.82 \pm 0.067$
<i>L. flavum</i>	100	$0.40 \pm 0.050$	100	$3.8 \pm 0.24$	$0.90 \pm 0.071$
<i>L. campanulatum</i>	81.25	$0.42 \pm 0.046$	12.50	$3.7 \pm 0.22$	$1.04 \pm 0.078$
<i>L. perenne</i>	100	$0.60 \pm 0.058$	53.33	$7.6 \pm 0.28$	$1.76 \pm 0.158$
<i>L. austriacum</i>	100	$0.54 \pm 0.029$	93.75	$2.0 \pm 0.08$	$1.54 \pm 0.175$
<i>L. grandiflorum</i>	90.62	$0.21 \pm 0.032$	96.88	$1.8 \pm 0.25$	$2.12 \pm 0.351$
<i>L. strictum</i>	100	$0.94 \pm 0.105$	87.50	$2.6 \pm 0.41$	$1.51 \pm 0.243$



Table 2

Intensity of shoots growth in different species of the genus *Linum L.* in vitro depending on the culture medium

Species	Length of shoots, cm						Mean length value, cm	LSD <sub>05</sub>	Rank in descending order
	I*	II	III	IV	V	VI			
<i>L. usitatissimum</i> convar. <i>elongatum</i>	10.37 ± 0.856	9.37 ± 0.736	3.82 ± 0.346	9.33 ± 0.996	9.09 ± 1.018	8.66 ± 0.699	8.44	3.30	7
<i>L. usitatissimum</i> convar. <i>usitatissimum</i>	10.55 ± 0.748	11.16 ± 0.704	12.41 ± 0.718	13.04 ± 0.840	9.15 ± 0.588	10.39 ± 0.812	11.12	2.01	3
<i>L. tenue</i>	13.10 ± 0.721	13.80 ± 0.609	11.00 ± 0.828	11.00 ± 0.414	12.00 ± 0.592	12.10 ± 0.633	12.17	1.59	2
<i>L. bienne</i>	11.82 ± 0.882	13.31 ± 0.674	7.05 ± 0.505	7.80 ± 0.809	7.70 ± 0.984	12.58 ± 0.725	10.04	3.99	5
<i>L. corymbulosum</i>	11.60 ± 0.875	10.60 ± 0.822	7.96 ± 0.455	10.50 ± 0.538	12.11 ± 0.766	11.81 ± 0.874	10.76	2.15	4
<i>L. nervosum</i>	8.40 ± 0.898	9.10 ± 1.038	8.05 ± 0.719	9.00 ± 0.927	8.50 ± 0.804	8.00 ± 0.639	8.51	0.65	6
<i>L. flavum</i>	5.52 ± 0.250	5.49 ± 0.331	4.33 ± 0.169	5.99 ± 0.352	4.50 ± 0.418	4.38 ± 0.330	5.04	1.01	9
<i>L. campanulatum</i>	5.52 ± 0.247	6.42 ± 0.293	4.20 ± 0.377	6.00 ± 0.356	4.54 ± 0.277	4.64 ± 0.287	5.22	1.26	8
<i>L. perenne</i>	4.81 ± 0.632	4.49 ± 0.492	2.46 ± 0.083	3.00 ± 0.105	4.69 ± 0.462	4.71 ± 0.288	4.03	1.45	10
<i>L. austriacum</i>	2.46 ± 0.429	2.37 ± 0.384	1.00 ± 0.071	1.50 ± 0.205	2.00 ± 0.198	2.00 ± 0.101	1.89	0.78	12
<i>L. grandiflorum</i>	4.40 ± 0.441	4.44 ± 0.412	1.80 ± 0.150	2.05 ± 0.120	2.32 ± 0.290	3.60 ± 0.271	3.10	1.69	11
<i>L. strictum</i>	12.60 ± 0.471	11.70 ± 0.604	11.11 ± 0.411	15.42 ± 0.139	12.60 ± 0.657	11.70 ± 0.909	12.52	2.17	1
Mean	8.43	8.52	6.26	7.88	7.43	7.88	–	–	–

\*Medium: I – Murashige and Skoog, 12.5 g/l sucrose; II – Murashige and Skoog, 12.5 g/l sucrose; III – Murashige and Skoog, 1/2 macro-, 2/1 micro-salts and vitamins, 0.3 mg/l IAA, 10.0 g/l sucrose; IV – White, 12.5 g/l sucrose; V – Gamborg and Eveleigh, 12.5 g/l sucrose; VI and – Gamborg and Eveleigh, 12.5 g/l sucrose.

Table 3

The frequency of rhizogenesis in different species of the genus *Linum L.* depending on the culture medium

Species	Frequency of rhizogenesis, %						Mean	LSD <sub>05</sub>	Rank in descending order
	I*	II	III	IV	V	VI			
<i>L. usitatissimum</i> convar. <i>elongatum</i>	90.62	81.25	68.75	93.75	93.75	90.62	86.46	13.88	5
<i>L. usitatissimum</i> convar. <i>usitatissimum</i>	90.62	87.50	100	100	93.75	93.75	94.27	7.08	3
<i>L. tenue</i>	81.25	93.75	87.50	100	100	87.50	91.67	10.71	4
<i>L. bienne</i>	87.50	100	37.50	43.75	62.50	100	71.88	39.43	7
<i>L. corymbulosum</i>	100	87.50	87.50	100	100	93.75	94.79	8.69	2
<i>L. nervosum</i>	56.25	75.00	56.25	75.00	62.50	68.75	62.62	12.18	8
<i>L. flavum</i>	43.75	43.75	37.50	50.00	43.75	52.94	45.28	7.71	10
<i>L. campanulatum</i>	43.75	50.00	37.50	100	43.75	94.44	61.57	39.53	9
<i>L. perenne</i>	50.00	50.00	31.25	50.00	50.00	25.00	42.71	16.22	11
<i>L. austriacum</i>	81.25	81.25	66.67	75.00	80.00	75.00	76.53	7.96	6
<i>L. grandiflorum</i>	31.25	31.25	13.33	50.00	25.00	25.00	29.30	17.07	12
<i>L. strictum</i>	100	100	100	100	100	100	100	–	1
Mean	71.35	73.44	60.31	78.12	71.25	75.56	–	–	–

\*Medium: I – Murashige and Skoog, 12.5 g/l sucrose; II – Murashige and Skoog, 12.5 g/l sucrose; III – Murashige and Skoog, 1/2 macro-, 2/1 micro-salts and vitamins, 0.3 mg/l IAA, 10.0 g/l sucrose; IV – White, 12.5 g/l sucrose; V – Gamborg and Eveleigh, 12.5 g/l sucrose; VI and – Gamborg and Eveleigh, 12.5 g/l sucrose.

Murashige and Skoog medium (8.43 cm in the variant with the addition of 12.5 g/l sucrose and 8.52 cm with the addition of 12.5 g/l glucose). Somewhat less, the height of microclones appeared on White's medium with the addition of 12.5 g/l sucrose and Gamborg and Eveleigh medium containing 12.5 g/l glucose (7.88 cm each). An increase in height was observed on White's medium, but the leaves and lateral meristems died at 2/3 of the lower part of the shoot, what made further microclonal reproduction impossible. The modified Murashige and Skoog medium with half the dose of macrosalts, a double dose of micro salts and vitamins, 0.3 mg/l IAA, 10.0 g/l sucrose was ineffective.

A particular composition of the medium on a particular type of flax may affect differently. For example, in *L. usitatissimum* convar. *elongatum* abrupt growth suppression was observed on the modified Murashige and Skoog medium with half a dose of macro salts, a double dose of micro salts and vitamins, 0.3 mg/l IAA and 10.0 g/l sucrose, and shoots of *L. usitatissimum* convar. *usitatissimum* were the highest when cultivated on this medium (Table 2).

Like the trait of height, rhizogenesis in different species of the studied genus occurred with unequal intensity. According to the average data, the microclones of *L. strictum*, *L. corymbulosum*, *L. usitatissimum* convar. *usitatissimum* and *L. tenue* (ranks 1–4) had the highest frequency of rhizogenesis. The average frequency of normal developed roots was in *L. usitatissimum* convar. *elongatum*, *L. austriacum*, *L. bienne* and *L. nervosum* (ranks 5–8), the lowest incidence of rhizogenesis was observed in *L. campanulatum*, *L. flavum*, *L. perenne* and *L. grandiflorum* (ranks 9–12). The average frequency of rhizogenesis was in the range of 29.30–100%.

Most often microclones formed roots on White's medium with 12.5 g/l sucrose (78.12%), which was quite predictable, positive results were obtained on Murashige and Skoog, Gamborg and Eveleigh media (from 71.25 to 75.56%). At the same time, glucose, as a source of carbohydrates in the medium and osmotic pressure

in the cells, to a certain extent increased the intensity of rhizogenesis. The modified medium, although it contained auxin IAA, turned out to be less suitable for the induction of rooting in regenerated flax shoots (Table 3).

Just as within one species of *L. usitatissimum*, callus tissue formation, regeneration, growth, development and rooting of shoots *in vitro* depends on the genotype (starting material) [2, 12–14, 16, 19, 20], and within the whole genus, there are significant differences in the course of these phenomena. In general, according to the intensity of callus formation (by a complex of characters), the following species were distinguished: *L. usitatissimum* convar. *elongatum*, *L. tenue*, *L. bienne* and *L. strictum*. The most intensive organogenesis (by the complex of characters) is inherent in the species: *L. tenue*, *L. bienne*, *L. flavum*, *L. austriacum* and *L. grandiflorum*. The efficacy of obtaining somaclones *in vitro* under the described cultivation conditions was rather low in *L. nervosum* and *L. campanulatum* (the frequency of organogenesis was 50.00 and 12.50%, respectively). Despite the fact that the combination of NAA and BAP is most often described as optimal for flax callus formation and organogenesis [2, 13], in less sensitive species to culture *in vitro* and these growth regulators of exogenous origin, the possibilities of increasing the production of regenerative plants in the event of a change, for example, of the phytohormonal composition of the medium remain open.

In general, for microclonal propagation of species of the genus *Linum*, the Murashige and Skoog, Gamborg and Eveleigh media with the addition of 12.5 g/l glucose were optimal. At the final stages of microclonal propagation, before transferring microclones *in vivo*, it is advisable to use the White medium, which contributes to a high frequency of rhizogenesis. For each species, among the studied media and modifications by the complex of features, it is possible to select the optimal ones – those that contribute to the intensive growth and development of the shoots, and those on which active rhizogenesis is observed (Table 4).

Table 4

Optimum media for microclonal propagation of species of the genus *Linum* L.

Medium			
Murashige and Skoog	Murashige and Skoog (modified)	White	Gamborg and Eveleigh
<i>L. bienne</i> , <i>L. nervosum</i> , <i>L. perenne</i> , <i>L. austriacum</i> , <i>L. grandiflorum</i> , <i>L. strictum</i>	<i>L. usitatissimum</i> convar. <i>usitatissimum</i>	<i>L. usitatissimum</i> convar. <i>usitatissimum</i> , <i>L. nervosum</i> , <i>L. flavum</i> , <i>L. campanulatum</i> , <i>L. strictum</i>	<i>L. bienne</i> , <i>L. corymbulosum</i> , <i>L. strictum</i>

Different varieties of *L. usitatissimum* – fiber flax and oilseeds – have distinctive tendencies in the intensity of callus formation, organogenesis, and the growth of microclones, which must be taken into account in agricultural biotechnology and when used in breeding programs.

It is practically impossible to choose a universal nutrient medium for effective callus formation and organogenesis and microclonal propagation of different plants *in vitro*, even if they belong to the same genus. *In vitro* culture morphogenetic reactions may differ not only from the age and type of the explant selected in the study, but also from the studied variety or sample of the same species, therefore, very often, researchers have to select for each studied variety (genotype) separately and appropriate growth regulators (concentration (s) of phytohormone (s) and/or their ratio) for the effective induction of somatic organogenesis (shoot- and-root formation) or embryogenesis *in vitro*.

### Conclusions

Various species of the genus *Linum* L., with a few exceptions, are largely capable of forming callus and regenerating shoots *in vitro* when cultivated at 22–24 °C, relative humidity of 60–80%, with 16 hours photoperiod (2500 flux) on agar nutrient Murashige and Skoog medium, supplemented with 0.05 mg/l NAA, 1.0 mg/l BAP. The frequency, intensity of callus formation and organogenesis, the effectiveness of microclonal reproduction depended on the genotype of a particular species, therefore for each of them it is advisable to select separately the composition of the nutrient medium and growth regulators. The frequency of callus formation of the studied samples on the 35th day of cultivation varied within 81.25–100%, the mass of a callus from one explant – 0.21–1.64 g, the frequency of organogenesis – 12.50–100%, the number of shoots – 1.8–7.6 pcs. and the height of the shoots is 0.82–2.12 cm. The following species *L. usitatissimum* convar. *elongatum*, *L. tenue*, *L. bienne* and *L. strictum* were distinguished by the high intensity of callus formation. Intensive organogenesis characteristic of the species *L. tenue*, *L. bienne*, *L. flavum*, *L. austriacum* and *L. grandiflorum*. The effectiveness of shoots growth was quite low in *L. nervosum* and *L. campanulatum*. In total, for the microclonal reproduction of species of the genus *Linum* L., Murashige and Skoog, Gamborg and Eveleigh are optimal with the addition of 12.5 g/l of glucose. At the final stages of microclonal propagation, before transferring microclones *in vivo*, it is advisable to use the White medium,

which contributes to a high frequency of rhizogenesis. Varieties of *L. usitatissimum* convar. *elongatum* and convar. *usitatissimum* had different responses to *in vitro* culture.

### References

1. Optasiuk, O. M., & Shevera, M. V. (2011). *Rid Linum L. u flori Ukrainy* [The genus *Linum* L. in the flora of Ukraine]. Kyiv: Alterpres. [in Ukrainian]
2. Shisha, E. N., Emets, A. I., Guzenko, E. V., Lemesh, V. A., Kartel', N. A., & Blyum, Ya. B. (2011). Study of the regeneration capability and root formation in Ukrainian and Belarusian flax cultivars. *Fiziol. Biokhim. Kul't. Rast.* [Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants], 43(1), 57–64. [in Russian]
3. Janowicz, J., Niemann, J., & Wojciechowski, A. (2012). The effect of growth regulators on the regeneration ability of flax (*Linum usitatissimum* L.) hypocotyl explants in *in vitro* culture. *BioTechnologia*, 93(2), 135–138. doi: 10.5114/bta.2012.46578
4. Siegień, I., Adamczuk, A., & Wróblewska, K. (2013). Light affects *in vitro* organogenesis of *Linum usitatissimum* L. and its cyanogenic potential. *Acta Physiol. Plant.*, 35(3), 781–789. doi: 10.1007/s11738-012-1118-4
5. Mundhara, R., & Rashid, A. (2006). TDZ-induced triple-response and shoot formation on intact seedlings of *Linum*, putative role of ethylene in regeneration. *Plant Sci.*, 170(2), 185–190. doi: 10.1016/j.plantsci.2005.06.015
6. Seta-Koselska, A., & Skórzyńska-Polit, E. (2017). Optimization of *in vitro* culture conditions for obtaining flax (*Linum usitatissimum* L. cv. Modran) cell suspension culture. *BioTechnologia*, 98(3), 183–188. doi: 10.5114/bta.2017.70796
7. Tsygankova, V. A., Bayer, O. O., Andrushevich, Ya. V., Galkin, A. P., Brovarets, V. S., Yemets, A. I., & Blume, Ya. B. (2016). Screening of five and six-membered nitrogen-containing heterocyclic compounds as new effective stimulants of *Linum usitatissimum* L. organogenesis *in vitro*. *Int. J. Med. Biotechnol. Genetics*, S2:001, 1–9. doi: 10.19070/2379-1020-SI02001
8. Yildiz, M., & Özgen, M. (2004). The effect of a submersion pretreatment on *in vitro* explant growth and shoot regeneration from hypocotyls of flax (*Linum usitatissimum*). *Plant Cell Tiss. Organ. Cult.*, 77(1), 111–115. doi: 10.1023/B:TICU.0000016493.03592.c3
9. Yildiz, M., Sağlık, C., Telci, C., & Erkilich, E. G. (2011). The effect of *in vitro* competition on shoot regeneration from hypocotyl explants of *Linum usitatissimum*. *Turk. J. Bot.*, 35(2), 211–218. doi: 10.3906/bot-1005-26
10. Beyaz, R., & Yildiz, M. (2019). The effect of inter-plantal competition on *in vitro* seed germination and seedling growth in flax (*Linum usitatissimum* L.). *Eskişehir Technical Univ. J. of Sci. and Tech. C – Life Sci. and Biotech.*, 8(1), 61–68. doi: 10.18036/aubtdc.427128
11. Rutkowska-Krause, I., Mankowska, G., Lukaszewicz, M., & Szopa, J. (2003). Regeneration of flax (*Linum usitatissimum* L.) plants from anther culture and somatic tissue with increased resistance to *Fusarium oxysporum*. *Plant Cell Rep.*, 22(2), 110–116. doi: 10.1007/s00299-003-0662-1
12. Burbulis, N., Blinstrubienė, A., Sliesaravičius, A., & Venskutoniene, E. (2005). Influence of genotype, growth regulators, sucrose level and preconditioning of donor plants on flax (*Linum usitatissimum* L.) anther culture. *Acta Biol. Hung.*, 56(3–4), 323–331. doi: 10.1556/ABiol.56.2005.3-4.15
13. Burbulis, N., & Blinstrubienė, A. (2011). Genotypic and exogenous factors affecting linseed (*Linum usitatissimum* L.) anther culture. *J. Food Agricult. Environ.*, 9(3–4), 364–367. doi: 10.1234/4.2011.2285
14. Burbulis, N., Blinstrubienė, A., Masiene, R., & Jonytiene, V. (2012). Influence of genotype, growth regulators and sucrose concentration on linseed (*Linum usitatissimum* L.) anther culture. *J. Food Agricult. Environ.*, 10(3–4), 764–767. doi: 10.1234/4.2012.3509

15. Millam, S., Davidson, D., & Powell, W. (1992). The use of flax (*Linum usitatissimum*) as a model system for studies on organogenesis *in vitro*: the effect of different carbohydrates. *Plant Cell Tiss. Organ Cult.*, 28(2), 163–166. doi: 10.1007/BF00055512
  16. Chen, Y., & Dribnenki, P. (2002). Effect of genotype and medium composition on flax *Linum usitatissimum* L. anther culture. *Plant Cell Rep.*, 21(3), 204–207. doi: 10.1007/s00299-002-0500-x
  17. Soroka, A. I. (2010). Peculiarities of donor plant preparation and flax anther cultivation *in vitro* for haploid plant production. *Visnik Zaporizkogo nacional'nogo universitetu. Biologični nauki* [Visnyk of Zaporizhzhya National University. Biological Sciences], 2, 13–19. [in Russian]
  18. Sakhare, S. P., & Mendhulkar, V. D. (2016). Embryo excised callus induction and rhizogenesis in *Linum usitatissimum* L. *Int. J. Pharm. Bio. Sci.*, 7(3), 507–511.
  19. Blinstrubienė, A., Burbulis, N., & Masiene, R. (2017). Genotypic and exogenous factors affecting linseed ovary culture. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(3), 243–248. doi: 10.13080/z-a.2017.104.031
  20. Bonell, M., & Lassaga, S. L. (2002). Genetic analysis of the response of linseed (*Linum usitatissimum* L.) somatic tissue to *in vitro* cultivation. *Euphytica*, 125(3), 367–372. doi: 10.1023/A:1016013609068
  21. *The Plant List*. (n.d.). Retrieved from <http://www.theplantlist.org>
  22. Diederrichsen, A., & Richards, K. (2003). Cultivated flax and the genus *Linum* L.: Taxonomy and germplasm conservation. In A. D. Muir, & N. D. Westcott (Eds.), *Flax: The genus Linum* (pp. 39–42). Boca Raton: CRC Press.
  23. Zelentsov, S. V., Zelentsov, V. S., Moshnenko, E. V., & Ryabenko, L. G. (2016). Modern understanding of the phylogeny and taxonomy of genus *Linum* L. and flax (*Linum usitatissimum* L.). *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskij byulleten' VNIIMK* [Oil Crops. Scientific and technical bulletin of All-Russia Research Institute of Oil Crops], 1, 106–121. [in Russian]
  24. Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15(3), 473–497. doi: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
  25. Gamborg, O. L., & Eveleigh, D. E. (1968). Culture methods and detection of glucanases in suspension cultures of wheat and barley. *Can. J. Biochem. Cell B.*, 46(5), 417–421. doi: 10.1139/068-063
- Використана література**
1. Оптасюк О. М., Шевера М. В. Рід *Linum* L. у флорі України. Київ : Альтерпрес, 2011. 276 с.
  2. Шиша Е. Н., Емец А. И., Гузенко Е. В. и др. Изучение регенерационной способности и корнеобразования у сортов льна-долгунца украинской и белорусской селекции. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2011. Т. 43, № 1. С. 57–64.
  3. Janowicz J., Niemann J., Wojciechowski A. The effect of growth regulators on the regeneration ability of flax (*Linum usitatissimum* L.) hypocotyl explants in *in vitro* culture. *BioTechnologia*. 2012. Vol. 93, Iss. 2. P. 135–138. doi: 10.5114/bta.2012.46578
  4. Siegień I., Adamczuk A., Wróblewska K. Light affects *in vitro* organogenesis of *Linum usitatissimum* L. and its cyanogenic potential. *Acta Physiol. Plant.* 2013. Vol. 35, Iss. 3. P. 781–789. doi: 10.1007/s11738-012-1118-4
  5. Mundhara R., Rashid A. TDZ-induced triple-response and shoot formation on intact seedlings of *Linum*, putative role of ethylene in regeneration. *Plant Sci.* 2006. Vol. 170, Iss. 2. P. 185–190. doi: 10.1016/j.plantsci.2005.06.015
  6. Seta-Koselska A., Skórzyńska-Polit E. Optimization of *in vitro* culture conditions for obtaining flax (*Linum usitatissimum* L. cv. Modran) cell suspension culture. *BioTechnologia*. 2017. Vol. 98, Iss. 3. P. 183–188. doi: 10.5114/bta.2017.70796
  7. Tsygankova V. A., Bayer O. O., Andrushevich Ya. V. et al. Screening of five and six-membered nitrogen-containing heterocyclic compounds as new effective stimulants of *Linum usitatissimum* L. organogenesis *in vitro*. *Int. J. Med. Biotechnol. Genetics*. 2016. S2:001. P. 1–9. doi: 10.19070/2379-1020-SI02001
  8. Yildiz M., Özgen M. The effect of a submersion pretreatment on *in vitro* explant growth and shoot regeneration from hypocotyls of flax (*Linum usitatissimum*). *Plant Cell Tiss. Organ. Cult.* 2004. Vol. 77, Iss. 1. P. 111–115. doi: 10.1023/B:TICU.0000016493.03592.c3
  9. Yildiz M., Sağlık C., Telci C., Erkilich E. G. The effect of *in vitro* competition on shoot regeneration from hypocotyl explants of *Linum usitatissimum*. *Turk. J. Bot.* 2011. Vol. 35, Iss. 2. P. 211–218. doi: 10.3906/bot-1005-26
  10. Beyaz R., Yildiz M. The effect of inter-plantal competition on *in vitro* seed germination and seedling growth in flax (*Linum usitatissimum* L.). *Eskişehir Technical Univ. J. of Sci. and Tech. C – Life Sci. and Biotech.* 2019. Vol. 8, Iss. 1. P. 61–68. doi: 10.18036/aubtdc.427128
  11. Rutkowska-Krause I., Mankowska G., Lukaszewicz M., Szopa J. Regeneration of flax (*Linum usitatissimum* L.) plants from anther culture and somatic tissue with increased resistance to *Fusarium oxysporum*. *Plant Cell Rep.* 2003. Vol. 22, Iss. 2. P. 110–116. doi: 10.1007/s00299-003-0662-1
  12. Burbulis N., Blinstrubienė A., Sliesaravičius A., Venskutonienė E. Influence of genotype, growth regulators, sucrose level and preconditioning of donor plants on flax (*Linum usitatissimum* L.) anther culture. *Acta Biol. Hung.* 2005. Vol. 56, Iss. 3–4. P. 323–331. doi: 10.1556/ABiol.56.2005.3-4.15
  13. Burbulis N., Blinstrubienė A. Genotypic and exogenous factors affecting linseed (*Linum usitatissimum* L.) anther culture. *J. Food Agricul. Environ.* 2011. Vol. 9, Iss. 3–4. P. 364–367. doi: 10.1234/4.2011.2285
  14. Burbulis N., Blinstrubienė A., Masiene R., Jonytienė V. Influence of genotype, growth regulators and sucrose concentration on linseed (*Linum usitatissimum* L.) anther culture. *J. Food Agricul. Environ.* 2012. Vol. 10, Iss. 3–4. P. 764–767. doi: 10.1234/4.2012.3509
  15. Millam S., Davidson D., Powell W. The use of flax (*Linum usitatissimum*) as a model system for studies on organogenesis *in vitro*: the effect of different carbohydrates. *Plant Cell Tiss. Organ. Cult.* 1992. Vol. 28, Iss. 2. P. 163–166. doi: 10.1007/BF00055512
  16. Chen Y., Dribnenki P. Effect of genotype and medium composition on flax *Linum usitatissimum* L. anther culture. *Plant Cell Rep.* 2002. Vol. 21, Iss. 3. P. 204–207. doi: 10.1007/s00299-002-0500-x
  17. Сорока А. И. Особенности подготовки материала и культивирования *in vitro* пыльников льна при получении гаплоидных растений. *Вісн. Запорізького нац. ун-ту. Біологічні науки*. 2010. № 2. С. 13–19.
  18. Sakhare S. P., Mendhulkar V. D. Embryo excised callus induction and rhizogenesis in *Linum usitatissimum* L. *Int. J. Pharm. Bio. Sci.* 2016. Vol. 7, Iss. 3. P. 507–511.
  19. Blinstrubienė A., Burbulis N., Masiene R. Genotypic and exogenous factors affecting linseed ovary culture. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2017. Vol. 104, No. 3. P. 243–248. doi: 10.13080/z-a.2017.104.031
  20. Bonell M., Lassaga S. L. Genetic analysis of the response of linseed (*Linum usitatissimum* L.) somatic tissue to *in vitro* cultivation. *Euphytica*. 2002. Vol. 125, Iss. 3. P. 367–372. doi: 10.1023/A:1016013609068
  21. The Plant List. URL: <http://www.theplantlist.org>
  22. Diederrichsen A., Richards K. Cultivated flax and the genus *Linum* L.: Taxonomy and germplasm conservation. *Flax: The genus Linum* / A. D. Muir, N. D. Westcott (Eds.). Boca Raton : CRC Press, 2003. P. 39–42.
  23. Зеленцов С. В., Зеленцов В. С., Мошненко Е. В., Рябенко Л. Г. Современные представления о филогенезе и таксономии рода *Linum* L. и льна обыкновенного (*Linum usitatissimum* L.). *Масличные культуры. Науч.-техн. бюл. ВНИИ масличных культур*. 2016. Вып. 1. С. 106–121.

24. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 1962. Vol. 15, Iss. 3. P. 473–497. doi: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
25. Gamborg O. L., Eveleigh D. E. Culture methods and detection of glucanases in suspension cultures of wheat and barley. *Can. J. Biochem. Cell B.* 1968. Vol. 46, Iss. 5. P. 417–421. doi: 10.1139/o68-063

УДК 633.521:58.085

**Мищенко С. В.\***, **Кривошеева Л. М.** Калусогенез, органогенез і мікроклональне розмноження *in vitro* різних видів роду *Linum* L. *Plant Varieties Studying and Protection.* 2019. Т. 15, № 2. С. 124–134. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173558>

Институт лубяных культур НААН Украины, вул. Терещенків, 45, м. Глухів, Сумська обл., 41400, Україна, \*e-mail: serhii-mishchenko@ukr.net

**Мета.** Установити частоту та інтенсивність калусо- й органогенезу, ефективність мікроклонального розмноження різних видів роду *Linum* L. (Linaceae) в умовах *in vitro*. **Методи.** Для індукування калусо- й органогенезу в умовах *in vitro* гіпокотильні сегменти видів *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* і convar. *usitatissimum*, *L. tenue* Desf., *L. bienne* Mill., *L. corymbulosum* Pchb., *L. nervosum* Waldst. & Kit., *L. flavum* L., *L. campanulatum* L., *L. perenne* L., *L. austriacum* L., *L. grandiflorum* Desf., *L. strictum* L. культивували на середовищі Мурасіге і Скуга з додаванням 0,05 мг/л 1-нафтилоцтової кислоти та 1,0 мг/л 6-бензиламінопурину за 16-годинного фотоперіоду, інтенсивності освітлення 2500 лк, відносній вологості 60–80% і температурі повітря 22–24 °С. Для мікроклонального розмноження використовували середовища Мурасіге і Скуга, Уайта, Гамборга і Евелєга та їх модифікації. Результати вимірювань інтерпретували за середнім арифметичним, похибкою вибіркової середньої, найменшою істотною різницею та ранжирували. **Результати.** Різні види роду *Linum* значною мірою здатні до утворення калусу і регенерації пагонів за вказаних умов культивування. Частота калусогенезу для досліджуваних зразків на 35-ту добу культивування змінювалася в межах 81,25–100%, маса калусу з одного експланта – 0,21–1,64 г, частота органогенезу – 12,50–100%, кількість пагонів – 1,8–7,6 шт. і висота пагонів – 0,82–2,12 см.

УДК 633.521:58.085

**Мищенко С. В.\***, **Кривошеева Л. М.** Калусогенез, органогенез и микроклональное размножение *in vitro* разных видов рода *Linum* L. // *Plant Varieties Studying and Protection.* 2019. Т. 15, № 2. С. 124–134. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173558>

Институт лубяных культур НААН Украины, ул. Терещенков, 45, г. Глухов, Сумская обл., 41400, Украина, \*e-mail: serhii-mishchenko@ukr.net

**Цель.** Установить частоту и интенсивность калусо- и органогенеза, эффективность микроклонального размножения различных видов рода *Linum* L. (Linaceae) в условиях *in vitro*. **Методы.** Для индуцирования калусо- и органогенеза в условиях *in vitro* гипокотильные сегменты видов *Linum usitatissimum* L. (convar. *elongatum* и convar. *usitatissimum*), *L. tenue* Desf., *L. bienne* Mill., *L. corymbulosum* Pchb., *L. nervosum* Waldst. & Kit., *L. flavum* L., *L. campanulatum* L., *L. perenne* L., *L. austriacum* L., *L. grandiflorum* Desf., *L. strictum* L. культивировали на среде Мурасиге и Скуга с добавлением 0,05 мг/л 1-нафтилуксусной кислоты и 1,0 мг/л 6-бензиламинопурина при 16-часовом фотопериоде, интенсивности освещения 2500 лк, относительной влажности 60–80% и температуре воздуха 22–24 °С. Для микроклонального размножения использовали среды

За високою інтенсивністю калусоутворення виділилися такі види: *L. usitatissimum* convar. *elongatum*, *L. tenue*, *L. bienne* і *L. strictum*. Найінтенсивніший органогенез властивий видам *L. tenue*, *L. bienne*, *L. flavum*, *L. austriacum* і *L. grandiflorum*. Ефективність отримання соматоклонів була досить низькою в *L. nervosum* і *L. campanulatum*. Загалом для мікроклонального розмноження видів роду *Linum* оптимальними є середовища Мурасіге і Скуга, Гамборга і Евелєга з додаванням 12,5 г/л глюкози. На завершальних етапах мікроклонального розмноження перед перенесенням мікроклонів *in vivo* доцільно використовувати середовище Уайта, яке сприяє високій частоті ризогенезу. Різновиди *L. usitatissimum* convar. *elongatum* і convar. *usitatissimum* мали різну реакцію на культивування в умовах *in vitro*. **Висновки.** Частота, інтенсивність калусо- й органогенезу, ефективність мікроклонального розмноження залежала від генотипу певного виду, тому для кожного з них доцільно окремо добирати склад поживного середовища і регулятори росту. Деякі види роду *Linum* ще не досліджені в умовах *in vitro*, тому отримані результати надалі дають змогу розширити сферу їх використання у практичній діяльності, зокрема в селекції як новий вихідний матеріал із соматоклональною мінливістю, у міжвидових схрещуваннях, у декоративному квітничарстві.

**Ключові слова:** *Linum* L.; *in vitro*; живильне середовище; фітогормони; пагін.

Мурасиге и Скуга, Уайта, Гамборга и Эвелєга и их модификации. Результаты измерений интерпретировали по среднему арифметическому, погрешности выборочной средней, наименьшей существенной разнице и ранжировали. **Результаты.** Различные виды рода *Linum* в значительной мере способны к образованию каллуса и регенерации побегов в условиях *in vitro* при указанных условиях культивирования. Частота калусогенеза для исследуемых образцов на 35-е сутки культивирования колебалась в пределах 81,25–100,00%, масса каллуса с одного экспланта – 0,21–1,64 г, частота органогенеза – 12,50–100%, количество побегов – 1,8–7,6 шт. и высота побегов – 0,82–2,12 см. По высокой интенсивности калусообразования выделились следующие виды: *L. usitatissimum* convar. *elongatum*, *L. tenue*, *L. bienne* и *L. strictum*. Наиболее интенсивный органо-

генез свойственный видам *L. tenue*, *L. bienne*, *L. flavum*, *L. austriacum* и *L. grandiflorum*. Эффективность получения соматклонов была достаточно низкой у *L. nervosum* и *L. campanulatum*. В целом для микроклонального размножения видов рода *Linum*. оптимальными являются среды Мурасиге и Скуга, Гамборга и Эвелега с добавлением 12,5 г/л глюкозы. На завершающих этапах микроклонального размножения перед переносом микроклонов *in vivo* целесообразно использовать среду Уайта, которая способствует высокой частоте ризогенеза. Разновидности *L. usitatissimum* convar. *elongatum* и convar. *usitatissimum* имели разную реакцию на культивирование в условиях *in vitro*. **Выводы.** Частота, ин-

тенсивность каллусо- и органогенеза, эффективность микроклонального размножения зависела от генотипа определенного вида, поэтому для каждого из них целесообразно отдельно подбирать состав питательной среды и регуляторы роста. Отдельные виды рода *Linum* не исследованы в условиях *in vitro*, поэтому полученные результаты дают возможность в дальнейшем расширить сферу их использования в практической деятельности, в частности в селекции как новый исходный материал с соматклональной изменчивостью, в межвидовых скрещиваниях, в декоративном цветоводстве.

**Ключевые слова:** *Linum L.*; *in vitro*; питательная среда; фитогормоны; побег.

Надійшла / Received 13.03.2019  
Погоджено до друку / Accepted 14.05.2019

## Урожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої за різних варіантів обробки посівів фунгіцидами

О. А. Заїма\*, О. Л. Дергачов

Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., 08853, Україна, \*e-mail: [mwheats@ukr.net](mailto:mwheats@ukr.net)

**Мета.** Визначити варіанти ефективного фунгіцидного захисту сортів пшениці м'якої озимої від хвороб, які забезпечать найвищий рівень урожайності та якості зерна. **Методи.** У польових умовах висівали чотири сорти пшениці озимої з різною стійкістю проти хвороб: 'Берегиня миронівська', 'Господиня миронівська', 'Горлиця миронівська' та 'Подольнка' (оригінація – Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України). У фазі трубкування культури посіви обробляли фунгіцидами Аканто Плюс 28, Таліус 20, Фалькон 460 ЕС, у фазі колосіння – Амістар Тріо 255 ЕС, Тілт Турбо 575 ЕС, Вареон 520. **Результати.** У період молочної стиглості зерна технічна ефективність застосування фунгіцидів проти борошнистої роси була на рівні 72–100%, септоріозу листя – 58–76, бурої іржі – 100%. Найефективнішим варіантом фунгіцидного захисту є внесення Аканто Плюс 28 у фазі виходу в трубку + Амістар Тріо 255 ЕС у фазі колосіння. За таких умов сорт 'Подольнка' формував максимальну урожайність зерна – 5,56 т/га, збережений урожай становив 0,75 т/га. Більший приріст урожайності (0,82–0,86 т/га) забезпечив сорт 'Горлиця миронівська'. Застосування фунгіцидів Аканто Плюс 28 та Амістар Тріо 255 ЕС також сприяло формуванню найліпшої якості зерна досліджуваних сортів пшениці озимої. **Висновки.** Сорти 'Берегиня миронівська' і 'Подольнка' формували найбільшу урожайність зерна за оброблення посівів фунгіцидом Аканто Плюс 28 у фазі виходу в трубку та Амістар Тріо 255 ЕС у фазі колосіння, 'Господиня миронівська' – Фалькон 460 ЕС + Вареон 520, сорт 'Горлиця миронівська' – Таліус 20 + Тілт Турбо 575 ЕС відповідно. Сорт 'Берегиня миронівська' забезпечує ліпші показники якості зерна в разі застосування фунгіциду Фалькон у фазі трубкування та Вареон у фазі колосіння, інші сорти – Аканто Плюс 28 + Амістар Тріо 255 ЕС відповідно.

**Ключові слова:** пшениця озима; сорт; розвиток хвороб; ефективність фунгіцидів; урожайність; показники якості зерна.

### Вступ

Зернові культури в Україні займають понад 15 млн га ріллі, тому навіть мінімальне ураження їх хворобами призводить до великих загальних утрат урожаю [1]. З огляду на це, фунгіцидний захист посівів є важливим елементом у технології їх вирощування. Для екологізації сільськогосподарського виробництва системи захисту зернових культур треба розробляти з урахуванням чинника генетичної стійкості сорту, що сприятиме зниженню пестицидного навантаження, зокрема й завдяки зменшенню кратності обробок посівів [2].

Утрати валового збору зерна від хвороб, передусім грибних, становлять понад 30% [3, 4].

Чільне місце посідають хвороби листя й колоса [5]. Ступінь їх розвитку, перебіг та шкодочинність нерозривно пов'язані із фазою розвитку й фізіологічним станом рослин пшениці озимої, строками сівби, попередниками, наявністю первинного інокулюму та умовами доквілля [6].

Хімічні засоби захисту рослин дають змогу швидко та надійно зменшити чисельність шкідливих об'єктів до економічно прийнятної рівня [7]. Ефективним методом хімічного захисту є обприскування посівів фунгіцидами. При цьому ефективність застосування цих препаратів та їхній вплив на формування врожаю значною мірою залежать від погодних умов, ступеня розвитку хвороб, а також стійкості сорту [8–10]. Застосування фунгіцидів є найвигіднішим, коли ураженню піддаються сприйнятливі до хвороби генотипи [11]. Проте, попри зменшення рівня ураженості рослин сприйнятливих сортів, в умовах епіфі-

Oleksii Zaima

<https://orcid.org/0000-0001-5714-6308>

Oleksandr Derhachov

<https://orcid.org/0000-0001-8615-7110>

тотії цього може бути недостатньо для отримання потенційного врожаю [12, 13]. Значна частина наявних сьогодні фунгіцидних препаратів знижує ураженість рослин помірно стійких сортів на 75% ефективніше порівняно з нестійкими, до рівня нижче порогу шкідливості [14]. Стійкіші сорти забезпечують вищу ефективність фунгіцидів, і хоча сприйнятливі сорти показують поліпшену дію препаратів, цього не завжди достатньо для задовільного зниження ураженості [15].

Поряд із рівнем стійкості сорту на ефективність фунгіцидів впливає і їх рецептивність. Зокрема, різна реакція сортів на застосування фунгіцидів, за приблизно однакового рівня резистентності, може пояснюватися їх морфологічними ознаками, як-от наявність остюків, які здатні додатково уловлювати фунгіцидний спрей, чи більша висота рослин, що впливає на нанесення спрею на колос [16].

Сорти, що мають різну стійкість проти хвороб, у разі застосування фунгіцидів різняться й за показниками хлібопекарської якості зерна [17]. Поліпшення якості зерна пшениці залежить від рівня стійкості сорту та антипатогенної активності фунгіцидів. Зокрема, у дослідженнях К. Асч та ін. [18] найвищу якість зерна пшениці отримано в разі застосування препаратів на основі протіокназолу та тебуконазолу. Найкращий захист рослин від хвороб, що сприяє найвищій урожайності та якості зерна, забезпечує застосування фунгіцидів у фазах прапорцевого листка й колосіння [19].

*Мета досліджень* – визначити варіанти ефективного фунгіцидного захисту сортів пшениці м'якої озимої від хвороб, які забезпечать найвищий рівень урожайності та якості зерна.

### Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження проводили впродовж 2016–2018 рр. в умовах Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України (МІП).

Період сівби та перших фаз розвитку пшениці озимої протягом років досліджень був посушливим, з підвищеними середньодобовими температурами, що затримувало з'явлення сходів культури та загалом не сприяло розвитку хвороб.

Метеорологічні умови вегетації пшениці озимої за період серпень 2015 р. – липень 2016 р. були не зовсім сприятливими для росту й розвитку рослин. За цей період випало 540 мм опадів, що становило 88% їх багаторічної норми (611 мм). Нестача вологи спо-

стерігалася в серпні, вересні та жовтні 2015 р. (16, 77 і 70% відповідно), а також у червні й липні 2016 р. (75 і 23%). Надмірна кількість опадів випала у квітні та травні 2016 р. – 132 і 167% норми відповідно. Середня температура повітря в цей період (10,3 °С) перевищувала багаторічну на 1,9 °С. Аномально теплими були вересень і листопад 2015 р. та березень і квітень 2016 р., середні температури повітря яких перевищували середньомісячні багаторічні показники на 2,5–5,7 °С. Активна вегетація пшениці припинилася 23 листопада. З 30 квітня відзначено раптове підвищення температури повітря та перехід через 5 і 10 °С водночас. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) восени становив 0,6, у період весняно-літньої вегетації – 1,5.

За період серпень 2016 р. – липень 2017 р. середня температура повітря (9 °С) перевищувала середню багаторічну на 0,9 °С, але в жовтні й листопаді 2016 р. була на 1,5 та 0,8 °С менше – 6,7 та 1,4 °С відповідно. Активна вегетація пшениці припинилася 13 жовтня й відновилася в першій декаді березня 2017 р. Цей місяць був аномально теплим (середня температура повітря перевищувала багаторічний показник на 4,8 °С). Із серпня 2016 р. по липень 2017 р. випало 453 мм опадів, що становило 74% від їх середньої багаторічної норми. Нестачу вологи спостерігали в серпні й особливо у вересні 2016 р. (60 та 4% відповідно), а також у березні, травні та червні 2017 р. (33, 39 і 23%). Надмірна кількість опадів – 75 мм (182%) випала в жовтні 2016 р.

Середня температура повітря за період серпень 2017 р. – липень 2018 р. (9,9 °С) перевищувала середню багаторічну на 1,7 °С, але в березні 2018 р. була на 3,0 °С менше – -1,8 °С. Аномально теплими були грудень 2017 р., квітень та травень 2018 р., середні температури повітря яких становили 2,2; 13,3 та 18,4 °С, що перевищувало середньомісячні багаторічні показники на 4,5; 4,2 та 3,1 °С відповідно. Активна вегетація пшениці припинилася 30 жовтня 2017 р., а розпочалася з 1 квітня 2018 р. У цей період середньодобові температури повітря перевищили 10 °С.

Із серпня 2017 р. по липень 2018 р. випало 697 мм опадів, що становило 114% від середньої багаторічної їх кількості. Нестачу опадів спостерігали в серпні й вересні 2017 р. (33 і 23% відповідно), а також у квітні та травні 2018 р. (49 і 57%). Максимальна кількість опадів випала в грудні та березні – 115 і 93 мм (275 та 245%).

Агротехніка вирощування пшениці – загальноприйнята для зони Лісостепу. Сіяли протруєним насінням (фунгіцид Максим



Стар 025 FS, т.к.с., 1,5 л/т) в оптимальні строки (III декада вересня) з наступним коткуванням посівів. Площа посівної ділянки становила 9,7 м<sup>2</sup>, облікової – 7,6 м<sup>2</sup>; повторність – трикратна, розміщення ділянок – рендомізоване.

Ураження рослин збудниками хвороб обліковували за загальноприйнятими методами [20, 21]. Вплив фунгіцидів на рівень урожайності досліджували на різних за стійкістю проти хвороб сортах пшениці м'якої озимої: 'Берегиня миронівська', 'Господиня миронівська', 'Горлиця миронівська' та 'Подольнянка' (оригінація – МП).

Застосовували фунгіциди у фазі трубкування (ВВСН 32) – Аканто Плюс 28 (піоксістробін, 200 г/л + ципроконазол, 80 г/л), Таліус 20 (проквіназид, 200 г/л), Фалькон 460 ЕС (тебуконазол, 167 г/л + триадименол, 43 г/л + спіроксамін, 250 г/л) та у фазі колосіння (ВВСН 59) пшениці – Амістар Тріо 255 ЕС (азоксістробін, 100 г/л + пропіконазол, 125 г/л + ципроконазол, 30 г/л), Тілт Турбо 575 ЕС (пропіконазол, 125 г/л + фенпропідин, 450 г/л), Варен 520 (прохлораз, 300 г/л + тебуконазол, 150 г/л + проквіназид, 40 г/л).

Посіви пшениці обробляли за схемою Т1 (ВВСН 32) + Т2 (ВВСН 59):

1) Т1 Аканто Плюс 28, к.с. (0,75 л/га) + Т2 Амістар Тріо 255 ЕС, к.е. (1,0 л/га);

2) Т1 Таліус 20, к.е. (0,2 л/га) + Т2 Тілт Турбо 575 ЕС, к.е. (1,0 л/га);

3) Т1 Фалькон 460 ЕС, к.е. (0,4 л/га) + Т2 Варен 520, к.е. (1,0 л/га).

Статистичну обробку результатів здійснювали за допомогою програм Statistica 6.0 та Excel 2003.

### Результати досліджень

У 2016 р. у фазі весняного куцання ураження рослин пшениці озимої септоріозом листя на сортах становило: 'Берегиня миронівська' – 4,0%, 'Господиня миронівська' – 5,0, 'Горлиця миронівська' – 3,0, 'Подольнянка' – 5%. Ураження борошністою росю рослин 'Берегиня миронівська' та 'Господиня миронівська' у цій фазі не виявлено, тоді як на сортах 'Горлиця миронівська' і 'Подольнянка' воно було незначним – на рівні 1,0%. Надалі спостерігали незначне наростання ураження збудниками хвороб. На початку фази трубкування ураження рослин борошністою росю було в межах від 1,0 до 3,0%, септоріозом листя – 4,0–5,0%. На початку фази колосіння ураження борошністою росю та септоріозом листя сорту 'Берегиня миронівська' становило 4,0 і 6,5%, 'Господиня миронівська' – 4,0 і 15,0, 'Горлиця миронівська'

– 9,0 і 22,5, 'Подольнянка' – 10,0 і 20,0% відповідно. У фазі молочної стиглості ураження рослин сорту 'Берегиня миронівська' борошністою росю було на рівні 5,0%, септоріозом – 17,5%, 'Господиня миронівська' – 4,0 і 42,5, 'Горлиця миронівська' – 5,0 і 37,5% відповідно. У фазі воскової стиглості виявлено ураження рослин сортів 'Берегиня миронівська' та 'Господиня миронівська' бурю іржею – 12,5 і 45,0% відповідно.

У весняний період 2017 р. на початку фази трубкування пшениці на сортах 'Подольнянка' і 'Берегиня миронівська' ураження рослин септоріозом листя становило 0,5%, борошністою росю – 0,1%. Рослини сортів 'Горлиця миронівська' та 'Господиня миронівська' цією хворобою уражені не були. На початку фази колосіння ураження сортів борошністою росю становило 1–3%, септоріозом – 0–1%. У фазі молочної стиглості ураження рослин сорту 'Берегиня миронівська' борошністою росю було на рівні 1%, септоріозом – 3%, 'Господиня миронівська' – 1 і 1, 'Горлиця миронівська' – 0,5 і 2% відповідно. На сорти 'Подольнянка' розвиток борошністої роси становив 1%, септоріозу листя – 3%.

У весняний період 2018 р. появу септоріозу листя на пшениці озимій зафіксовано у фазі весняного куцання, розвиток хвороби був на рівні до 1%. У фазі виходу в трубку на сортах 'Подольнянка' та 'Берегиня миронівська' ураження борошністою росю становило 5%, 'Господиня миронівська' – 1, 'Горлиця миронівська' – 3%. Ураження септоріозом на всіх сортах становило 1%. На початку колосіння розвиток борошністої роси та септоріозу листя на сорти 'Берегиня миронівська' становив відповідно 8 і 3%, 'Господиня миронівська' – 5 і 3, 'Горлиця миронівська' – 5 і 2, 'Подольнянка' – 10 і 5%. У фазі колосіння ураження рослин 'Берегиня миронівська' борошністою росю та септоріозом становило 10 і 3%, 'Господиня миронівська' – 8 і 5, 'Горлиця миронівська' – 5 і 3, 'Подольнянка' – 10 і 5%. У фазі молочної стиглості розвиток борошністої роси та септоріозу листя на сортах становив 5–15%. У фазі молочно-воскової стиглості на стійких сортах ураження бурю іржею було на рівні 1–5%, на сорти 'Подольнянка' – 12,5%.

У середньому за роки досліджень перед першим обприскуванням посівів пшениці у фазі виходу в трубку (ВВСН 32) на досліджуваних сортах ураження листя борошністою росю варіювало від 1 до 5%, септоріозом – не перевищувало 3%. До фази колосіння ураження рослин борошністою росю становило 4–9%, септоріозом – 4–10% (табл. 1).

У фазі молочної стиглості ураження борошністою росю та септоріозом листя на конт- ролі в сорту 'Подольнка' становило 18 та 27%, в інших сортів – 4–5 та 9–18% відповідно.

Таблиця 1

**Технічна ефективність фунгіцидів у посівах різних сортів пшениці м'якої озимої, %  
(середнє за 2016–2018 рр.)**

Сорт	Варіант (норма витрати, л/га) T1 + T2	Фаза росту й розвитку культури				
		колосіння		молочна стиглість		молочно-воскова стиглість
		А	Б	А	Б	В
'Берегиня миронівська'	Контроль (ураженість, %)	6	4	4	9	8
	Аканто Плюс 28, к.с. (0,75) + Амiстар Тріо 255 ЕС, к.е. (1,0)	79,2	68,4	100	65,1	100
	Таліус 20, к.е. (0,2) + Тiлт Турбо 575 ЕС, к.е. (1,0)	68,3	68,4	100	74,3	100
	Фалькон 460 ЕС, к.е. (0,4) + Вареон 520, к.е. (1,0)	68,3	63,3	100	74,3	100
'Господиня миронівська'	Контроль (ураженість, %)	4	7	5	18	25
	Аканто Плюс 28, к.с. (0,75) + Амiстар Тріо 255 ЕС, к.е. (1,0)	70,8	43,4	95,8	68,4	100
	Таліус 20, к.е. (0,2) + Тiлт Турбо 575 ЕС, к.е. (1,0)	70,8	28,4	95,8	62,5	100
	Фалькон 460 ЕС, к.е. (0,4) + Вареон 520, к.е. (1,0)	70,8	28,4	95,8	57,8	100
'Горлиця миронівська'	Контроль (ураженість, %)	5	9	4	15	1
	Аканто Плюс 28, к.с. (0,75) + Амiстар Тріо 255 ЕС, к.е. (1,0)	68,1	53,7	100	68,9	100
	Таліус 20, к.е. (0,2) + Тiлт Турбо 575 ЕС, к.е. (1,0)	55,9	57,4	100	60,0	100
	Фалькон 460 ЕС, к.е. (0,4) + Вареон 520, к.е. (1,0)	68,1	66,7	100	60,0	100
'Подольнка'	Контроль (ураженість, %)	9	10	18	27	9
	Аканто Плюс 28, к.с. (0,75) + Амiстар Тріо 255 ЕС, к.е. (1,0)	70,0	63,3	84,7	66,2	100
	Таліус 20, к.е. (0,2) + Тiлт Турбо 575 ЕС, к.е. (1,0)	43,3	39,2	71,7	59,8	100
	Фалькон 460 ЕС, к.е. (0,4) + Вареон 520, к.е. (1,0)	43,3	59,2	80,3	66,2	100

**Примітка.** А – борошніста роса; Б – септоріоз; В – бура іржа.

У фазі молочно-воскової стиглості на контрольних ділянках ураження рослин бруою іржею становило від 1 до 25%.

Технічна ефективність фунгіцидів Аканто Плюс 28, Таліус 20 і Фалькон 460 ЕС, застосованих у фазі виходу в трубку, загалом по стійких сортах у фазі колосіння проти борошністої роси становила 55,9–79,2%, септоріозу – 28,4–68,4% (табл. 1). На середньостійкому сорті 'Подольнка' фунгіциди мали ефективність на рівні 43,3–70,0% проти борошністої роси та 39,2–63,3% проти септоріозу. У цей період розвитку пшениці озимої більшу ефективність проти борошністої роси та септоріозу листя забезпечував фунгіцид Аканто Плюс 28.

У фазі колосіння (ВВСН 59) провели другу обробку фунгіцидами Вареон 520, Амiстар Тріо 255 ЕС і Тiлт Турбо 575 ЕС. Дворазове

застосування фунгіцидів у фазах трубкування й колосіння забезпечило технічну ефективність у період молочної стиглості на сортах 'Берегиня миронівська', 'Господиня миронівська' та 'Горлиця миронівська' проти борошністої роси на рівні 95,8–100%, септоріозу листя – 57,8–74,3%, на сорті 'Подольнка' – 71,7–84,7 та 59,8–66,2% відповідно. Ефективність фунгіцидів проти бруої іржі становила 100%.

Вищі показники ефективної дії проти хвороб відзначено переважно у варіантах із застосуванням фунгіцидів Аканто Плюс 28 + Амiстар Тріо 255 ЕС. Найвищі показники технічної ефективності фунгіцидів проти хвороб листя встановлено для сорту 'Берегиня миронівська'.

Оброблення посівів пшениці фунгіцидами сприяє реалізації потенційно можливого вро-

жаю високоякісної продукції. Зокрема, за дворазового застосування фунгіцидів у фазах трубкування та колосіння приріст урожайності зерна сортів становив: 'Берегиня миронівська' – 0,39–0,62 т/га, 'Господиня миронівська' – 0,64–0,88, 'Горлиця миронівська' – 0,82–0,86 і 'Подольнянка' – 0,58–0,75 т/га (табл. 2).

нівська' – 0,39–0,62 т/га, 'Господиня миронівська' – 0,64–0,88, 'Горлиця миронівська' – 0,82–0,86 і 'Подольнянка' – 0,58–0,75 т/га (табл. 2).

Таблиця 2

**Урожайність сортів пшениці м'якої озимої залежно від варіанту застосування фунгіцидів, т/га (середнє за 2016–2018 рр.)**

Варіант (норма витрати, л/га) T1 + T2	Сорт							
	'Берегиня миронівська'		'Господиня миронівська'		'Горлиця миронівська'		'Подольнянка'	
	урожайність	приріст	урожайність	приріст	урожайність	приріст	урожайність	приріст
Контроль	4,89	–	4,56	–	4,63	–	4,81	–
Аканто Плюс 28, к.с. (0,75) + Амістар Тріо 255 ЕС, к.е. (1,0)	5,50	0,61	5,19	0,63	5,45	0,82	5,56	0,75
Таліус 20, к.е. (0,2) + Тілт Турбо 575 ЕС, к.е. (1,0)	5,43	0,54	5,19	0,63	5,48	0,85	5,53	0,72
Фалькон 460 ЕС, к.е. (0,4) + Варен 520, к.е. (1,0)	5,27	0,38	5,43	0,87	5,46	0,83	5,39	0,58
НІР <sub>0,05</sub>	0,35	–	0,45	–	0,49	–	0,25	–

Максимальну врожайність зерна – 5,56 т/га сформував сорт 'Подольнянка' у варіанті оброблення посівів Аканто Плюс 28 у фазі виходу в трубку (Т1) та Амістар Тріо 255 ЕС у фазі колосіння (Т2). Більший приріст урожайності отримано в разі застосування фунгіцидів на сорти 'Горлиця миронівська', максимальний – у варіанті Таліус 20 (Т1) + Тілт Турбо 575 ЕС (Т2).

Застосування фунгіцидів загалом сприяло поліпшенню якості зерна, зокрема збіль-

шився вміст у ньому білка, показник седиментації та вміст «сирої» клейковини, а також умовний збір білка з 1 га (табл. 3, 4).

Зокрема, у контрольних варіантах умовний збір білка з 1 га залежно від сорту становив 0,561–0,597 т/га. За обробки фунгіцидами посівів пшениці 'Берегиня миронівська' цей показник збільшився на 0,052–0,077 т/га, 'Господиня миронівська' – на 0,098–0,123, 'Горлиця миронівська' – на 0,080–0,128 та 'Подольнянка' – на 0,101–

Таблиця 3

**Уміст білка в зерні сортів пшениці м'якої озимої та його умовний збір з 1 га залежно від варіанту застосування фунгіцидів (середнє за 2016–2018 рр.)**

Варіант (норма витрати, л/га) T1 + T2	Уміст білка, %				Умовний збір білка, т/га			
	1*	2	3	4	1	2	3	4
Контроль	12,2	12,3	12,9	11,8	0,597	0,561	0,597	0,568
Аканто Плюс 28, к.с. (0,75) + Амістар Тріо 255 ЕС, к.е. (1,0)	12,0	12,8	13,3	12,7	0,660	0,664	0,725	0,706
Таліус 20, к.е. (0,2) + Тілт Турбо 575 ЕС, к.е. (1,0)	12,4	12,7	13,0	12,6	0,673	0,659	0,712	0,697
Фалькон 460 ЕС, к.е. (0,4) + Варен 520, к.е. (1,0)	12,3	12,6	12,4	12,4	0,648	0,684	0,677	0,668
НІР <sub>0,05</sub>	–				0,032			

\*Сорти: 1 – 'Берегиня миронівська'; 2 – 'Господиня миронівська'; 3 – 'Горлиця миронівська'; 4 – 'Подольнянка'.

Таблиця 4

**Показники якості зерна сортів пшениці м'якої озимої залежно від варіанту застосування фунгіцидів (середнє за 2016–2018 рр.)**

Варіант (норма витрати, л/га) T1 + T2	Показник седиментації, мл				Уміст «сирої» клейковини, %			
	1*	2	3	4	1	2	3	4
Контроль	59,3	57,7	65,7	74,7	24,7	25,0	27,6	25,1
Аканто Плюс 28, к.с. (0,75) + Амістар Тріо 255 ЕС, к.е. (1,0)	60,7	60,7	71,0	80,7	24,7	26,8	28,8	28,0
Таліус 20, к.е. (0,2) + Тілт Турбо 575 ЕС, к.е. (1,0)	64,3	61,7	68,0	78,7	24,9	26,5	28,0	27,6
Фалькон 460 ЕС, к.е. (0,4) + Варен 520, к.е. (1,0)	65,0	62,3	66,3	79,0	25,5	26,0	27,9	27,5
НІР <sub>0,05</sub>	2,95				–			

\*Сорти: 1 – 'Берегиня миронівська'; 2 – 'Господиня миронівська'; 3 – 'Горлиця миронівська'; 4 – 'Подольнянка'.

0,139 т/га. Уміст «сирої» клейковини був більшим порівняно з контролем, залежно від сорту, на 0,2–2,9%, показник седиментації – на 0,6–6,0 мл.

Застосування фунгіцидів Аканто Плюс 28 у фазі трубкування та Амістар Тріо у фазі колосіння сприяло формуванню найліпшої якості зерна сортів пшениці озимої.

### Висновки

Для захисту пшениці озимої від хвороб від фази виходу в трубку і до колосіння найвищу технічну ефективність забезпечує фунгіцид Аканто Плюс 28. Надалі для захисту й підвищення врожайності та поліпшення якості зерна посіви у фазі колосіння доцільно обробляти фунгіцидами Амістар Тріо 255 ЕС, Варен 520 або Тілт Турбо 575 ЕС.

Сорти 'Берегиня миронівська' і 'Горлиця миронівська', які найменше уражувалися збудниками хвороб, тобто виявили проти них більшу стійкість, забезпечували й вищі показники технічної ефективності фунгіцидів.

Сорти 'Берегиня миронівська' і 'Подолька' формували найбільшу врожайність зерна за оброблення посівів фунгіцидами Аканто Плюс 28 у фазі виходу в трубку та Амістар Тріо 255 ЕС у фазі колосіння, 'Господиня миронівська' – Фалькон 460 ЕС + Варен 520, сорт 'Горлиця миронівська' – Таліус 20 + Тілт Турбо 575 ЕС відповідно. Сорт 'Берегиня миронівська' забезпечує ліпші показники якості зерна в разі застосування фунгіциду Фалькон 460 ЕС у фазі трубкування та Варен 520 у фазі колосіння, інші сорти – Аканто Плюс 28 + Амістар Тріо 255 ЕС відповідно.

### Використана література

1. Борзих О. І. До поліпшення фітосанітарного стану полів. *Захист і карантин рослин*. 2014. Вип. 60. С. 3–5.
2. Ретьман С. В., Довгань С. В. Фітосанітарний стан зернових колосових. *Карантин і захист рослин*. 2010. № 3. С. 2–5.
3. Зерновые культуры: выращивание, уборка, хранение и использование / под ред. Д. Шпаара. 3-е изд., испр. Киев : Зерно, 2012. 704 с.
4. Figueroa M., Hammond-Kosack K. E., Solomon P. S. A review of wheat diseases – a field perspective. *Mol. Plant Pathol.* 2018. Vol. 19, Iss. 6. P. 1523–1536. doi: 10.1111/mp.12618
5. Горяинова В. В. Моніторинг хвороб пшениці ярої. *Вісн. Харківського нац. аграр. ун-ту. Сер. : Фітопатологія та ентомологія*. 2014. № 1–2. С. 54–57.
6. Петренко В. П., Лучна І. С., Боровська І. Ю. Залежність фітосанітарного стану посівів пшениці озимої від погодних умов. *Вісн. ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2016. Вип. 20. С. 60–68.
7. Василенко Л. Сутність та значення засобів захисту рослин для ефективного ведення сільського господарства. *Економічний дискурс*. 2017. № 2. С. 69–75.

8. Lopez J. A., Rojas K., Swart J. The economics of foliar fungicide applications in winter wheat in Northeast Texas. *Crop Prot.* 2015. Vol. 67. P. 35–42. doi: 10.1016/j.cropro.2014.09.007
9. Wiersma J. J., Motteberg C. D. Evaluation of five fungicide application timings for control of leaf-spot diseases and Fusarium head blight in hard red spring wheat. *Can. J. Plant Pathol.* 2005. Vol. 27, Iss. 1. P. 25–37. doi: 10.1080/07060660509507190
10. Latif M., Hassan T., Shad G. M. et al. Comparison of rust infection with area on different varieties of wheat in district Sialkot. *Int. J. Adv. Multidiscip. Res.* 2018. Vol. 5, Iss. 2. P. 1–6. doi: 10.22192/ijamr.2018.05.02.001
11. Wegulo S. N., Breathnach J. A., Baenziger P. S. Effect of growth stage on the relationship between tan spot and spot blotch severity and yield in winter wheat. *Crop Prot.* 2009. Vol. 28, Iss. 8. P. 696–702. doi: 10.1016/j.cropro.2009.04.003
12. Mesterhazy A., Bartok T., Lamper C. Influence of wheat cultivar, species of *Fusarium*, and isolate aggressiveness on the efficacy of fungicides for control of Fusarium head blight. *Plant Dis.* 2003. Vol. 87, Iss. 9. P. 1107–1115. doi: 10.1094/PDIS.2003.87.9.1107
13. Mesterhazy A., Toth B., Varga M. et al. Role of fungicides, application of nozzle types, and the resistance level of wheat varieties in the control of Fusarium head blight and deoxynivalenol. *Toxins (Basel)*. 2011. Vol. 3, Iss. 11. P. 1453–1483. doi: 10.3390/toxins3111453
14. Cowger C., Arellano C., Marshall D., Fitzgerald J. Managing Fusarium head blight in winter barley with cultivar resistance and fungicide. *Plant Dis.* 2019. doi: 10.1094/PDIS-09-18-1582-RE [Epub ahead of print]
15. Šíp V., Chrpová J., Veškrna O., Bobková L. The impact of cultivar resistance and fungicide treatment on mycotoxin content in grain and yield losses caused by Fusarium Head Blight in wheat. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2010. Vol. 46, Iss. 1. P. 21–26. doi: 10.17221/93/2009-CJGPB
16. Wegulo S. N., Bockus W. W., William W. et al. Effects of integrating cultivar resistance and fungicide application on Fusarium Head Blight and deoxynivalenol in winter wheat. *Plant Dis.* 2011. Vol. 95, Iss. 5. P. 554–560. doi: 10.1094/PDIS-07-10-0495
17. Castro A. C., Fleitas M. C., Schierenbeck M. et al. Evaluation of different fungicides and nitrogen rates on grain yield and bread-making quality in wheat affected by *Septoria tritici* blotch and yellow spot. *J. Cer. Sci.* 2018. Vol. 83. P. 49–57. doi: 10.1016/j.jcs.2018.07.014
18. Acs K., Lehoczki-Krsjak S., Varga M. et al. Reduction of deoxynivalenol (DON) contamination by improved fungicide use in wheat. Part 3. Reduction of Fusarium head blight and influence on quality traits in cultivars with different resistance levels. *Eur. J. Plant Pathol.* 2018. Vol. 151, Iss. 1. P. 21–38. doi: 10.1007/s10658-017-1348-9
19. Caldwell C. D., MacDonald D., Jiang Y. et al. Effect of fungicide combinations for Fusarium head blight control on disease incidence, grain yield, and quality of winter wheat, spring wheat, and barley. *Can. J. Plant Sci.* 2017. Vol. 97, Iss. 6. P. 1036–1045. doi: 10.1139/cjps-2017-0001
20. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб / за ред. С. О. Трибеля. Київ : Колоб'іг, 2010. 392 с.
21. Методики випробування і застосування пестицидів / за ред. С. О. Трибеля. Київ : Світ, 2001. 448 с.

### References

1. Borzykh, O. I. (2014). To improvement of the phytosanitary status of fields. *Zahist i karantin roslin* [Plant Protection and Quarantine], 60, 3–5. [in Ukrainian]
2. Retman, S. V., & Dovhan, S. V. (2010). Phytosanitary condition of cereals. *Karantin i zahist roslin* [Quarantine and Plant Protection], 3, 2–5. [in Ukrainian]
3. Shpaar, D. (2012). *Zernovye kul'tury: vyrashchivanie, uborka, khranenie i ispol'zovanie* [Grain crops: cultivation, harvesting, storage and use]. (3<sup>rd</sup> ed., rev.). Kyiv: Zerno. [in Russian]

4. Figueroa, M., Hammond-Kosack, K. E., & Solomon, P. S. (2018). A review of wheat diseases – a field perspective. *Mol. Plant Patol.*, 19(6), 1523–1536. doi: 10.1111/mpp.12618
5. Horiainova, V. V. (2014). Monitoring of spring wheat diseases. *Visnik Harkivs'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Seriâ Entomologîâ ta fitopatologîâ* [The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series: Phytopathology and Entomology], 1–2, 54–57. [in Ukrainian]
6. Petrenkova, V. P., Luchna, I. S., & Borovska, I. Yu. (2016). Dependence of the phytosanitary condition of winter wheat crops on weather conditions. *Visnik Centru naukovo zabezpetčennâ APV Harkivs'koi oblasti* [Bulletin of the Center for Science Provision of Agribusiness in the Kharkiv region], 20, 60–68. [in Ukrainian]
7. Vasylenko, L. (2017). The essence and importance of plant protection products for the effective management of agriculture. *Ekonomichnyi dyskurs* [The Economic Discourse], 2, 69–75. [in Ukrainian]
8. Lopez, J. A., Rojas, K., & Swart, J. (2015). The economics of foliar fungicide applications in winter wheat in Northeast Texas. *Crop Prot.*, 67, 35–42. doi: 10.1016/j.cropro.2014.09.007
9. Wiersma, J. J., & Motteberg, C. D. (2005). Evaluation of five fungicide application timings for control of leaf-spot diseases and Fusarium head blight in hard red spring wheat. *Can. J. Plant Pathol.*, 27(1), 25–37. doi: 10.1080/07060660509507190
10. Latif, M., Hassan, T., Shad, G. M., Gulzar, Sh., Allah, A., Sajjid, R., ... Ahmad, M. (2018). Comparison of rust infection with area on different varieties of wheat in district Sialkot. *Int. J. Adv. Multidiscip. Res.*, 5(2), 1–6. doi: 10.22192/ijamr.2018.05.02.001
11. Wegulo, S. N., Breathnach, J. A., & Baenziger, P. S. (2009). Effect of growth stage on the relationship between tan spot and spot blotch severity and yield in winter wheat. *Crop Prot.*, 28(8), 696–702. doi: 10.1016/j.cropro.2009.04.003
12. Mesterhazy, A., Bartok, T., & Lamper, C. (2003). Influence of wheat cultivar, species of *Fusarium*, and isolate aggressiveness on the efficacy of fungicides for control of Fusarium head blight. *Plant Dis.*, 87(9), 1107–1115. doi: 10.1094/PDIS.2003.87.9.1107
13. Mesterhazy, A., Toth, B., Varga, M., Bartok, T., Szabo-Hever, A., Farady, L., & Lehoczki-Krsjak, S. (2011). Role of fungicides, application of nozzle types, and the resistance level of wheat varieties in the control of Fusarium head blight and deoxynivalenol. *Toxins* (Basel), 3(11), 1453–1483. doi: 10.3390/toxins3111453
14. Cowger, C., Arellano, C., Marshall, D., & Fitzgerald, J. (2019). Managing Fusarium head blight in winter barley with cultivar resistance and fungicide. *Plant Dis.* doi: 10.1094/PDIS-09-18-1582-RE [Epub ahead of print]
15. Šíp, V., Chrprová, J., Veškrna, O., & Bobková, L. (2010). The impact of cultivar resistance and fungicide treatment on mycotoxin content in grain and yield losses caused by Fusarium Head Blight in wheat. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 46(1), 21–26. doi: 10.17221/93/2009-CJGPB
16. Wegulo, S. N., Bockus, W. W., William, W., Nopsa, J. H., de Wolf, E. D., Eskridge, K. M., Peiris, K. H. S., & Dowell, F. E. (2011). Effects of integrating cultivar resistance and fungicide application on Fusarium Head Blight and deoxynivalenol in winter wheat. *Plant Dis.*, 95(5), 554–560. doi: 10.1094/PDIS-07-10-0495
17. Castro, A. C., Fleitas, M. C., Schierenbeck, M., Gerard, G. S., & Simon, M. R. (2018). Evaluation of different fungicides and nitrogen rates on grain yield and bread-making quality in wheat affected by Septoria tritici blotch and yellow spot. *J. Cer. Sci.*, 83, 49–57. doi: 10.1016/j.jcs.2018.07.014
18. Acs, K., Lehoczki-Krsjak, S., Varga, M., Kotai, C., Acs, E., Salgo, A., & Mesterhazy, A. (2018). Reduction of deoxynivalenol (DON) contamination by improved fungicide use in wheat. Part 3. Reduction of Fusarium head blight and influence on quality traits in cultivars with different resistance levels. *Eur. J. Plant Pathol.*, 151(1), 21–38. doi: 10.1007/s10658-017-1348-9
19. Caldwell, C. D., MacDonald, D., Jiang, Y., Cheema, M. A., & Li, J. (2017). Effect of fungicide combinations for Fusarium head blight control on disease incidence, grain yield, and quality of winter wheat, spring wheat, and barley. *Can. J. Plant Sci.*, 97(6), 1036–1045. doi: 10.1139/cjps-2017-0001
20. Trybel, S. O. (Ed.). (2010). *Metodolohiia otsiniuvannia stiikosti sortiv pshenytsi proty shkidnykiv i zbudnykiv khvorob* [Methodology of assessing wheat varieties resistance to pests and pathogens]. Kyiv: Kolobih. [in Ukrainian]
21. Trybel, S. O. (Ed.). (2001). *Metodyky vyprovuvannia i zastosuvannia pestytsydiv* [Methods of testing and pesticide application]. Kyiv: Svit. [in Ukrainian]

УДК 633.11: 632.952

**Заима А. А.\* , Дергачев А. Л.** Урожайность и качество зерна пшеницы мягкой озимой при разных вариантах обработки посевов фунгицидами // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 2. С. 135–142. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173559>

*Мироновский институт пшеницы имени В. Н. Ремесло НААН Украины, ул. Центральная, 68, с. Центральное, Мироновский р-н, Киевская обл., 08853, Украина, \*e-mail: mwheats@ukr.net*

**Цель.** Определить варианты эффективной фунгицидной защиты сортов пшеницы мягкой озимой от болезней, обеспечивающие наибольший уровень урожайности и качества зерна. **Методы.** В полевых условиях высевали четыре сорта пшеницы озимой с разной устойчивостью к болезням: 'Берегиня миронівська', 'Господиня миронівська', 'Горлиця миронівська' и 'Подольнка' (оригинатор – Мироновский институт пшеницы им. В. Н. Ремесло НААН Украины). В фазе трубкования культуры посева обрабатывали фунгицидами Аканто Плюс 28, Талиус 20, Фалькон 460 ЕС, в фазе колошения – Амистар Трио 255 ЕС, Тилт Турбо 575 ЕС, Варенон 520. **Результаты.** В период молочной спелости техническая эффективность применения фунгицидов против мучнистой росы была на уровне 72–100%, септориоза листьев – 58–76, бурой ржавчины – 100%. Наиболее эффективным вариантом фунгицидной защиты является внесение Аканто

Плюс 28 в фазе выхода в трубку + Амистар Трио 255 ЕС в фазе колошения. При таких условиях сорт 'Подольнка' сформировал максимальную урожайность зерна – 5,56 т/га, сохраненный урожай составил 0,75 т/га. Большой прирост урожайности (0,82–0,86 т/га) обеспечил сорт 'Горлиця миронівська'. Применение фунгицидов Аканто Плюс 28 и Амистар Трио 255 ЕС также способствовало формированию наилучшего качества зерна исследуемых сортов пшеницы озимой. **Выводы.** Сорта 'Берегиня миронівська' и 'Подольнка' формировали наибольшую урожайность зерна при обработке посевов фунгицидом Аканто Плюс 28 в фазе выхода в трубку и Амистар Трио 255 ЕС в фазе колошения, 'Господиня миронівська' – Фалькон 460 ЕС + Варенон 520, сорт 'Горлиця миронівська' – Талиус 20 + Тилт Турбо 575 ЕС соответственно. Сорт 'Берегиня миронівська' обеспечивает лучшие показатели качества зерна при применении фунгицидов Фалькон

460 EC в фазе трубкования и Варен 520 в фазе колошения, другие сорта – Аканто Плюс 28 и Амистар Трио 255 EC соответственно.

UDC 633.11: 632.952

**Zaima, O. A.\***, & **Derhachov, O. L.** (2019). Yield and quality of soft winter wheat grain under different types of crops treating with fungicides. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 135–142. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173559>

*The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat, NAAS of Ukraine, 68 Tsentralna St., Tsentralne, Myronivka district, Kyiv region, 08853, Ukraine, \*e-mail: mwheats@ukr.net*

**Purpose.** Determine the best options for effective fungicidal protection of soft winter wheat varieties against diseases that will ensure a high yield and grain quality. **Methods.** Four winter wheat varieties with different disease resistance were sown in the field: 'Berehynia myronivska', 'Hospodynina myronivska', 'Horlytsia myronivska' and 'Podolianka' (originator – The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat NAAS of Ukraine). In the shooting phase, the crops were treated with fungicides Acanto Plus 28, Talius 20, Falcon 460 EC, and in the heading phase – Amistar Trio 255 EC, Tilt Turbo 575 EC, Vareon 520. **Results.** During the period of milky stage, the technical effectiveness of the use of fungicides against powdery mildew was at the level of 72–100%, septoria leaf spot – 58–76, brown rust – 100%. The most effective option for fungicidal protection is the application of Acanto Plus 28 in the shooting phase + Amistar Trio 255 EC in the heading phase. Under such conditions, 'Podolianka' variety formed the maximum grain yield – 5.56 t/ha, the preserved

**Ключевые слова:** пшеница озимая; сорт; болезни; эффективность фунгицидов; урожайность; показатели качества зерна.

yield was 0.75 t/ha. Greater yield increase (0.82–0.86 t/ha) was provided by 'Horlytsia myronivska' variety. The use of Acanto Plus 28 and Amistar Trio 255 EC fungicides also contributed to the formation of the best grain quality of the studied winter wheat varieties. **Conclusions.** The varieties 'Berehynia myronivska' and 'Podolianka' formed the highest grain yield during the processing of crops with the fungicide Acanto Plus 28 in the shooting phase and Amistar Trio 255 EC in the heading phase, 'Hospodynina myronivska' – Falcon 460 EC + Vareon 520, variety 'Horlytsia myronivska' Talius 20 + Tilt Turbo 575 EC, respectively. The variety 'Berehynia myronivska' provides the best indicators of grain quality when using the fungicide Falcon 460 EC in the shooting phase and Vareon 520 in the heading phase, other varieties – Acanto Plus 28 + Amistar Trio 255 EC, respectively.

**Keywords:** winter wheat variety; disease development; the effectiveness of fungicides; level of productivity; quality indicators.

*Надійшла / Received 09.04.2019  
Погоджено до друку / Accepted 14.06.2019*

# Біометричні показники сортів сої залежно від застосування добрива, регуляторів росту та вологоутримувача

С. В. Григоренко

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e-mail: [suzanagrigorenko@gmail.com](mailto:suzanagrigorenko@gmail.com)

**Мета.** Установити особливості росту й розвитку рослин сортів сої залежно від застосування органічного добрива, регуляторів росту рослин та вологоутримувача в умовах Лісостепу України та визначити їх біометричні показники. **Методи.** Досліджували сорти сої 'Устя', 'Кано' та 'Геба'. За місяць до сівби сої в ґрунт вносили вологоутримувач – гідрогель Аквасорб (Aquasorb) у нормі 300 кг/га стрічками завширшки 10 см у зону майбутнього рядка. Органічне добриво Паросток (марка 20) застосовували двічі: перше підживлення у фазі 3–5 листків та друге – 9–11 листків сої. Регулятори росту Вермистим Д і Агростимулін вносили у фазі бутонізації культури. **Результати.** Виявлено позитивний вплив застосування регуляторів росту на загальну висоту рослин сої. Зокрема, за використання Вермистиму Д у сорту 'Устя' їх висота збільшувалася на 0,7–3,0 см, Агростимуліну – на 0,2–3,7 см. Водночас використання регуляторів росту сприяло деякому збільшенню кількості квіток на одній рослині: сорт 'Устя' – на 0,1–1,0 шт., 'Кано' – на 0,0–1,0, 'Геба' – на 0,0–0,8 шт. За використання регулятора росту Вермистим Д кількість бобів на рослинах сорту 'Устя' зростала на 0,4–1,0 шт., за внесення Агростимуліну – на 0,3–2,2 шт., у сорту 'Кано' – на 0,0–1,1 та 0,3–1,4 шт., у сорту 'Геба' – на 0,3–1,1 та 0,6–1,9 шт. відповідно. У комплексі з іншими чинниками застосування регуляторів росту було ефективнішим. **Висновки.** У середньому за роки досліджень у сорту 'Устя' максимальна кількість зерен формувалася за умови підживлення рослин добривом Паросток та застосування регуляторів росту Вермистим Д (36,2 шт.) та Агростимулін (35,5 шт.). Застосування добрива Паросток сприяло збільшенню висоти прикріплення нижнього бобу в сорту 'Устя' на 0,6–2,4 см, у 'Кано' та 'Геба' – на 1,0–2,4 та 0,4–1,7 см відповідно. У разі ж використання регуляторів росту значних змін цього показника не зафіксовано. Максимальні параметри маси 1000 насінин для сортів 'Устя' та 'Кано' отримано у варіанті комбінованого застосування гідрогелю Аквасорб, органічного добрива Паросток та регулятора росту Агростимулін – 160,3 і 166,8 г відповідно, у сорту 'Геба' – за використання регулятора росту Вермистим Д – 193,7 г.

**Ключові слова:** соя; органічні добрива; регулятори росту рослин; вологоутримувач; погодні умови вегетаційного періоду; вологозабезпеченість.

## Вступ

В умовах сучасного виробництва зернобобові культури привертають до себе увагу як джерело екологічно безпечного та відносно дешевого рослинного білка, збалансованого за амінокислотним складом [1]. Порівняно зі злаковими культурами зернобобові містять у насінні в 1,5–3 рази більше білкових речовин та забезпечують високий вихід перетравного протеїну [2].

В Україні до найпоширеніших зернобобових належить соя, яка має важливе значення як промислова культура. Однак, значне зростання площ вирощування та недотримання базових агротехнічних вимог призводить до отримання досить незначної її продуктивності [3].

Однією з основних умов підвищення ефективності виробництва і збільшення валових

зборів сої є розроблення та впровадження в сільськогосподарську практику новітніх прийомів підвищення її продуктивності, що є важливою та актуальною проблемою [4].

Біометричні параметри рослин є одним із головних критеріїв, що формують кінцеву продуктивність посівів сої. А тому під час дослідження ефективності елементів технології вирощування особливу увагу слід приділяти аналізу процесів росту й розвитку її посівів [5–7].

Оптимізація доступу рослин до чинників довкілля та елементів технології вирощування можлива за умови ефективного застосування гідрогелю Aquasorb у комплексі з добривом Паросток (марка 20) та регуляторами росту. А знання особливостей зміни біометричних параметрів рослин якраз і важливі в контексті розуміння впливу факторів досліду.

**Мета досліджень** – установити особливості росту й розвитку рослин сортів сої залежно від застосування органічного добрива, регуляторів росту рослин та вологоутримувача в умовах Лісостепу України та визначити їх біометричні показники.

*Siuzanna Hryhorenko*  
<https://orcid.org/0000-0002-7617-7641>

## Матеріали та методика досліджень

Експериментальні дослідження виконували впродовж 2016–2018 рр. у ТОВ «Науково-дослідний інститут сої» (Полтавська обл., м. Глобіно).

Об'єктом дослідження були сорти сої – ‘Устя’, ‘Кано’ та ‘Теба’ вітчизняної селекції. Повну схему чотирифакторного польового експерименту докладно наведено в таблиці 1.

Площа посівної ділянки становила 54 м<sup>2</sup>, облікової – 35 м<sup>2</sup>; повторність – триразова. Висівали сою із шириною міжрядь 45 см нормою 700 тис./га схожих насінин.

Посіви органічним добривом Паросток (марка 20) обробляли двічі: перше підживлення – у фазі 3–5, друге – 9–11 листків культури, а регуляторами росту Вермістим Д та Агростимулін – у фазі бутонізації рослин сої. Препарати застосовували в рекомендованих виробниками нормах витрати.

Вологоутримувач (гідрогель) Аквасорб (Aquasorb) у нормі 300 кг/га вносили в ґрунт за місяць до сівби сої стрічками завширшки 10 см у зону майбутнього рядка. Рядки внесення вологоутримувача позначали маркерними кілочками для подальшого точного висівання насіння сої.

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий потужний, слабкосолонцюватий, малогумусний. За гранулометричним складом – середньосуглинковий, грубопилуватий. Потужність гумусного шару змінюється від 35 до 45 см. Уміст гумусу в орному шарі ґрунту становить 3,7–4,3%, нітратного азоту – 17,4–19,2 мг/кг; амонійного – 59,4–63,6; лужногідролізованого азоту – 105–110; рухомих сполук фосфору – 22,4–25,2; обмінного калію – 128,7–136,6 мг/кг повітряно-сухого ґрунту. Реакція ґрунтового розчину орного шару слабколужна, близька до нейтральної (рН<sub>вод.</sub> 7,3–7,6). Ємність поглинання обмінних катіонів – 26–31 мг-екв на 100 г ґрунту. Уміст рухомих сполук мікроелементів у ґрунті становить: бору – 0,37–0,43; марганцю – 38,35–42,91; міді – 1,23–1,34; цинку – 0,40–0,47; молібдену – 0,13–0,17; кобальту – 1,25–1,37 мг на 1 кг повітряно-сухого ґрунту.

Погодні умови у 2016 р. відрізнялися від середньобагаторічних значень. За вегетаційний період випало 326 мм опадів за норми 412 мм. А от умови 2017 р. були менш сприятливими для росту й розвитку сої, особливо на початку її вегетації. Нестача опадів у березні–квітні та високі середньодобові температури повітря зумовили зменшення доступних запасів ґрунтової вологи, а з червня по липень опадів випадало на 40–42 мм менше

норми. У 2017 р. опадів випало вдвічі менше середньобагаторічної норми – лише 202 мм. Однак, вегетаційний період цього року був цікавим з погляду вивчення ефективності застосування вологоутримувача.

Аналізуючи погодні умови 2018 р., варто зазначити, що загалом вони були сприятливими для росту й розвитку рослин сої та успішного формування ними високого рівня продуктивності. Зокрема, перед сівбою сої в ґрунті були достатні запаси продуктивної вологи, які поповнювались за рахунок опадів. Значних періодів посухи та впливу надмірних температур у критичні фази росту й розвитку не спостерігалось. Рослини успішно сформували вегетативну, а далі й генеративну систему та забезпечили отримання високого рівня продуктивності.

У процесі виконання досліджень застосовували загальноприйняті методики [8]. Урожайність визначали методом суцільного комбайнування кожної облікової ділянки (комбайн Sampro 500).

Статистичний аналіз експериментальних даних виконували за допомогою пакета прикладних програм Statistica 6.0 [9].

## Результати досліджень

Результати експериментів, проведених упродовж 2016–2018 рр., дали змогу узагальнити дані щодо елементів структури рослин різних сортів сої та встановити закономірності формування врожаю зерна залежно від впливу досліджуваних чинників – утримувача вологи (гідрогелю), органічного добрива та регуляторів росту.

Одним з важливих чинників формування посіву, який визначає його повітряний та світловий режим, є висота рослин. Адже, як доведено в працях низки дослідників [5–7], від висоти рослин значною мірою залежить урожайність сої.

У середньому по досліді висота рослин сої становила 87,5 см, зокрема в сорту ‘Устя’ – 79,6 см, ‘Кано’ – 92,1, ‘Теба’ – 90,6 см (табл. 1). Варто зазначити, що найліпші умови для отримання найбільш високорослих рослин склалися лише у 2018 р.

Загалом усі досліджувані чинники впливали на зміну висоти рослин сої, однак значного їх переростання та пов'язаних із цим негативних наслідків упродовж років досліджень не спостерігали.

У разі використання гідрогелю Аквасорб середня висота рослин сорту ‘Устя’ збільшилася на 6,9 см порівняно з варіантами без нього, тоді як у сортів ‘Кано’ і ‘Теба’ – лише на 0,9 та 2,8 см відповідно.



Таблиця 1

**Висота рослин сої залежно від застосування вологоутримувача, органічного добрива та регуляторів росту, см (2016–2018 рр.)**

Сорт	Вологоутримувач (ВУ)	Органічне добриво (ОД)	Регулятор росту (РР)	2016	2017	2018
'Устя' – St	Без ВУ	Без ОД	Без РР	72,9	58,1	87,4
			Вермистим Д	73,5	58,9	88,3
			Агростимулін	72,8	58,1	87,2
		Паросток (марка 20)*	Без РР	78,2	62,5	93,9
	Вермистим Д		81,3	64,9	97,3	
	Агростимулін		78,5	62,7	94,1	
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	77,8	62,3	93,4
			Вермистим Д	79,6	63,6	95,6
Агростимулін			81,2	64,8	97,4	
Паросток (марка 20)*		Без РР	86,5	69,0	103,5	
'Кано'	Без ВУ	Без ОД	Без РР	90,6	72,4	108,8
			Вермистим Д	92,1	73,7	110,5
			Агростимулін	92,2	73,8	110,6
		Паросток (марка 20)*	Без РР	90,9	72,8	109,3
	Вермистим Д		92,0	73,7	110,6	
	Агростимулін		92,0	73,5	110,5	
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	91,7	73,3	109,9
			Вермистим Д	92,2	73,8	110,6
Агростимулін			91,9	73,7	110,4	
Паросток (марка 20)*		Без РР	93,2	74,6	111,6	
'Геба'	Без ВУ	Без ОД	Без РР	87,2	69,9	104,7
			Вермистим Д	87,1	69,7	104,5
			Агростимулін	89,3	71,5	107,1
		Паросток (марка 20)*	Без РР	90,6	72,2	108,5
	Вермистим Д		90,5	72,5	108,6	
	Агростимулін		90,8	72,5	108,8	
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	91,1	72,8	109,4
			Вермистим Д	91,3	72,9	109,3
Агростимулін			92,1	73,6	110,5	
Паросток (марка 20)*		Без РР	92,1	73,7	110,5	
			Вермистим Д	92,5	73,9	111,1
			Агростимулін	93,2	74,4	111,7
НІР <sub>0,05</sub>				2,3	2,5	3,1

\*Позакоренеve підживлення рослин у фазі 3–5 листків та повторно у фазі 9–11 листків.

Застосування в підживлення добрива Паросток (марка 20) як окремо, так і з регуляторами росту, сприяло істотнішим приростам висоти рослин. Зокрема, у сорту 'Устя' підживлення добривом сприяло збільшенню висоти рослин на 6,2 см та на 7,1 см – на фоні застосування гідрогелю Аквасорб, порівняно з контрольними варіантами. У сортів 'Кано' та 'Геба' ці параметри зростали відповідно на 0,1–1,3 та 2,7–1,1 см. Аналогічно в посівах сорту 'Кано' висота рослин збільшувалася на 0,1–1,5 та 0,2–1,6 см, а в сорту 'Геба' – 0,1–1,0 та 0,2–2,0 см.

Такі незначні відмінності в збільшенні висоти рослин за внесення регуляторів росту можна пояснити адитивною дією чинників, адже в разі взаємодії інших факторів досліду важко виокремити винятково їхній вплив.

Застосування регуляторів росту сприяло загальному підвищенню висоти рослин. Зокрема, за оброблення посівів сорту 'Устя' препаратом Вермистим Д висота їх збільшувалась на 0,7–3,0 см, Агростимуліном – на 0,2–3,7 см.

Не менш важливою ознакою рослин сої є кількість суцвіть на рослині. Вона є полігенною, тож ступінь її розвитку може змінюватися залежно від умов вирощування в досить широких межах (табл. 2).

У середньому за варіантами досліду на рослинах сої утворювалося 33,7 шт. квіток. При цьому найбільша їх кількість формувалася в сорту 'Кано' – 34,1 шт., у сортів 'Геба' та 'Устя' – по 33,5 шт.

Якщо аналізувати кількість квіток, що утворилася на рослинах сої за роками дослі-

**Кількість суцвіть на рослині залежно від застосування вологоутримувача, органічного добрива та регуляторів росту, шт. (2016–2018 рр.)**

Сорт	Вологоутримувач (ВУ)	Органічне добриво (ОД)	Регулятор росту (РР)	2016	2017	2018
'Устя' – St	Без ВУ	Без ОД	Без РР	31,7	25,6	38,6
			Вермистим Д	33,3	26,2	39,4
			Агростимулін	33,0	26,4	39,5
		Паросток (марка 20)*	Без РР	33,7	27,4	40,9
	Аквасорб	Без ОД	Вермистим Д	34,8	27,8	42,0
			Агростимулін	36,0	28,9	43,0
			Без РР	32,0	25,6	38,3
		Паросток (марка 20)*	Вермистим Д	30,7	24,9	37,2
'Кано'	Без ВУ	Без ОД	Агростимулін	31,9	25,9	38,2
			Без РР	34,7	28,0	42,2
			Вермистим Д	35,3	27,8	41,9
		Паросток (марка 20)*	Агростимулін	33,7	27,5	40,8
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	36,8	29,5	44,7
			Вермистим Д	38,2	30,4	45,5
			Агростимулін	38,0	30,0	45,4
		Паросток (марка 20)*	Без РР	34,9	27,9	41,9
'Геба'	Без ВУ	Без ОД	Вермистим Д	33,8	27,1	40,6
			Агростимулін	35,0	27,9	41,8
			Без РР	31,1	24,8	37,4
		Паросток (марка 20)*	Вермистим Д	29,9	23,6	36,1
	Аквасорб	Без ОД	Агростимулін	31,0	24,5	37,0
			Без РР	32,9	26,4	39,7
			Вермистим Д	34,1	26,8	40,7
		Паросток (марка 20)*	Агростимулін	33,8	27,2	40,7
НІР <sub>0,05</sub>	Без ВУ	Без ОД	Без РР	32,1	25,6	38,7
			Вермистим Д	33,1	26,0	39,7
			Агростимулін	33,0	26,5	39,2
		Паросток (марка 20)*	Без РР	33,7	27,2	41,0
	Аквасорб	Без ОД	Вермистим Д	35,3	27,8	41,8
			Агростимулін	36,0	28,8	43,1
			Без РР	31,7	25,8	38,5
		Паросток (марка 20)*	Вермистим Д	30,8	24,6	37,2
НІР <sub>0,05</sub>	Без ОД	Агростимулін	32,0	25,7	38,3	
		Без РР	35,0	28,0	41,9	
		Вермистим Д	34,7	28,1	42,0	
	Паросток (марка 20)*	Агростимулін	33,8	27,5	40,6	

\*Позакореневе підживлення рослин у фазі 3–5 листків та повторно у фазі 9–11 листків.

джен, то максимальні значення показника були у 2018 р. – 40,4 шт., у 2016-му – 33,7 шт. У 2017 р. умови для росту й розвитку культури були несприятливими, а тому й кількість квіток була мінімальною в досліді – 26,9 шт.

Застосування окремо гідрогелю Аквасорб достовірно не впливало на збільшення кількості квіток на рослинах сої, хоча й було хорошим базисом для отримання високих значень за умови використання інших чинників досліді. А от підживлення рослин добривом Паросток як окремо, так і комбіновано з регуляторами росту, сприяло підвищенню цього показника.

Установлено, що у варіантах застосування гідрогелю Аквасорб за підживлення добривом Паросток у сорту 'Устя' квіток на рослині формувалося на 3,0 шт. більше порівня-

но з аналогічними варіантами без добрива, але розміщеними на фоні гідрогелю. Те саме стосується й сортів 'Кано' та 'Геба'.

За умови оброблення посівів регуляторами росту не тільки поліпшувався їх загальний стан, а це сприяло й підвищенню кількості квіток із розрахунку на одну рослину. Зокрема, у варіанті з Вермистим Д на рослинах сорту 'Устя' кількість квіток відповідно збільшувалася на 0,1–1,0 шт., а за внесення Агростимуліну – на 0,0–2,0 шт.; у сорту 'Кано' – на 0,0–1,0 та 0,0–0,9 шт., у сорту 'Геба' – на 0,0–0,8 та 0,0–2,0 шт. відповідно. Суттєво зростала ефективність впливу регуляторів росту в разі їх комбінованого застосування з іншими чинниками досліді.

З отриманих квіток у процесі онтогенезу зав'язуються та формуються боби, а тому ро-

Таблиця 3

**Кількість бобів на рослині залежно від застосування вологоутримувача, органічного добрива та регуляторів росту, шт. (2016–2018 рр.)**

Сорт	Вологоутримувач (ВУ)	Органічне добриво (ОД)	Регулятор росту (РР)	2016	2017	2018
'Устя' – St	Без ВУ	Без ОД	Без РР	22,2	17,9	27,0
			Вермистим Д	23,6	18,6	28,0
			Агростимулін	23,8	19,0	28,5
		Паросток (марка 20)*	Без РР	24,6	20,0	29,9
	Вермистим Д		25,7	20,6	31,1	
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	24,0	19,2	28,7
			Вермистим Д	23,4	18,9	28,2
			Агростимулін	24,2	19,7	29,1
Паросток (марка 20)*		Без РР	24,3	19,6	29,5	
			Вермистим Д	25,0	19,8	29,8
			Агростимулін	24,3	19,8	29,3
'Кано'	Без ВУ	Без ОД	Без РР	26,9	21,5	32,6
			Вермистим Д	28,3	22,5	33,6
			Агростимулін	28,5	22,5	34,0
		Паросток (марка 20)*	Без РР	26,2	21,0	31,4
	Вермистим Д		25,7	20,6	30,8	
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	21,7	17,4	26,2
			Вермистим Д	21,2	16,8	25,6
			Агростимулін	22,3	17,6	26,6
Паросток (марка 20)*		Без РР	24,0	19,3	29,0	
			Вермистим Д	25,2	19,9	30,1
			Агростимулін	25,4	20,4	30,6
'Геба'	Без ВУ	Без ОД	Без РР	23,4	18,7	28,2
			Вермистим Д	24,5	19,2	29,4
			Агростимулін	24,7	19,9	29,4
		Паросток (марка 20)*	Без РР	25,3	20,4	30,7
	Вермистим Д		26,8	21,1	31,8	
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	27,4	21,9	32,8
			Вермистим Д	22,2	18,1	26,9
			Агростимулін	21,9	17,5	26,4
Паросток (марка 20)*		Без РР	23,1	18,5	27,5	
			Без РР	25,5	20,5	30,6
			Вермистим Д	25,7	20,8	31,1
			Агростимулін	25,4	20,6	30,5
НІР <sub>0,05</sub>				0,7	0,8	0,6

\*Позакореневе підживлення рослин у фазі 3–5 листків та повторно у фазі 9–11 листків.

зуміння особливостей зміни цієї ознаки теж важливе для встановлення закономірностей росту й розвитку рослин сої. У середньому за варіантами дослідів на рослинах утворювалося 24,7 шт. бобів. Найбільше їх формувалося в сорту 'Кано' – 25,1 шт., дещо менше в сортів 'Геба' та 'Устя' – 24,7 і 24,5 шт. на рослину відповідно (табл. 3).

За аналогією з кількістю квіток, максимальні показники кількості бобів на одній рослині сої зафіксовано у 2018 р. – 29,7 шт., у 2016-му – 24,7 шт. Умови 2017 р. були найменш сприятливими для формування цієї ознаки, тож і значення її мінімальні – 19,8 шт.

Застосування окремо гідрогелю Аквасорб достовірно не впливало на цей показник, хоча й було базисом для отримання високих його значень за використання інших чинни-

ків дослідів, як-от органічне добриво і регулятори росту чи їх поєднання.

Визначено, що на варіантах застосування гідрогелю в сорту 'Устя' бобів формувалося на 2,7 шт., а за підживлення добривом Паросток на 0,7 шт. більше, як порівняти з аналогічними варіантами без добрива, але розміщеними на фоні гідрогелю. Те саме стосується й сортів 'Кано' та 'Геба'.

Застосування регуляторів росту рослин сприяло підвищенню відсотка зав'язування квіток із розрахунку на одну рослину. Зокрема, за використання Вермистим Д на рослинах сорту 'Устя' кількість бобів зростала на 0,4–1,0 шт., за внесення Агростимуліну – на 0,3–2,2 шт., у сорту 'Кано' – на 0,0–1,1 та 0,3–1,4 шт., у сорту 'Геба' – на 0,3–1,1 та 0,6–1,9 шт. відповідно. У комплексі з інши-

ми чинниками ефективність впливу регуляторів росту була вищою.

У середньому за варіантами дослідів на рослинах сої було сформовано 36,4 шт. на-

сінин. Максимальна їх кількість спостерігалася в сорту 'Кано' – 50,1 шт., істотно менше в сортів 'Геба' – 25,1 та 'Устя' – 33,9 шт. (табл. 4)

Таблиця 4

**Загальна кількість насінин на рослині залежно від застосування вологоутримувача, органічного добрива та регуляторів росту, шт. (2016–2018 рр.)**

Сорт	Вологоутримувач (ВУ)	Органічне добриво (ОД)	Регулятор росту (РР)	2016	2017	2018	
'Устя' – St	Без ВУ	Без ОД	Без РР	35,6	27,1	32,5	
			Вермистим Д	36,8	27,8	33,0	
			Агростимулін	36,5	27,5	33,2	
		Паросток (марка 20)*	Без РР	41,8	30,4	35,4	
	Аквасорб	Без ОД	Вермистим Д	41,5	31,2	35,9	
			Агростимулін	40,4	30,2	35,8	
			Без РР	37,5	27,6	33,4	
		Паросток (марка 20)*	Вермистим Д	39,0	28,6	32,3	
'Кано'	Без ВУ	Без ОД	Агростимулін	38,9	28,4	32,6	
			Без РР	41,3	30,4	33,6	
			Вермистим Д	38,2	31,0	32,9	
		Паросток (марка 20)*	Агростимулін	38,8	31,0	34,1	
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	55,0	40,9	49,9	
			Вермистим Д	55,5	41,2	50,4	
			Агростимулін	55,5	41,1	51,0	
		Паросток (марка 20)*	Без РР	60,4	44,9	52,8	
'Геба'	Без ВУ	Без ОД	Вермистим Д	58,7	43,9	53,9	
			Агростимулін	59,8	44,2	52,7	
			Без РР	56,1	41,0	49,2	
		Паросток (марка 20)*	Вермистим Д	57,0	41,4	49,0	
	Аквасорб	Без ОД	Агростимулін	56,7	41,3	49,1	
			Без РР	54,5	42,6	49,4	
			Вермистим Д	59,8	43,7	51,5	
		Паросток (марка 20)*	Агростимулін	57,8	42,4	50,3	
'Устя' – St	Без ВУ	Без ОД	Без РР	21,2	15,8	18,6	
			Вермистим Д	22,2	16,9	19,4	
			Агростимулін	22,3	16,6	19,5	
		Паросток (марка 20)*	Без РР	25,5	19,1	21,9	
	Аквасорб	Без ОД	Вермистим Д	35,8	26,5	29,9	
			Агростимулін	36,1	26,8	30,2	
			Без РР	27,1	22,5	23,4	
		Паросток (марка 20)*	Вермистим Д	27,9	23,4	24,1	
НІР <sub>0,05</sub>	Без ВУ	Без ОД	Агростимулін	27,8	23,1	24,2	
			Без РР	29,7	25,3	25,6	
			Вермистим Д	32,8	24,9	27,4	
		Паросток (марка 20)*	Агростимулін	34,4	25,8	29,4	
					1,2	1,2	1,3

\*Позакореневе підживлення рослин у фазі 3–5 листків та повторно у фазі 9–11 листків.

У сорту 'Устя' максимальна кількість насінин на одну рослину формувалася за умови підживлення добривом Паросток та застосування регуляторів росту Вермистим Д та Агростимулін – 36,2 та 35,5 шт. відповідно. Аналогічні варіанти з внесенням гідрогелю Аквасорб мали дещо менші значення, але статистично не відрізнялися від кращих показників.

За позакореневого підживлення добривом Паросток у сорту 'Устя' було отримано в середньому на 1,4–3,6 шт. насінин більше порівняно з контрольними варіантами, у сор-

тів 'Кано' і 'Геба' – на 1,3–3,4 та 3,5–8,8 шт. відповідно.

Регулятори росту рослин позитивно впливали на кількість насінин із розрахунку на одну рослину. За використання Вермистим Д на рослинах сорту 'Устя' кількість насінин відповідно збільшувалася на 0,5–0,8 шт., Агростимуліну – на 0,5–0,7 шт., у сорту 'Кано' – на 0,4–2,8 та 0,3–1,3 шт., у сорту 'Геба' – 0,8–8,6 та 0,7–8,9 шт. відповідно.

Висота прикріплення нижнього бобу є важливою технологічною ознакою, оскільки саме від неї залежить рівень утрат урожаю

під час збирання культури. Загалом ця ознака контролюється генетично і під час реєстрації нових сортів сої селекціонери обов'язково вказують її параметри. Однак, висоту розміщення нижнього бобу відносно легко змінити внаслідок застосування певних агротехнічних прийомів або ж через несприятливі чинники довкілля.

У середньому по досліді рослини сої мали висоту прикріплення нижнього бобу на рівні 14,3 см від поверхні ґрунту, що цілком достатньо для механізованого збирання культури без втрат урожаю. Найвище боби розташовувалися від поверхні ґрунту в сорту 'ґеба' – 15,3 см, у сортів 'Устя' та 'Кано' – 14,1 і 13,5 см відповідно (табл. 5).

Таблиця 5

**Висота прикріплення нижнього бобу залежно від застосування вологоутримувача, органічного добрива та регуляторів росту, см (2016–2018 рр.)**

Сорт	Вологоутримувач (ВУ)	Органічне добриво (ОД)	Регулятор росту (РР)	2016	2017	2018
'Устя' – St	Без ВУ	Без ОД	Без РР	11,0	9,5	10,1
			Вермистим Д	13,3	11,4	12,0
			Агростимулін	13,1	11,4	11,9
		Паросток (марка 20)*	Без РР	14,2	12,3	13,0
	Вермистим Д		15,5	13,1	14,2	
	Агростимулін		15,3	13,3	14,2	
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	16,8	14,2	15,1
			Вермистим Д	16,3	14,4	14,7
Агростимулін			16,6	14,4	15,1	
Паросток (марка 20)*		Без РР	16,4	14,2	14,9	
	Вермистим Д	17,6	15,0	16,0		
	Агростимулін	17,5	14,9	16,0		
'Кано'	Без ВУ	Без ОД	Без РР	13,1	11,3	11,9
			Вермистим Д	13,1	11,3	12,0
			Агростимулін	13,2	11,4	11,9
		Паросток (марка 20)*	Без РР	14,2	12,3	12,9
	Вермистим Д		14,2	12,4	12,9	
	Агростимулін		14,3	12,3	12,9	
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	13,3	11,3	12,1
			Вермистим Д	14,0	12,3	13,2
Агростимулін			15,5	13,3	14,1	
Паросток (марка 20)*		Без РР	16,5	14,3	15,3	
	Вермистим Д	16,6	14,3	15,2		
	Агростимулін	17,5	15,2	16,0		
'ґеба'	Без ВУ	Без ОД	Без РР	14,3	12,4	12,9
			Вермистим Д	14,5	12,2	13,1
			Агростимулін	15,3	13,3	14,1
		Паросток (марка 20)*	Без РР	16,5	14,3	15,1
	Вермистим Д		16,7	14,2	15,0	
	Агростимулін		16,3	14,2	14,9	
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	16,4	14,2	15,0
			Вермистим Д	17,7	14,9	16,2
Агростимулін			17,5	15,2	16,2	
Паросток (марка 20)*		Без РР	18,0	15,1	16,1	
	Вермистим Д	17,4	15,3	15,7		
	Агростимулін	17,7	15,3	16,1		
НІР <sub>0,05</sub>				0,5	0,6	0,5

\*Позакоренеve підживлення рослин у фазі 3–5 листків та повторно у фазі 9–11 листків.

У разі застосування гідрогелю Аквасорб середня висота прикріплення нижнього бобу в сорту 'Устя' збільшилася на 2,9 см порівняно з варіантами без нього. Деяко меншим приріст цього показника був у сортів 'Кано' та 'ґеба' – 1,8 і 1,7 см відповідно.

Застосування добрива Паросток також сприяло збільшенню висоти прикріплення нижнього бобу в рослин сої. Зокрема, у сор-

ту 'Устя' вона зростала на 0,6–2,4 см, а в сортів 'Кано' та 'ґеба' – на 1,0–2,4 та 0,4–1,7 см відповідно. Водночас, використання регуляторів росту не мало значного впливу на формування цього показника: різниця між варіантами здебільшого була в межах помилки дослід, тож її не можна визначити як закономірність загального характеру. Останнє пояснюється доволі незначним впли-

вом досліджуваних регуляторів росту й на загальну висоту рослин сої.

Параметри індивідуальної продуктивності рослин формуються як інтегральний показник кількості бобів і насіння, а також маси насіння з розрахунку на одну рослину. Визначення індивідуальної продуктивності рослин можна розцінювати як окрему озна-

ку, що не враховує густоту посівів, проте дає змогу опосередковано оцінити індивідуальний розвиток рослин сої.

У середньому за варіантами дослідів на одній рослині сої формувалося 6,1 г насіння. Максимальний показник відзначено в сорту 'Кано' – 8,3 г/рослину, значно меншим він був у сортів 'Устя' та 'Геба' – 5,4 і 4,8 г/рослину (табл. 6).

Таблиця 6

**Маса насіння з однієї рослини залежно від застосування вологоутримувача, органічного добрива та регуляторів росту, г (2016–2018 рр.)**

Сорт	Вологоутримувач (ВУ)	Органічне добриво (ОД)	Регулятор росту (РР)	2016	2017	2018
'Устя' – St	Без ВУ	Без ОД	Без РР	5,48	3,31	5,95
			Вермистим Д	5,65	3,41	6,11
			Агростимулін	5,69	3,42	6,15
		Паросток (марка 20)*	Без РР	6,53	3,78	6,62
			Вермистим Д	6,51	3,90	6,71
			Агростимулін	6,36	3,81	6,74
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	5,88	3,45	6,20
			Вермистим Д	6,09	3,60	6,09
			Агростимулін	6,11	3,58	6,12
		Паросток (марка 20)*	Без РР	6,50	3,84	6,33
			Вермистим Д	6,10	3,97	6,30
			Агростимулін	6,23	3,97	6,56
'Кано'	Без ВУ	Без ОД	Без РР	8,79	5,22	9,58
			Вермистим Д	8,94	5,31	9,79
			Агростимулін	8,96	5,32	9,91
		Паросток (марка 20)*	Без РР	9,88	5,85	10,31
			Вермистим Д	9,62	5,70	10,57
			Агростимулін	9,83	5,81	10,39
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	9,12	5,30	9,56
			Вермистим Д	9,32	5,40	9,67
			Агростимулін	9,31	5,44	9,70
		Паросток (марка 20)*	Без РР	9,03	5,64	9,85
			Вермистим Д	9,94	5,78	10,25
			Агростимулін	9,71	5,63	10,03
'Геба'	Без ВУ	Без ОД	Без РР	3,97	2,37	4,18
			Вермистим Д	4,15	2,51	4,36
			Агростимулін	4,17	2,50	4,39
		Паросток (марка 20)*	Без РР	4,80	2,86	4,92
			Вермистим Д	6,68	3,95	6,74
			Агростимулін	6,80	4,05	6,76
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	5,16	3,41	5,32
			Вермистим Д	5,39	3,59	5,54
			Агростимулін	5,38	3,57	5,58
		Паросток (марка 20)*	Без РР	5,75	3,90	5,86
			Вермистим Д	6,33	3,88	6,37
			Агростимулін	6,66	3,99	6,82
НІР <sub>0,05</sub>				0,21	0,23	0,30

\*Позакореневе підживлення рослин у фазі 3–5 листків та повторно у фазі 9–11 листків.

Значний вплив на формування індивідуальної продуктивності рослин мало комбіноване застосування органічного добрива Паросток з регуляторами росту. Зокрема, за таких умов у сорту 'Устя' в середньому за роки досліджень було отримано 5,6–5,7 г насіння на одну рослину. У посівах сорту 'Кано' застосування регулятора росту Вермистим Д на фоні внесення добрива Паросток сприяло

утворенню 8,6 г, а на фоні гідрогелю Аквасорб – 8,7 г насіння на одну рослину. За використання регулятора росту Агростимулін формувалося 8,7 та 8,5 г насіння на одну рослину відповідно.

Дослідження, проведені на рослинах сорту 'Геба', підтверджують отримані на двох інших сортах закономірності. Формування високого рівня продуктивності рослин було

можливим за комбінованого застосування добрива Паросток і регуляторів росту.

Одним з важливих показників, що характеризують якість зерна сої, є маса 1000 насінин. Адже крупніше насіння не тільки дає змогу отримати високоякісну продукцію, а й забезпечити кращі показники схожості й енергії проростання в разі використання його як насінневого матеріалу.

Однак деякі дослідники [2, 3, 6] стверджують, що маса 1000 насінин у сої залежить передусім від сортових особливостей, а не агрозаходів її вирощування.

Визначення параметрів маси 1000 насінин у досліджуваних сортів сої підтверджує дослідження інших вчених щодо сортоспецифічності цього показника (табл. 7). Зокрема, у сорту 'Устя', у середньому за варіантами

досліді, цей показник становив 156,5 г, у сорту 'Кано' – 163,5 г, а от максимальні параметри ознаки були властиві сорту 'Геба' – 189,8 г. Однак, зважаючи на приналежність досліджуваних сортів до однієї групи стиглості, значних відмінностей за масою 1000 насінин бути не могло. Максимальне відхилення показника між досліджуваними сортами в 33 г пояснюються власне трохи іншою структурою рослин у формуванні основних елементів продуктивності, а не ліпшим накопиченням запасних поживних речовин і, відповідно, вищою ефективністю фотосинтезу.

У сорту 'Устя' на чистому контролі маса 1000 насінин становила 153,0 г, тоді як за використання добрива Паросток – 156,0 г. Застосування на цьому фоні регуляторів росту сприяло зростанню показника до

Таблиця 7

**Маса 1000 насінин залежно від застосування вологоутримувача, органічного добрива та регуляторів росту, г (2016–2018 рр.)**

Сорт	Вологоутримувач (ВУ)	Органічне добриво (ОД)	Регулятор росту (РР)	2016	2017	2018
'Устя' – St	Без ВУ	Без ОД	Без РР	153,8	122,0	183,2
			Вермистим Д	153,4	122,8	185,3
			Агростимулін	155,6	124,7	185,0
		Паросток (марка 20)*	Без РР	156,3	124,5	187,0
	Вермистим Д		156,9	125,0	186,9	
	Агростимулін		157,7	125,9	188,1	
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	156,8	125,1	185,8
			Вермистим Д	156,1	126,1	188,3
Агростимулін			157,2	125,7	187,9	
Паросток (марка 20)*		Без РР	157,3	126,2	188,4	
	Вермистим Д	159,5	128,1	191,7		
	Агростимулін	160,6	128,0	192,4		
'Кано'	Без ВУ	Без ОД	Без РР	160,0	127,6	192,0
			Вермистим Д	161,0	129,0	194,2
			Агростимулін	161,4	129,5	194,4
		Паросток (марка 20)*	Без РР	163,7	130,2	195,3
	Вермистим Д		163,8	130,0	195,9	
	Агростимулін		164,4	131,4	197,1	
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	162,4	129,3	194,4
			Вермистим Д	163,6	130,6	197,3
Агростимулін			164,1	131,8	197,7	
Паросток (марка 20)*		Без РР	165,6	132,4	199,1	
	Вермистим Д	166,0	132,2	199,0		
	Агростимулін	168,1	133,0	199,5		
'Геба'	Без ВУ	Без ОД	Без РР	187,5	150,1	225,0
			Вермистим Д	187,1	149,0	224,4
			Агростимулін	186,8	150,3	224,8
		Паросток (марка 20)*	Без РР	188,3	149,4	224,4
	Вермистим Д		186,3	149,1	225,0	
	Агростимулін		188,5	151,0	224,0	
	Аквасорб	Без ОД	Без РР	190,3	151,6	227,6
			Вермистим Д	192,9	153,6	229,7
Агростимулін			193,2	154,3	230,5	
Паросток (марка 20)*		Без РР	193,3	154,2	229,0	
	Вермистим Д	192,8	155,7	232,5		
	Агростимулін	193,7	155,0	231,6		
НІР <sub>0,05</sub>				7,4	6,8	7,2

\*Позакоренеve підживлення рослин у фазі 3–5 листків та повторно у фазі 9–11 листків.

156,2–157,2 г. Поєднання всіх досліджуваних агротехнічних чинників досліду сприяло подальшому зростанню показника маси 1000 насінин сої.

Максимальні параметри маси 1000 насінин для сорту 'Устя' спостерігалися на варіанті комбінованого застосування гідрогелю Аквасорб, органічного добрива Паросток та регулятора росту Агростимулін – 160,3 г.

У сорту 'Кано' на чистому контролі маса 1000 насінин була 159,8 г, за внесення добрива Паросток – 161,3 г, а регулятори росту на цьому ж фоні сприяли зростанню показника до 163,2–164,3 г.

За аналогією з попереднім сортом максимальні показники маси 1000 насінин для сорту 'Кано' отримано у варіанті внесення гідрогелю Аквасорб, добрива Паросток та регулятора росту Агростимулін – 166,8 г.

У рослин сорту 'Теба' на чистому контролі маса 1000 насінин була 187,5 г. За позакореневого підживлення посівів добривом Паросток різниці з попереднім варіантом не було – 187,4 г. Внесення на цьому фоні регуляторів росту також не забезпечувало істотного зростання показника – 186,8–187,8 г.

Найбільшу масу 1000 насінин для сорту 'Теба' отримано у варіанті застосування гідрогелю Аквасорб з подальшим застосуванням по вегетації культури органічного добрива Паросток та регулятора росту Вермистим Д – 193,7 г.

Якщо аналізувати зміну маси 1000 насінини в розрізі років проведення досліджень, то максимальні параметри в усіх досліджуваних сортів були сформовані у 2018 р., як найоптимальнішому для росту й розвитку рослин сої. А от у 2017 р. значення цього показника були мінімальними, що підтверджується й даними аналізу умов вирощування сої та аналізом вологозабезпечення посівів упродовж років досліджень.

## Висновки

Висота рослин сої є сортоспецифічним показником. У середньому по досліду вона становила в сорту 'Устя' – 79,6 см, 'Кано' – 92,1, 'Теба' – 90,6 см. Застосування регуляторів росту сприяло загальному підвищенню висоти рослин. Зокрема, за оброблення посівів сорту 'Устя' препаратом Вермистим Д висота їх збільшувалася на 0,7–3,0 см, Агростимуліном – на 0,2–3,7 см. Такі незначні відмінності в збільшенні висоти рослин за внесення регуляторів росту можна пояснити адитивною дією чинників, адже в разі взаємодії інших факторів досліду важко виокремити винятково їхній вплив.

Використання регуляторів росту сприяло неістотному збільшенню кількості квіток з розрахунку на одну рослину. Зокрема, у варіанті з Вермистим Д на рослинах сорту 'Устя' кількість квіток збільшувалася на 0,1–1,0 шт., а за внесення Агростимуліну – на 0,0–2,0 шт.; у сорту 'Кано' – на 0,0–1,0 та 0,0–0,9 шт., у сорту 'Теба' – на 0,0–0,8 та 0,0–2,0 шт. відповідно. У варіантах застосування гідрогелю Аквасорб за підживлення добривом Паросток у сорту 'Устя' квіток на рослині формувалося на 3,0 шт. більше порівняно з аналогічними варіантами без добрива, але розміщеними на фоні гідрогелю. Те саме стосується й сортів 'Кано' та 'Теба'.

Застосування регуляторів росту рослин сприяло підвищенню відсотка зав'язування квіток із розрахунку на одну рослину. Зокрема, за використання Вермистим Д на рослинах сорту 'Устя' кількість бобів збільшувалася на 0,4–1,0 шт., за внесення Агростимуліну – на 0,3–2,2 шт., у сорту 'Кано' – на 0,0–1,1 та 0,3–1,4 шт., у сорту 'Теба' – на 0,3–1,1 та 0,6–1,9 шт. відповідно. У комплексі з іншими чинниками ефективність впливу регуляторів росту була вищою.

У сорту 'Устя' максимальна кількість насінин на одну рослину формувалася за умови підживлення добривом Паросток та застосування регуляторів росту Вермистим Д та Агростимулін – 36,2 та 35,5 шт. відповідно. Аналогічні варіанти з внесенням гідрогелю Аквасорб мали дещо менші значення, але статистично не відрізнялися від кращих показників.

Застосування добрива Паросток сприяло збільшенню висоти прикріплення нижнього бобу в рослин сої. Зокрема, у сорту 'Устя' вона зростала на 0,6–2,4 см, а в сортів 'Кано' та 'Теба' – на 1,0–2,4 та 0,4–1,7 см відповідно. Водночас, використання регуляторів росту не мало значного впливу на формування цього показника: різниця між варіантами здебільшого була в межах помилки досліду, тож її не можна визначити як закономірність загального характеру.

Визначення параметрів маси 1000 насінин у досліджуваних сортів сої підтверджує дослідження інших вчених щодо сортоспецифічних параметрів цього показника. Максимальні параметри маси 1000 насінин для сортів 'Устя' та 'Кано' спостерігалися у варіанті комбінованого застосування гідрогелю Аквасорб, органічного добрива Паросток та регулятора росту Агростимулін – 160,3 та 166,8 г відповідно, а сорту 'Теба' – за внесення гідрогелю, добрива та регулятора росту Вермистим Д – 193,7 г.



## Використана література

1. Мойсієнко В. В., Дідора В. Г. Агроекономічне обґрунтування ролі сої у вирішенні проблеми рослинного білка в Україні. *Вісник ЖНАЕУ*. 2010. № 1. С. 153–166.
2. Петриченко В. Ф., Бабич А. О., Колісник С. І. Шляхи підвищення продуктивності сої в умовах Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2005. Вип. 90. С. 50–58.
3. Дріботько А. В. Формування врожаю зерна сої залежно від прийомів вирощування в умовах Південно-Західного Степу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво» / Ін-т землеробства УААН. Київ, 2002. 20 с.
4. Присяжнюк О. І., Григоренко С. В., Половинчук О. Ю. Особливості реалізації біологічного потенціалу сортів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу України. *Plant Var. Stud. Prot.* 2018. Т. 14, № 2. С. 215–223. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134773
5. Заболотний О. Г. Проблеми підвищення ефективності виробництва сої і технології її переробки. Вінниця : Книга-Вега, 2006. 168 с.
6. Методичні рекомендації технології вирощування сої в умовах Рівненщини. Рівне, 2011. 34 с.
7. Мосьондз Н. П. Формування продуктивності сої залежно від технологічних заходів вирощування в умовах північної частини Лісостепу. *Землеробство*. 2014. Вип. 1–2. С. 74–78.
8. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачик. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2015. 160 с.
9. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.
2. Petrychenko, V. F., Babych, A. O., & Kolisnyk, S. I. (2005). Ways of increasing the productivity of soya in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Selekciâ i nasinnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 90, 50–58. [in Ukrainian]
3. Dribotko, A. V. (2002). *Formuvannia vrozhaiu zerna soi zalezho vid pryiomiv vyroshchuvannia v umovakh Pivdenno-Zakhidnoho Stepu* [Formation of soybean yield as affected by growing methods under the conditions of the South-Western Steppe of Ukraine] (Extended Abstract of Cand. Agric. Sci. Diss.). Institute of Agriculture of UAAS, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
4. Prysiazhniuk, O. I., Hryhorenko, S. V., & Polovynchuk, O. Yu. (2018). Peculiarities of realization of biological potential of soybean varieties depending on technological methods of cultivation in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Var. Stud. Prot.*, 14(2), 215–223. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134773 [in Ukrainian]
5. Zabolotnyi, O. H. (2006). *Problemy pidvyshchennia efektyvnosti vyrobnytstva soi i tekhnologii yïi pererobky* [Problems of increasing the efficiency of soybean production and processing technology]. Vinnytsia: Knyha-Veha. [in Ukrainian]
6. *Metodychni rekomendatsii tekhnologii vyroshchuvannia soi v umovakh Rivnenshchyny* [Methodical recommendations on soybean cultivation technology under the conditions of Rivne region]. (2011). Rivne: N.p. [in Ukrainian]
7. Mosondz, N. P. (2014). Formation of soybean productivity as affected by agronomical practices under the conditions of the northern part of the Forest-Steppe. *Zemlerobstvo* [Agriculture], 1–2, 74–78. [in Ukrainian]
8. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2015). *Metodyka derzhavnoi naukovo-tekhnichnoi ekspertyzy sortiv roslin. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslinnytstva* [Methodology of state scientific and technical examination of plant varieties. Methods of determining the quality indices of crop production]. (4<sup>th</sup> ed., rev.). Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian]
9. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi STATISTICA 6.0* [Statistical analysis of agronomic study data in the Statistica 6.0 software suite]. Kyiv: PolihrafKonsaltnyh. [in Ukrainian]

## References

1. Moisiienko, V. V., & Didora, V. H. (2010). Agroeconomic substantiation of the role of soybean in solving the problem of vegetable protein in Ukraine. *Visnik Zhitomir'skogo nacional'nogo agroekologichnogo universitetu* [Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University], 1, 153–166. [in Ukrainian]

УДК 633.63: 631

**Григоренко С. В.** Биометрические показатели сортов сои в зависимости от применения удобрения, регуляторов роста и влагоудерживателя // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 2. С. 143–154. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173562>

*Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, e-mail: suzanagrigorenko@gmail.com*

**Цель.** Установить особенности роста и развития растенный сортов сои в зависимости от применения органического удобрения, регуляторов роста растений и влагоудерживателя в условиях Лесостепи Украины и определить их биометрические показатели. **Методы.** Исследовали сорта сои 'Устя', 'Кано' и 'Геба'. За месяц до посева культуры в почву вносили влагоудерживатель – гидрогель Аквасорб (Aquasorb) в норме 300 кг/га лентами шириной 10 см в зону будущего рядка. Органическое удобрение Паросток (марка 20) применяли дважды: первая подкормка в фазе 3–5 листьев и вторая – 9–11 листьев сои. Регуляторы роста Вермистим Д и Агростимулин применяли в фазе бутонизации культуры. **Результаты.** Выявлено положительное влияние применения регуляторов роста на общую высоту растений сои. Так, при использовании Вермистима Д у сорта 'Устя' их высота увеличивалась на 0,7–3,0 см, Агростимулин – на 0,2–3,7 см. В то же время, использование регуляторов роста способствовало некоторому увеличению количества цветков на одном растении: сорт 'Устя' – на

0,1–1,0 шт., 'Кано' – на 0,0–1,0, 'Геба' – на 0,0–0,8 шт. При использовании регулятора роста Вермистим Д количество бобов на растениях сорта 'Устя' увеличилось на 0,4–1,0 шт., при внесении Агростимулина – на 0,3–2,2 шт., у 'Кано' – на 0,0–1,1 и 0,3–1,4 шт., у сорта 'Геба' – на 0,3–1,1 и 0,6–1,9 шт. соответственно. В комплексе с другими факторами применение регуляторов роста было более эффективным. **Выводы.** В среднем за годы исследований у сорта 'Устя' максимальное количество зерен формировалась при подкормке растений удобрением Паросток и применении регуляторов роста Вермистим Д (36,2 шт.) и Агростимулин (35,5 шт.). Применение удобрения Паросток способствовало увеличению высоты прикрепления нижнего боба у сорта 'Устя' на 0,6–2,4 см, у 'Кано' и 'Геба' – на 1,0–2,4 и 0,4–1,7 см соответственно. В случае же использования регуляторов роста значительных изменений этого показателя не зафиксировано. Максимальные параметры массы 1000 семян для сортов 'Устя' и 'Кано' получено в варианте комбинированного применения гидрогеля Аквасорб, органического

удобрения Росток и регулятора роста Агростимулин – 160,3 и 166,8 г соответственно, у сорта 'Геба' – при использовании регулятора роста Вермистим Д – 193,7 г.

**Ключевые слова:** соя; органические удобрения; регуляторы роста растений; гидрогель; погодные условия вегетационного периода; влагообеспеченность.

UDC 633.63: 631

**Hryhorenko, S. V.** (2019). Biometric indices of soybean varieties depending on the application of fertilizer, growth regulators and moisture-retaining agent. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 143–154. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173562>

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, e-mail: suzanagrigenko@gmail.com*

**Purpose.** To reveal the peculiarities of growth and development of soybean varieties depending on the application of organic fertilizers, plant growth regulators and moisture-retaining agent in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine and determine their biometric indices. **Methods.** Soybean varieties 'Ustia', 'Kano' and 'Hieba' were included in the study. A month before soybean sowing, moisture-retaining agent (hydrogel Aquasorb) was introduced in the zone of the future row as 10-cm strips at a dose of 300 kg/ha. Organic fertilizer Parostok (grade 20) was applied twice: at the 3–5 leaf stage and at the 9–11 leaf stage. Growth regulators Vermystym D and Agrostymulin were introduced at the budding stage. **Results.** The positive effect of the use of growth regulators on the overall increase in the height of soybean plants was revealed. In particular, when using Vermystym D in 'Ustia' variety, their height increased by 0.7–3.0 cm, Agrostymulin – by 0.2–3.7 cm. At the same time, the use of growth regulators contributed to some increase in the number of flowers per plant: the variety 'Ustia' – by 0.1–1.0 pcs., 'Kano' – by 0.0–1.0 pcs., 'Hieba' – 0.0–0.8 pcs. When using growth regulator Vermystym D, the number of beans on plants of 'Ustia' variety grew by 0.4–1.0 pcs., with the

introduction of Agrostymulin – by 0.3–2.2 pcs., in 'Kano' – by 0.0–1.1 and 0.3–1.4 pcs., for the variety 'Hieba' – by 0.3–1.1 and 0.6–1.9 pcs. respectively. In combination with other factors, the use of growth regulators was effective. **Conclusions.** On average, over the years of research, the maximum number of grains in 'Ustia' variety was formed under the condition of plant nutrition with Parostok fertilizer and the use of growth regulators Vermystym D (36.2 pcs.) and Agrostymulin (35,5 pcs.). The application of Parostok fertilizer contributed to an increase in the height of attachment of the lower bean in 'Ustia' variety by 0.6–2.4 cm, in 'Kano' and 'Hieba' – by 1.0–2.4 and 0.4–1.7 cm respectively. In the case of growth regulators use, no significant changes in this indicator were recorded. The maximum mass parameters of 1000 seeds for the varieties 'Ustia' and 'Kano' were obtained in the combined use of hydrogel Aquasorb, organic fertilizer Parostok and Agrostymulin growth regulator – 160.3 and 166.8 g, respectively, for 'Hieba' variety with using the growth regulator Vermystym D – 193.7 g.

**Keywords:** soybean; organic fertilizers; plant growth regulators; moisture-retaining agent; weather conditions of the vegetation period; water supply.

Надійшла / Received 07.05.2019  
Погоджено до друку / Accepted 18.06.2019

# Порівняльна характеристика шкал росту й розвитку гороху посівного (*Pisum sativum* L.)

С. М. Каленська<sup>1</sup>, О. І. Присяжнюк<sup>2,3\*</sup>, Л. В. Король<sup>3</sup>, О. Ю. Половинчук<sup>2,3</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 України, 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

**Мета.** Порівняти шкали росту й розвитку рослин – уніфіковану розширену шкалу – ВВСН та шкалу Куперман для гороху посівного. **Результати.** Технології вирощування гороху посівного базуються на точному застосуванні агротехнічних операцій по догляду за посівами: захист від бур'янів, шкідників, хвороб, позакореневе підживлення. Сьогодні в Україні адаптація елементів технології вирощування відбувається на основі шкали Куперман, що ускладнює гармонізацію з міжнародним досвідом у сфері вирощування гороху посівного. Порівняння уніфікованої розширеної шкали ВВСН та шкали Куперман для гороху посівного відсутнє, що змушує дослідників або агрономів у своїй роботі використовувати одну із цих шкал, по суті ігноруючи напрацювання технології вирощування, які базуються на іншій шкалі. На основі узагальнення відомих шкал росту й розвитку гороху – ВВСН та Куперман – розроблено порівняльні таблиці та відповідники між фізичним та біологічним часом розвитку рослин. Отримана інформація має важливе значення під час розроблення ефективних технологічних карт вирощування гороху, адже правильне застосування теоретичних знань на практиці дає змогу вчасно та ефективно застосувати відповідні агротехнічні прийоми. У шкалах стандартизовані цифрові позначення використовуються для фази або стадії росту й розвитку, які мають однакове значення, незалежно від року, регіону або сорту гороху. Цифрові позначення мають переваги перед описовими, коли інформація заноситься в комп'ютер. **Висновки.** У вітчизняній практиці прийнято використовувати шкалу, розроблену Ф.М. Куперман, тоді як уніфікована розширена шкала ВВСН набула значного поширення не тільки у Європі а й в усьому світі. Однак визначення етапів органогенезу є занадто складним на практиці та, окрім відповідних навичок, потребує використання наукового обладнання. А от уніфікована розширена шкала ВВСН, незважаючи на деяку ускладненість з погляду виробничника, найліпше підходить для створення цифрової технології вирощування гороху. Дані порівняння шкал росту й розвитку – уніфікованої шкали ВВСН та Куперман – дають змогу використовувати в агрономічній практиці рекомендації щодо технології вирощування гороху посівного незалежно від того, на базі якої шкали вони розроблені.

**Ключові слова:** ріст і розвиток гороху; уніфікована розширена шкала – ВВСН; шкала Куперман.

## Вступ

Горох (*Pisum* L.) має кілька видів, з яких найпоширенішими є поліморфний (збірний) і культурний посівний. Відповідно до класифікації, запропонованої Р. Х. Макашевою (1979), вид *Pisum sativum* L. має два дикі (subsp. *elatius* (Bieb.) Schmalh. та subsp. *syriacum* Berger) і три культивовані підвиди (subsp. *sativum*, subsp. *asiaticum* Govorov та subsp. *transcaucasicum* Govorov) [1, 2].

Горох є однією з найвідоміших та поширених зернобобових культур як у світі, так і в нашій країні. Станом на 1992 р. в Україні він вирощувався на площі 1148 тис. га, а се-

редня врожайність становила 2,42 т/га. У проміжку від 1998 по 2016 рр. усі виробничники «захопилися» вирощуванням сої як економічно вигіднішої культури й забули про горох. У цей час площі культури зменшилися до рівня 200–300 тис. га, а врожайність – до 1,6–2,2 т/га. І лише у 2017 р. відбулося значне зростання зайнятих культурою площ до 410 тис. га, середня врожайність зерна становила 2,76 т/га, у 2018 р. – 426,5 тис. га та 1,89 т/га відповідно [3, 4].

Відповідно за вище згадуваний проміжок часу значно змінилися підходи до вирощування культури та основні елементи її технології. Зокрема, сучасні технології базуються на чіткій ідентифікації стадій і мікростадій індивідуального росту й розвитку рослин [6, 7] та чіткій експлікації до них елементів технології вирощування культури.

Сучасні технології вирощування гороху посівного базуються на точному застосуванні відповідних агротехнічних операцій по догляду за посівами (захист від бур'янів, шкідників, хвороб, позакореневе піджив-

Svitlana Kalenska  
<https://orcid.org/0000-0002-3392-837X>

Oleh Prysiazhniuk  
<http://orcid.org/0000-0002-4639-424X>

Larysa Korol  
<http://orcid.org/0000-0003-1414-0015>

Oleksandr Polovynchuk  
<http://orcid.org/0000-0002-7830-7534>

лення та ін.) у певні мікростадії відповідно до шкали ВВСН, тоді як основні вітчизняні дослідження стосовно зернобобових культур базуються на шкалі Куперман. Останнє вкрай ускладнює гармонізацію з міжнародним досвідом у сфері вирощування гороху посівного [14–17].

Сьогодні відсутнє порівняння уніфікованої розширеної шкали ВВСН та шкали Куперман для гороху посівного, що змушує дослідників або агрономів у своїй роботі використовувати одну із цих шкал, по суті ігноруючи напрацювання технології вирощування, які базуються на іншій шкалі [18–21].

З огляду на вищесказане, знання біологічних особливостей стадій розвитку гороху відіграє вирішальне значення в забезпеченні високого рівня його продуктивності. Адже реакція рослин на добрива, регулятори росту й засоби захисту та власне їх ефективність, залежить від стадії розвитку [8].

*Мета досліджень* – порівняти шкали росту й розвитку рослин – уніфіковану розширену шкалу – ВВСН та шкалу Куперман для гороху посівного.

### Результати досліджень

Зернобобові культури, зокрема й горох посівний, у процесі онтогенезу проходять низку етапів органогенезу (формування зачатків органів та розподіл їх у процесі розвитку морфологічних і функціональних відмінностей у ході індивідуального розвитку). У світовій практиці визначення фаз росту й розвитку зернових культур проводиться за шкалами, запропонованими вченими та практиками, які певним чином співвідносяться між собою [9–12].

Важливою ланкою онтогенезу рослини є *органогенез* – процес утворення й розвитку нових органів. Шкала – *система Куперман і Семенова* базується на понятті етапів органогенезу, які не мають власних назв, а різняться за номерами. Життєвий цикл вищих рослин складається з окремих взаємопов'язаних періодів, які характеризуються якісними змінами у складних внутрішніх процесах обміну речовин і зумовлюють відповідну диференціацію тканин та утворення нових органів або перехід їх у новий якісний стан. Ці періоди називають *етапами органогенезу*. За Ф. М. Куперман [5], в онтогенезі рослин виділяють 12 етапів органогенезу. Кожен із них відбувається в тісному поєднанні з ростом рослин, який є зовнішнім виявом внутрішніх клітинних перетворень (табл. 1).

Стандартизовані цифрові позначення використовуються для кожної фази або стадії росту й розвитку та мають переваги перед описовими, коли інформація заноситься в комп'ютер. Для цього була розроблена *уніфікована розширена шкала – код ВВСН* [9, 10].

Фенологічні стадії росту та етапи органогенезу й елементи продуктивності гороху посівного наведено в таблиці 1.

Окремо варто наголосити щодо особливостей проходження фаз вегетації культури. Зокрема, на відміну від вітчизняних та закордонних шкал, що деталізовано класифікують фенологічні стадії росту та етапи органогенезу, у зернових бобових культур фіксують такі фенофази: проростання, сход, стеблуння, гілкування, бутонізація, цвітіння, формування та досягання плодів і насіння.

За аналогією з вітчизняною класифікацією фаз вегетації культури, у закордонній практиці застосовується дещо відмітна шкала етапів росту гороху посівного (табл. 2).

По суті, ця шкала сформована на основі уніфікованої розширеної шкали ВВСН, тоді як її вітчизняний аналог базується на візуальному вияві етапів росту гороху відповідно до шкали, розробленої Ф. М. Куперман.

Однак, як вітчизняні, так і закордонні дослідники одностайні в думці, що в процесі свого росту й розвитку рослини гороху проходять через вегетативні та репродуктивні стадії росту й досягають фізіологічної стиглості.

### Висновки

Роботи вітчизняних і закордонних дослідників порівнювані в плані процесів органогенезу в рослин, зокрема диференціації генеративних органів. А тому своєчасна й точна ідентифікація стадії розвитку рослин гороху посівного має надзвичайно важливе теоретичне та практичне значення. Адже визначення відповідності між фізичним і біологічним часом розвитку рослин є визначальним для розроблення стратегії управління продуктивністю гороху посівного та створення ефективних технологічних карт його вирощування.

У вітчизняній практиці прийнято використовувати шкалу, розроблену Ф. М. Куперман, тоді як уніфікована розширена шкала ВВСН набула значного поширення не тільки у Європі а й в усьому світі. Проте, незважаючи на точність опису етапів органогенезу

Таблиця 1

## Фенологічні стадії росту та етапи органогенезу й елементи продуктивності гороху посівного

Фенологічні стадії росту	Міжнародна шкала ВВСН	номер етапу	Етапи органогенезу за Кулерман		Елементи продуктивності рослин, які можна змінити	Якими агротехнічними заходами можна підвищити продуктивність рослин
			формування органів на ембріональному рівні	формування конуса наростання і зародкових бруньок, переважно завдяки поживним речовинам сім'ядоль		
<b>Макростадія 0: Проростання насіння</b>	00–09	I			Польова схожість, сімбу слід проводити з урахуванням лабораторної схожості	Попередник, підготовка ґрунту, тип висівного апарату, спосіб сівки, глибина сівки, норма висіву, удобрення та ін.
Суша насінина	00					
Початок набубнявіння насіння	01					
Кінець набубнявіння насіння	03					
Поява зародкового корінця	05					
Пагін пробив насінневу оболонку	07					
Гіпокотиль вийшов на поверхню ґрунту.	08					
Сім'ядолі ще під землею						
Сходи: гіпокотиль і сім'ядолі вийшли поверхню ґрунту	09	II		Утворення листків, вузлів і міжвузлових стебел, закладаються бокові бруньки в пазухах листків	Розвиток кореневої системи, одночасність сходів та створення умов для рівномірного росту	Високоякісний передпосівний обробіток ґрунту, заготарання насіння на одну глибину
<b>Макростадія 1: Розвиток листків</b>	10–19	III		Закладаються меристемні горбики		Попередник, строки сівки, норма висіву, достатні запаси елементів живлення у ґрунті
Видно два лускоподібні прикореневі листки	10					
Перший справжній листок із прилистками і вусик (або перший вусик) розгорнувся	11					
Другий справжній листок із прилистками і вусик (або другий вусик) розгорнувся	12					
Третій справжній листок із прилистками і вусик (або третій вусик) розгорнувся	13					
Стадії тривають до...	1...	IV		Формування генеративної частини рослини. Диференціація суцвіття		
Дев'ять і більше справжніх листків і вусиків розгорнулися	19					
<b>Макростадія 2: –</b>	20–29	V		Квіткові горбики перетворюються у квіткі	Кількість квіток	За потреби слід застосовувати гербіциди та фунгіциди
<b>Макростадія 3: Ріст у довжину</b>	30–39					
Початок росту в довжину	30					
Видно 1-ше розтягнуте міжвузля	31					
Видно 2-ге розтягнуте міжвузля	32	VI		Мікро- та мегаспорогенез	Фертильність квіток	Високий рівень забезпечення елементами живлення
Видно 3-тє розтягнуте міжвузля	33					
Стадії тривають до...	3...	VII		Формування чоловічих і жіночих		
Видно 9 і більше розтягнутих міжвузлів	39					
<b>Макростадія 4: –</b>	40–49	–	–	–	–	–
<b>Макростадія 5: Розвиток та формування квіток на головному пагоні</b>	51–59	VIII		Видима бутонізація	Фертильність квіток	Своєчасне підживлення забезпечує формування виповненого насіння
Перші бруньки квіток помітні	51					
Перші квіткі помітні (закриті)	55					
Перші пелюстки помітні; квіткі ще закриті	59					

Продовження таблиці 1

Фенологічні стадії росту	Міжнародна шкала ВВСН	Етапи органогенезу за Куперман		Елементи продуктивності рослини, які можна змінити	Якими агротехнічними заходами можна підвищити продуктивність рослин
		номер етапу	формування органів на ембріональному рівні		
<b>Макростадія 6: Цвітіння</b>	61–69	IX	Цвітіння, запилення і запліднення	Припинається наростання вегетативної маси, рослина переходить від вегетативного до репродуктивного розвитку	Дотримання всіх вимог технології. Добрий фітосанітарний стан посівів. Оптимальна площа листкової поверхні
Перші квітки відкриті	60				
Початок цвітіння: 10% квіток відкриті	61				
20% квіток відкриті	62				
30% квіток відкриті	63				
40% квіток відкриті	64				
Повне цвітіння: 50% квіток відкриті	65				
Цвітіння завершується	67				
Кінець цвітіння	69	X	Ріст бобу, формування зародків насіння		Потужний індивідуальний розвиток
	70				
<b>Макростадія 7: Розвиток плодів</b>	71–79	XI	Інтенсивний перехід продуктів асиміляції в сім'ядолі. Нагромадження поживних речовин у насінні	Маса 1000 зерен. Натура зерна	Продовження періоду активної діяльності фотосинтетичного апарату завдяки інтенсивній технології
10% бобів досягнули видо- або сортотипової довжини; уміст насінин затверділий, у разі сплюсчування видавлюється сік	71				
20% бобів досягнули видо- або сортотипової довжини; уміст насінин затверділий, у разі сплюсчування ще видавлюється сік	72				
30% бобів досягнули видо- або сортотипової довжини; уміст насінин затверділий, у разі сплюсчування ще видавлюється сік	73				
40% бобів досягнули видо- або сортотипової довжини; уміст насінин затверділий, у разі сплюсчування ще видавлюється сік	74				
50% бобів досягнули видо- або сортотипової довжини; уміст насінин затверділий, у разі сплюсчування ще видавлюється сік	75				
60% бобів досягнули видо- або сортотипової довжини; уміст насінин затверділий, у разі сплюсчування ще видавлюється сік	76				
70% бобів досягнули видо- або сортотипової довжини; уміст насінин затверділий, у разі сплюсчування ще видавлюється сік	77				
Боби досягнули видо- або сортотипового розміру (зелена стилістія); насіння повністю розвинуте	79				

Продовження таблиці 1

Фенологічні стадії росту	Міжнародна шкала ВВСН	Етапи органогенезу за Кулерман		Елементи продуктивності рослин, які можна змінити	Якими агротехнічними заходами можна підвищити продуктивність рослин
		номер етапу	формування органів на ембріональному рівні		
<b>Макростадія 8: Достигання бобів і насіння</b>	81–89		Достигання насіння	Маса насінини	Інтенсивна технологія забезпечує високу врожайність та якість зерна
10% насінин видо- або сортотипово забарвлені, сухі й тверді	81				
20% насінин видо- або сортотипово забарвлені, сухі й тверді	82				
30% насінин видо- або сортотипово забарвлені, сухі й тверді	83				
40% насінин видо- або сортотипово забарвлені, сухі й тверді	84				
50% насінин видо- або сортотипово забарвлені, сухі й тверді	85	XII			
60% насінин видо- або сортотипово забарвлені, сухі й тверді	86				
70% насінин видо- або сортотипово забарвлені, сухі й тверді	87				
80% насінин видо- або сортотипово забарвлені, сухі й тверді	88				
Повна стиглість: усі боби на рослині сухі й тверді. Насіння сухе й тверде (суха стиглість)	89				
<b>Макростадія 9: Повна стиглість. Відмирання</b>	91–99		Перетворення пластичних речовин у запасні	Маса насінини. Схожість насіння	–
Рослина відмерла	97	XII			
Продукти збирання (зерно)	99				

Етапи росту гороху посівного [13]

Етап розвитку	Стадія росту	Опис
Сходи	VE	Сходи з'являються на поверхні ґрунту
	VS	Два лускоподібні прикореневі листки видно
Вегетативні стадії росту	V1	Перший справжній листок із прилистками і вусик (або перший вусик) розгорнулися на головному стеблі
	V2	Другий справжній листок із прилистками і вусик (або другий вусик) розгорнулися на головному стеблі
	V3	Третій справжній листок із прилистками і вусик (або третій вусик) розгорнулися на головному стеблі
	Vn	n та більше справжніх листків і вусиків розгорнулися на головному стеблі
Генеративні стадії росту	R1	Квітковий бутон наявний в одному або декількох вузлах
	R2	Перша відкрита квітка на одному або декількох вузлах
	R3	Перший плоский біб наявний на одному або декількох вузлах
	R4	Зелене насіння заповнює порожнину бобу на одному або декількох вузлах
	R5	Листя починає жовтіти, а нижні боби стають жовтими до золотисто-коричневого відтінку
	R6	Жовте або сухе насіння заповнює порожнину бобу на одному або декількох вузлах
	R7	Більшість бобів рослини мають жовтий, до золотисто-коричневого колір
Фізіологічна стиглість	R7	Листя починає жовтіти та 50% бобів жовті
	R8	90% бобів на рослині золотисто-коричневі

або макростадій, обидві шкали мають низку недоліків.

Зокрема, відповідно до шкали Ф. М. Куперман у гороху можна ідентифікувати 12 етапів органогенезу. Однак визначення етапів органогенезу є занадто складним на практиці та, окрім відповідних навичок, потребує використання наукового обладнання.

Уніфікована розширена шкала ВВСН занадто ускладнена з погляду виробничника і часто-густо макростадії проходять занадто швидко, для того щоб можна було їх чітко ідентифікувати. Синхронність настання деяких макростадій ще більше заплутує виробничників у разі нерівномірного росту й розвитку рослин, спричиненого порушенням агротехнічних операцій. Однак ця шкала найліпше підходить для створення цифрової технології вирощування гороху.

Наведене порівняння шкал росту й розвитку – уніфікованої розширеної шкали ВВСН та шкали Куперман для гороху посівного дасть змогу використовувати рекомендації щодо технології його вирощування незалежно від того, на основі якої шкали вони розроблені.

### Використана література

- Dyachenko E. A., Ryzhova N. N., Kochieva E. Z., Vishnyakova M. A. Molecular genetic diversity of the pea (*Pisum sativum* L.) from the Vavilov Research Institute collection by the AFLP analysis. *Russ. J. Genet.* 2017. Vol. 50, Iss. 9. P. 916–924. doi: 10.7868/S0026898415040023
- Schaefer H., Hechenleitner P., Santos-Guerra A. et al. Systematics, biogeography, and character evolution of the legume tribe Fabaeae with special focus on the middle-Atlantic island lineages. *BMC Evol. Biol.* 2012. Vol. 12, Iss. 1. 250. doi: 10.1186/1471-2148-12-250
- Присяжнюк О. І., Король Л. В., Половинчук О. Ю. Урожайність та якість зерна гороху залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу України. *Plant Var. Stud. Prot.* 2018. Т. 14, № 1. С. 116–123. doi: 10.21498/2518-1017.14.1.2018.126520

- Площі, валові збори та врожайність сільськогосподарських культур за їх видами та по регіонах (у 2017 та 2018 рр.). URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2017/sg/pvzu/arch\\_pvXu.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2017/sg/pvzu/arch_pvXu.htm)
- Куперман Ф. М. Морфология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Высшая школа, 1984. 240 с.
- Herbek J., Lee C. Growth and Development. *A Comprehensive Guide to Wheat Management in Kentucky* / J. Herbek, C. Lee (Eds.). Lexington, KY: University of Kentucky, College of Agriculture, 2009. P. 7–12.
- Lancashire P. D., Bleiholder H., Langelüddecke P. et al. An uniformdecimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. Appl. Biol.* 1991. Vol. 119, Iss. 3. P. 561–601. doi: 10.1111/j.1744-7348.1991.tb04895.x
- Landes A., Porter J. R. Comparison of scales used for categorising the development of wheat, barley, rye and oats. *Ann. Appl. Biol.* 1989. Vol. 115, Iss. 2. P. 343–360. doi: 10.1111/j.1744-7348.1989.tb03393.x
- BBCH-Monograph. Growth stages of plants / Entwicklungsstadien von Pflanzen / Estadios de las plantas / Stades de développement des plantes / U. Meier (Ed.). Berlin, Wien: Blackwell, Wissenschafts-Verlag, 1997. 622 p.
- Stauss R. Compendium of growth stage identification keys for mono- and dicotyledonous plants: extended BBCH scale. Basel: Ciba-Geigy AG, 1994. 94 p.
- Wise K., Johnson B., Mansfield C., Krupke C. Managing Wheat by Growth Stage. *Purdue Extension Bulletin ID-422*. West Lafayette, IN: Purdue University, 2011. URL: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ID/ID-422.pdf>
- Miller T. D. Growth Stages of Wheat: Identification and Understanding Improve Crop Management. *Texas A&M AgriLife Extension SCS199916*. URL: <https://agrilife.cdn.tamu.edu/coastalbend/files/2017/06/growth-stages-of-wheat.pdf>
- Ersikine W., Rihawi S., Capper B. S. Variation in lentil straw quality. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1990. Vol. 28, Iss. 1–2. P. 61–69. doi: 10.1016/0377-8401(90)90068-J
- Гордієнко М. І., Якимчук Ю. М. Сільське господарство України: аналіз сучасного стану та перспективи розвитку. *Наук. вісник Херсон. держ. ун-ту. Сер.: Екон. науки*. 2014. Вип. 9, Ч. 1. С. 90–94.



15. Марков І. Защищаемо боби. *Агробізнес Сьогодні*. 2014. № 10. С. 38–39.
16. Січкач В. І. Зернобобові культури в Україні: що вирощувати? *Агробізнес Сьогодні*. 2016. № 21. С. 26–30.
17. Чорна Н. П. Продовольча безпека України як імператив самозабезпечуючого розвитку. *Агросвіт*. 2015. № 15. С. 9–14.
18. Гамаюнова В. В., Туз М. С. Вплив абсорбенту та обробки насіння і рослин упродовж вегетації рістрегулюючими препаратами на врожайність гороху. *Вісн. Житомир. нац. агро-екол. ун-ту*. 2015. № 2, Т. 1. С. 182–189.
19. Ільєнко О. В. Оптимізація вирощування гороху вусатого. *Агроном*. 2015. № 1. С. 106–111.
20. Мурач О. М., Волкогон В. В. Формування симбіотичного апарату гороху за впливу бактеріальних препаратів, мікроелементів і стимулятора росту. *Агрокол. журнал*. 2014. № 4. С. 55–59.
21. Оксьом В. П., Вакулєнко В. В. Повернути горох у сівозмину. *Насінництво*. 2016. № 1/3. С. 15–16.
8. Landes, A., & Porter, J. R. (1989). Comparison of scales used for categorising the development of wheat, barley, rye and oats. *Ann. Appl. Biol.*, 115(2), 343–360. doi: 10.1111/j.1744-7348.1989.tb03393.x
9. Meier, U. (Ed.). (1997). *BBCH-Monograph. Growth stages of plants / Entwicklungsstadien von Pflanzen / Estadios de las plantas / Stades de développement des plantes*. Berlin, Wien: Blackwell, Wissenschafts-Verlag.
10. Stauss, R. (1994). *Compendium of growth stage identification keys for mono- and dicotyledonous plants: extended BBCH scale*. Basel: Ciba-Geigy AG.
11. Wise, K., Johnson, B., Mansfield, C., & Krupke, C. (2011). Managing Wheat by Growth Stage. *Purdue Extension Bulletin ID-422*. West Lafayette, IN : Purdue University. Retrieved from <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ID/ID-422.pdf>
12. Miller, T. D. (1999). Growth Stages of Wheat: Identification and Understanding Improve Crop Management. *Texas A&M Agrilife Extension SCS199916*. Retrieved from <https://agrifecdn.tamu.edu/coastalbend/files/2017/06/growth-stages-of-wheat.pdf>
13. Erskine, W., Rihawi, S., & Capper, B. S. (1990). Variation in lentil straw quality. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 28(1–2), 61–69. doi: 10.1016/0377-8401(90)90068-J
14. Hordiienko, M. I., & Yakymchuk, Yu. M. (2014). Agriculture of Ukraine: analysis of the current state and prospects of development. *Naukovyj Visnyk Hersonskogo derzhavnogo universitetu. Seriya Ekonomichni nauki* [Scientific Journal of Kherson State University. Series: Economic Sciences], 9(1), 90–94. [in Ukrainian]
15. Markov, I. (2014). Protecting beans. *Ahrobiznes Sohodni* [Agribusiness Today], 10, 38–39. [in Ukrainian]
16. Sichkar, V. I. (2016). Leguminous Cultures in Ukraine: What to Grow? *Ahrobiznes Sohodni* [Agribusiness Today], 21, 26–30. [in Ukrainian]
17. Chorna, N. P. (2015). Food safety of Ukraine as an imperative of self-sustaining development. *Ahrosvit* [Agroworld], 15, 9–14. [in Ukrainian]
18. Hamaiunova, V. V., & Tuz, M. S. (2015). Influence of absorbent and processing of seeds and plants during vegetation by re-gurgent preparations on yield of pea. *Visnyk Zhytomyrskogo nacionalnogo agroekologichnogo universitetu* [Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University], 2(1), 182–189. [in Ukrainian]
19. Iliencko, O. V. (2015). Optimization of pea grown. *Ahronom* [Agronomist], 1, 106–111. [in Ukrainian]
20. Murach, O. M., & Volkohon, V. V. (2014). Formation of the symbiotic apparatus of peas for the influence of bacterial preparations, trace elements and growth stimulator. *Agroekologicheskij zhurnal* [Agroecological Journal], 4, 55–59. [in Ukrainian]
21. Oksom, V. P., & Vakulenko, V. V. (2016). Turn peas into crop rotation. *Nasinnystvo* [Seed Production], 1/3, 15–16. [in Ukrainian]

## References

1. Dyachenko, E. A., Ryzhova, N. N., Kochieva, E. Z., & Vishnyakova, M. A. (2017). Molecular genetic diversity of the pea (*Pisum sativum* L.) from the Vavilov Research Institute collection by the AFLP analysis. *Russ. J. Genet.*, 50(9), 916–924. doi: 10.7868/S0026898415040023
2. Schaefer, H., Hechenleitner, P., Santos-Guerra, A., de Sequeira, M. M., Pennington, R. T., Kenicer, G., & Carine, M. A. (2012). Systematics, biogeography, and character evolution of the legume tribe Fabaeae with special focus on the middle-Atlantic island lineages. *BMC Evol. Biol.*, 12(1), 250. doi: 10.1186/1471-2148-12-250
3. Prysiashniuk, O. I., Korol, L. V., & Polovynchuk, O. Yu. (2018). Yield and quality of pea grain as affected by agronomic practices under the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Var. Stud. Prot.*, 14(1), 116–123. doi: 10.21498/2518-1017.14.1.2018.126520
4. Area, gross yield and crop yields by species and regions (in 2017 and 2018) [Squares, gross collections and yields of crops by species and by region (in 2017 and 2018)]. (2018). Retrieved from [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2017/sg/pvzu/arch\\_pvzu.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2017/sg/pvzu/arch_pvzu.htm)
5. Kuperman, F. M. (1984). *Morfologiya rasteniy. Morfofiziologicheskij analiz etapov organogeneza razlichnykh zhiznennykh form pokrytosemnykh rasteniy* [Plant morphophysiology. Morphophysiological analysis of organogenesis stages of various life forms of angiosperms]. (4<sup>th</sup> ed., rev.). Moscow: Vysshaya shkola. [in Russian]
6. Herbek, J., & Lee, C. (2009). Growth and Development. In J. Herbek, & C. Lee (Eds.), *A Comprehensive Guide to Wheat Management in Kentucky* (pp. 7–12). Lexington, KY: University of Kentucky, College of Agriculture.
7. Lancashire, P. D., Bleiholder, H., Langelüddecke, P., Stauss, R., Van Den Boom, T., Weber, E., & Witzten-Berger, A. (1991). An uniform-decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. Appl. Biol.*, 119(3), 561–601. doi: 10.1111/j.1744-7348.1991.tb04895.x

УДК 633.358

Каленская С. М.<sup>1\*</sup>, Присяжнюк О. И.<sup>2,3\*</sup>, Король Л. В.<sup>3</sup>, Половинчук А. Ю.<sup>2,3</sup> Сравнительная характеристика шкал роста и развития гороха посевного (*Pisum sativum* L.) // Plant Varieties Studying and Protection. 2019. Т. 15, № 2. С. 155–162. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173563>

<sup>1</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборони, 15, г. Киев, 03041, Украина, \*e-mail: [svitlana.kalenska@gmail.com](mailto:svitlana.kalenska@gmail.com)

<sup>2</sup>Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, \*e-mail: [olpris@mail.ru](mailto:olpris@mail.ru)

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

**Цель.** Сравнить шкалы роста и развития растений – унифицированную расширенную шкалу – ВВСН и шкалу Куперман для гороха посевного. **Результаты.** Технологии выращивания гороха посевного базируются на точ-

ном применении агротехнических операций по уходу за посевами: защита от сорняков, вредителей, болезней, внекорневые подкормки. Фактически в Украине адаптация элементов технологии выращивания происходит

основываясь на шкале Куперман, что затрудняет гармонизацию с международным опытом в сфере выращивания гороха посевного. Сравнение унифицированной расширенной шкалы BBCH и шкалы Куперман для гороха посевного отсутствует, что заставляет исследователей или агрономов в своей работе использовать одну из этих шкал, по сути, игнорируя наработки технологии выращивания, основанные на другой шкале. На основе обобщения известных шкал роста и развития гороха – BBCH и Куперман – разработаны сравнительные таблицы и соответствия между физическим и биологическим временем развития растений. Полученная информация имеет важное значение при разработке эффективных технологических карт выращивания гороха, ведь правильное применение теоретических знаний на практике позволяет своевременно и эффективно применить соответствующие агротехнические приемы. В шкалах стандартизированные цифровые обозначения используются для фазы или стадии роста и развития, которые имеют одинаковое значение, независимо от года, региона или

сорта гороха. Цифровые обозначения имеют преимущества перед описательными, когда информация заносится в компьютер. **Выводы.** В отечественной практике принято использовать шкалу, разработанную Ф. М. Куперман, тогда как унифицированная расширенная шкала BBCH получила широкое распространение не только в Европе, но и во всем мире. Однако определение этапов органогенеза является слишком сложным на практике и, кроме соответствующих навыков, требует использования научного оборудования. А вот унифицированная расширенная шкала BBCH, несмотря на некоторую усложненность с точки зрения производителя, лучше всего подходит для создания цифровой технологии выращивания гороха. Данные сравнения шкал роста и развития – унифицированной шкалы BBCH и Куперман – позволяют использовать в агрономической практике рекомендации по технологии выращивания гороха посевного независимо от того, на базе какой шкалы они разработаны.

**Ключевые слова:** рост и развитие гороха; унифицированная расширенная шкала – BBCH; шкала Куперман.

UDC 633.358

**Kalenska, S. M.<sup>1\*</sup>, Prysiazniuk, O. I.<sup>2,3\*</sup>, Korol, L. V.<sup>3</sup>, & Polovynchuk, O. Yu.<sup>2,3</sup>** (2019). Comparative characteristics of growth and development scales of the pea (*Pisum sativum* L.). *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 155–162. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173563>

<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

<sup>2</sup>Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, \*e-mail: olpris@mail.ru

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

**Purpose.** Compare growth and plant development scales: the unified extended BBCH scale and Kuperman scale for peas. **Results.** Pea cultivation technologies are based on the accurate application of agrotechnical operations for crop care: protection from weeds, pests, diseases, and foliar nutrition. Actually, in Ukraine the adaptation of elements of cultivation technology is based on Kuperman scale, which makes it difficult to harmonize with international experience in the field of pea cultivation. Comparison of the unified extended BBCH scale and Kuperman scale for pea planting does not exist, which forces researchers or agronomists to use one of these scales in their work, in fact, ignoring the developments of the cultivation technology based on another scale. Based on the generalization of the well-known pea growth and development scales – BBCH and Kuperman – comparative tables and correspondences between the physical and biological time of plant development were worked out. The obtained information is important when developing efficient pea production maps, since the correct application of theoretical knowledge in practice enables the appropriate agrotechnical methods to be

applied in a timely and effective manner. In scales, standardized numerical designations are used for a phase or stage of growth and development that have the same meaning, regardless of year, region, or pea variety. Digital signs have advantages over descriptive when information is entered into a computer. **Conclusions.** In the domestic practice it is customary to use a scale developed by F. M. Kuperman, while the unified expanded scale of BBCH is widespread not only in Europe but also throughout the world. However, the definition of organogenesis stages is too complicated in practice and, besides the corresponding skills, requires the use of scientific equipment. But the unified extended BBCH scale, despite some complexity from the producer's point of view, is best suited for the creation of pea cultivation digital technology. The data of the comparison of growth and development scales: the unified expanded BBCH scale and Kuperman scale allow using recommendations on pea cultivation technology in agronomic practice, regardless of the scale they were worked out.

**Keywords:** pea growth and development; uniform extended scale – BBCH; Kuperman scale.

Надійшла / Received 13.05.2019  
Погоджено до друку / Accepted 22.06.2019

# Біоморфологічна характеристика селекційних зразків представників роду *Miscanthus*, отриманих в умовах *in vitro*

С. О. Лашук

Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, e-mail: [lashuk\\_s@ukr.net](mailto:lashuk_s@ukr.net)

**Мета.** Оцінити фенологічні та морфологічні характеристики рослин міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus* J.M.Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize), міскантусу цукроквіткового (*M. sacchariflorus* (Maxim) Benth.) та міскантусу китайського (*M. sinensis* Anderss.), отриманих у культурі *in vitro*, та міскантусу гігантського, розмноженого ризомами (*ex vitro*) для залучення їх у селекційний процес і створення нових форм міскантусу для використання в біоенергетиці.

**Методи.** У дослідженнях використовували насіння *M. sinensis*, а також *M. sacchariflorus* (2n), рослини *M. sacchariflorus* (4n), уведені в культуру та розмножені в умовах *in vitro* за загальноприйнятими методиками (М. Д. Мельничук, А. Plazek та ін.). Фенологічні спостереження проводили за методиками В. О. Зінченко, М. В. Роїка, Д. Б. Рахметова та ін.; статистичну обробку отриманих даних – за М. А. Шеламовой та ін. **Результати.** *M. sacchariflorus* (2n) в умовах Лісостепу України у фазу цвітіння не вступає, натомість у *M. sacchariflorus* (4n) цвітіння починається на місяць раніше, ніж у *M. sinensis*, що є перешкодою для переzapилення цих видів у природньому середовищі. *M. giganteus*, розмножений ризомами, за переважною більшістю показників (висота та діаметр стебла, кількість міжвузлів та листків, площа листків, довжина та ширина волоті) домінує над усіма видами міскантусу, отриманими в культурі *in vitro*. Проте кількість стебел у куці в рослин *M. sinensis* є найбільшою (63 шт.) і майже у 2–4 рази перевищує показники рослин *M. giganteus*, отриманих із ризом та в *in vitro*. Найперспективнішими формами для використання в біоенергетиці є *M. sinensis* та розмножений ризомами (*ex vitro*) *M. giganteus*, урожайність зеленої маси яких становила приблизно 7 і 9 кг/м<sup>2</sup> відповідно, тоді як *M. sacchariflorus* (2n) та *M. sacchariflorus* (4n) для цього є непридатними, адже формують лише 0,25 та 2,05 кг наземної маси з 1 м<sup>2</sup>. **Висновки.** На основі отриманих даних встановлено найперспективніші форми *Miscanthus* для залучення їх у селекційний процес та отримання нових сортів з високою продуктивністю біомаси для потреб біоенергетики.

**Ключові слова:** міскантус; морфологічні показники; ризоми; фенофази; біоенергетика.

## Вступ

Національний план дій з поновної енергетики на період до 2020 року передбачає досягнення частки «зеленої» енергії на рівні 11% у валовому кінцевому обсязі енергоспоживання країни, що еквівалентно 8590 тис. т нафтового еквівалента [1].

Тому для України актуальним є пошук альтернативних джерел енергії з постійним зменшенням частки викопних видів палива. Такою альтернативою може стати міскантус – швидкоросла тростина з родини злакових, яка має цілу низку переваг над іншими багаторічними культурами, що полягають у його швидкому рості, високому врожаї біомаси та низькому вмісті мінеральних речовин [2, 3]. Проте, отримання високої врожайності біомаси – це результат комплексного впливу чинників, що визначають величину загальної біологічної продуктивності рослин. Зокрема, динаміка росту рослин і накопичення ними вегетативної маси визна-

чаються впливом агротехнічних, кліматичних і біологічних чинників, сортовими особливостями, інтенсивністю куцання, висотою рослин тощо [4]. Тому актуальним є дослідження морфологічних показників рослин *Miscanthus giganteus* J.M.Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize, *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim) Benth. та *Miscanthus sinensis* Anderss. для виявлення перспективних форм і залучення їх у селекційний процес, створення нових форм міскантусу для використання в біоенергетиці.

Шумный В. К. та ін. [5] з'ясували, що плантації міскантусу істотно перевершують за ефективністю накопичення біомаси найкращі біоенергетичні породи дерев помірної зони Європи.

Також є дані про те, що *M. sinensis* є пластичнішим щодо посухи, порівняно з іншими представниками роду, тому створені на його основі сорти становлять особливий інтерес для аграріїв за відсутності штучного зрошення в районах, де спостерігаються короткочасні й середньотривалі посухи [6]. Учені Інституту цитології і генетики СВ РАН ведуть роботу над створенням нових сортів, які здатні формувати в умовах Західного

Сибіру врожайність зеленої маси 76–80 т/га або 10–15 т/га сіна. При цьому вміст лігніну в рослинах міскантусу мінімальний, а це значить, що його буде легше переробити на біоетанол мікробіологічним способом [7]. Ученими зі штату Іллінойс (США) було з'ясовано, що через нездатність генеративного розмноження *M. giganteus* має вузьку генетичну варіацію, тому масштабне вирощування цього виду може бути під екологічною загрозою зникнення через шкідники, патогени тощо. Натомість, *M. sinensis* виявляє ознаки високої продуктивності, холодостійкості та низького вмісту лігніну, що є цінними характеристиками виду в разі вирощування рослин для потреб біоенергетики [8]. Унікальні дослідження в останні роки були проведені в штаті Айова (США) із клонами рослин *M. giganteus*, де кожен етап розвитку рослин описували на основі відомої шкали ВВСН (Biologische Bundesanstalt, Bundesartenamt und Chemische Industrie), яка використовується для визначення фенологічних етапів розвитку рослин [9]. Кожну основну стадію розвитку рослин культури було розділено на вторинні етапи, щоб дати змогу детально описати прогрес розвитку.

**Мета досліджень** – оцінити фенологічні та морфологічні характеристики рослин міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus* J.M.Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize), міскантусу цукроквіткового (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim) Benth.) і міскантусу китайського (*Miscanthus sinensis* Anderss.), отриманих у культурі *in vitro*, та міскантусу гігантського, розмноженого ризомами (*ex vitro*) для залучення їх у селекційний процес, створення нових форм міскантусу для використання в біоенергетиці.

### Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили на базі стаціонарного польового дослідження відділу технологій вирощування та перероблення біоенергетичних культур для виробництва цукру та біопалива Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України впродовж 2014–2017 рр. У дослідженні використовували насіння *M. sinensis* фірми «Jelitto» 2008 р. та насіння *M. sacchariflorus* (2n) 2012 р. репродукції з Росії та рослини *M. sacchariflorus* (4n), завезені з Голандії й уведені в культуру та розмножені в умовах *in vitro*.

Рослини *M. giganteus* отримували через поділ кореневищ (ризосомами) та в культурі *in vitro*.

Для розмноження рослин насіння висівали в ґрунт та висаджували на живильні середовища *in vitro*.

Стерилізацію та культивування насіння *in vitro* проводили з використанням загальних схем та методів, розроблених для інших культур, які адаптували для роботи з насінням міскантусу в культурі *in vitro* [10–12]. Дбір та оптимізацію складу середовищ для культивування, пророщування насіння міскантусу, ініціації калусогенезу, морфогенезу та регенерації рослин, культивування та розмноження мікроклонів проводили за чинниками: макро-, мікроелементи, гормони, вуглеводи, амінокислоти, вітаміни та інші домішки [13]. За основу використовували мінеральну частину середовища Мурасіге–Скуга [14].

Стерильне насіння міскантусу висівали на модифіковані середовища, стимулюючи калусо- й морфогенез. Культивували до появи первинних корінців, бруньок та пагонів. Після того, як пагони досягли 2–3 см заввишки, їх пасивували на середовище для розмноження, а потім – на середовище для вкорінення.

Введення в культуру *M. giganteus* та *M. sacchariflorus* (4n) проводили за рахунок бруньок, які видаляли з ризом. Бруньки попередньо пророщували за розміщення ризом на вологому фільтрувальному папері. Експланти знезаражували в декілька етапів. Спочатку бруньки ретельно промивали в мильній воді, потім стерилізували розчином 1–2%-го гіпохлориду натрію протягом 25–35 хв та витримували в пероксиді водню (концентрація 3–10% з експозицією 10–15 хв). За високої контамінації експлантів застосовували також 0,1–0,2%-й розчин сулеми з експозицією 10–20 хв у комбінаціях з 70%-м етиловим спиртом (1–2 хв).

Експланти тричі промивали стерильною дистильованою водою. У разі використання пероксиду водню унаслідок його швидкого розкладання потреба тривалого промивання водою відпадала. Стерильні бруньки висаджували на модифіковане середовище Мурасіге–Скуга, клонували, стимулювали коренотворення.

Клони *M. giganteus*, *M. sinensis* та *M. sacchariflorus* з довжиною ризом 10–15 см висаджували з колби безпосередньо у відкритий ґрунт без попередньої адаптації та підрощування в умовах теплиць [15].

Ґрунт дослідного поля – темно-сірий опідзолений. В орному шарі ґрунту вміст гумусу становить 2,23%, ступінь насичення основами – 71%, рН сольове – 5,9; сума ввібраних основ невисока (14–17 мг-екв/100 г ґрунту). Важливою агрохімічною характеристикою ґрунтів є забезпеченість їх елементами жив-

лення – рухомими формами азоту, фосфору та калію. Уміст легкогідролізованого азоту – 5,02 мг, рухомого фосфору та обмінного калію – 12,0 і 5,6 мг/100 г ґрунту відповідно.

Темпи росту й розвитку рослин, урожай і якість сільськогосподарських культур значною мірою залежать від метеорологічних умов. Кліматичні умови Київського Полісся є сприятливими для вирощування багатьох сільськогосподарських культур, зокрема й енергетичних.

Середньорічна температура повітря у м. Києві за 2014–2017 рр. становила 8,7 °С. Найхолоднішим місяцем за роки досліджень був січень, найтеплішим – липень. Сума активних температур становить 2500–3000 °С. Останні весняні заморозки закінчувались, зазвичай, у кінці травня, а перші осінні починалися наприкінці вересня. Вегетаційний період рослин з температурою понад 5 °С становив 210–215 дб. Розподіл опадів у регіоні характеризувався нерівномірністю за часом випадання.

Зважаючи на швидкий ріст і утворення рослиною великих купин, рослини були висаджені з густотою одна рослина на 1 м<sup>2</sup>, або 10 тис. рослин на гектар з відстанню між рядами 1 м, а між рослинами в рядах – 0,5 м.

Для біоморфометричної характеристики, ритмів росту й розвитку (феноритмики) вихідного селекційного матеріалу представників роду *Miscanthus*, отриманих в умовах *in vitro*, та розмножених за допомогою ризом у період вегетації рослин проводили:

- фенологічні та морфологічні спостереження за рослинами проводили за методами В. О. Зінченка, М. В. Роїка, Д. Б. Рахметова та ін. [16–18];

- визначали кількість стебел, міжвузлів, листків – шляхом підрахунку й визначання середніх значень показників;

- біоморфологічні дослідження – шляхом вимірювання довжини, діаметру осьових органів рослин, довжини, ширини листків, суцвіття;

- продуктивність визначали шляхом зважування за стандартної вологості наземної маси всієї рослини та окремо маси стебел, листків, суцвіття;

Статистичну обробку отриманих даних досліджень проводили за Шеламовою М. А. та ін. [19], визначали середні значення показників ( $\bar{X}$ ) та їх похибки ( $s_x$ ).

### Результати досліджень

Спостереження за ростом і розвитком рослини *M. sinensis*, *M. sacchariflorus* (4n) та *M. sacchariflorus* (2n), а також рослини



Рис. 1. Рослини *M. giganteus* першого року вегетації, отримані в умовах *in vitro* (фаза кущіння)



Рис. 2. Рослин *M. sinensis* першого року вегетації, отримані в умовах *in vitro* (фаза кущіння)

*M. giganteus* першого року вегетації, які були висаджені з колб безпосередньо в ґрунт наприкінці травня – початку червня 2014 р., засвідчили, що всі види успішно перезимували і витримали морози до -20 °С.

На рисунках наведено рослини різних видів міскантусу першого року вегетації (травень–червень 2015 р.) у фазі кущіння, отриманих в умовах *in vitro*.

Фенологічні спостереження за фазами росту й розвитку цих рослин, а також рослин *M. giganteus*, розмноженого за допомогою ризом (*ex vitro*) проводили на другий рік вегетації (табл. 1).

Як еталон були обрані рослини *M. giganteus*, отримані шляхом розмноження ризом (*ex vitro*). Ці рослини характеризуються пізнім відростанням, порівняно з рослинами інших дослідних зразків міскантусу (зокрема *M. sacchariflorus* (2n) та *M. sacchariflorus* (4n)



Рис. 3. Рослини *M. sacchariflorus* (2n) першого року вегетації, отримані в умовах *in vitro* (фаза кущіння)



Рис. 4. Рослини *M. sacchariflorus* (4n) першого року вегетації, отримані в умовах *in vitro* (фаза кущіння)

відростають у середньому на 7 діб швидше). Фаза кущіння в контрольних зразків настає через 50–55 діб після відростання. Такими ж темпами кущіння характеризуються рослини *M. giganteus*, отримані в культурі *in vitro*. А от рослини *M. sacchariflorus* (2n) та *M. sacchari-*

*florus* (4n) починають кущитися вже за 45–48 діб після відростання. У рослин *M. sacchariflorus* (2n) фаза виходу в трубку, а відповідно й появи волоті, цвітіння та плодоношення, не наступає. Проте в рослини *M. sacchariflorus* (4n) вихід у трубку починається на місяць раніше за *M. sinensis* та майже на два місяці раніше, ніж у рослин *M. giganteus* з *in vitro* та з *ex vitro*. В еталонних зразків та рослин *M. giganteus* з *in vitro* волоть з'являється в середині вересня, проте плодоношення не наступає, оскільки за пізніх строків цвітіння (початок жовтня) насіння не встигає достигати. Поява волоті та цвітіння в рослин *M. sacchariflorus* (4n) відбувається на місяць раніше, ніж у рослин *M. sinensis*, через що є проблема з перезапиленням цих видів та отриманням гібридного насіння.

На другий та третій рік вегетації (2016 і 2017) були проведені морфометричні дослідження селекційних зразків досліджуваних видів міскантусу, розраховано середнє значення отриманих даних та похибка показників (табл. 2). Для проведення досліджень відбирали по п'ять рослин з п'яти різних кущів, тобто по 25 рослин кожного виду міскантусу. Оскільки *M. sacchariflorus* (4n) не утворює кущ, а росте хаотично за рахунок сланких ризом, то відбирали по п'ять рослин цього виду з 1 м<sup>2</sup>, загальною площею плантації 5 м<sup>2</sup>.

Результати спостережень досліджуваних зразків міскантусів показали, що *M. giganteus* (*ex vitro*) має найвищі рослини серед інших представників роду [майже вдвічі за *M. sacchariflorus* (4n) та *M. sinensis*], найбільші діаметр та висоту стебла, кількість листків на рослині й площу листової пластинки. Проте найвищою кущистістю характеризуються рослини *M. sinensis*, завдяки чому його продуктивність може конкурувати з показниками контрольного зразка.

Продуктивність наземної маси міскантусів визначали на другий-третій рік вегетації рослин (вересень 2016–2017 рр.), взявши для розрахунку середні значення по кількості рослин кожного виду на 1 м<sup>2</sup> площі (рис. 5).

Таблиця 1

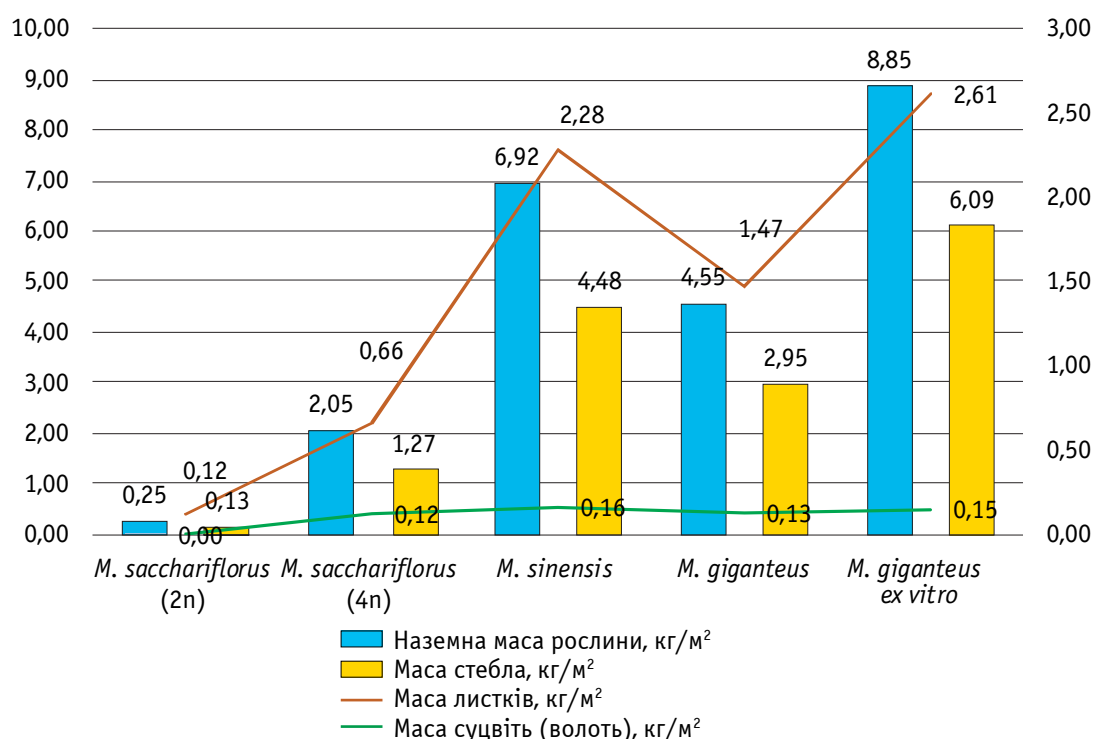
Фази росту й розвитку представників роду *Miscanthus*, розмножених (отриманих) в умовах *in vitro* та *ex vitro* (ризомами)

Вид міскантусу	Фази росту й розвитку, дата ± діб					
	відростання	кущіння	вихід у трубку	поява волоті	цвітіння	плодоношення
<i>M. sacchariflorus</i> (2n)	10.04 ± 4	28.05 ± 3	не настає	не настає	–	–
<i>M. sacchariflorus</i> (4n)	8.04 ± 3	22.05 ± 3	6.07 ± 5	22.07 ± 4	9.08 ± 5	5.09 ± 6
<i>M. sinensis</i>	12.04 ± 5	04.06 ± 4	10.08 ± 5	26.08 ± 6	08.09 ± 6	10.10 ± 7
<i>M. giganteus</i>	15.04 ± 5	06.06 ± 5	26.08 ± 7	16.09 ± 7	10.10 ± 7	не настає
<i>M. giganteus</i> (розмножений ризомами)	15.04 ± 5	04.06 ± 5	25.08 ± 5	14.09 ± 6	7.10 ± 7	не настає

Таблиця 2

**Морфометрична характеристика представників роду *Miscanthus*, розмножених (отриманих) в умовах *in vitro* та *ex vitro* (ризомами)**

Середні значення параметрів органів рослин 2–3-го років вегетації		Вид міскантусу				
		<i>M. sacchariflorus</i> (2n)	<i>M. sacchariflorus</i> (4n)	<i>M. sinensis</i>	<i>M. giganteus</i>	<i>M. giganteus</i> (розмножений ризомами)
Висота рослини, см		43,2 ± 3,0	215,7 ± 6,3	224 ± 5,8	289,3 ± 9,1	380,3 ± 11,1
Стебла	Кількість стебел у кущі	5 ± 0,4	24,4 ± 2,7	62,6 ± 4,6	16,3 ± 2,1	36,4 ± 3,2
	Висота, см	39,3 ± 3,1	202 ± 9,3	215,3 ± 7,1	267,5 ± 10,8	357,4 ± 14,5
	Діаметр, мм	6,4 ± 0,4	5,0 ± 0,2	12,5 ± 1,4	14,0 ± 1,6	14,6 ± 1,4
	Кількість міжвузлів, шт.	7,0 ± 0,3	12,1 ± 0,6	14,2 ± 0,9	16,1 ± 1,1	17,0 ± 1,2
Листки	Кількість на стеблі, шт.	7,0 ± 0,4	11,8 ± 0,2	12,4 ± 0,3	15,7 ± 1,4	16,5 ± 1,3
	Довжина, см	27,9 ± 3,0	38,2 ± 4,1	45,7 ± 1,7	56,1 ± 2,1	65,7 ± 4,0
	Ширина, см	1,3 ± 0,3	1,5 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,6 ± 0,3	2,6 ± 0,2
	Площа, см <sup>2</sup>	27,2 ± 2,2	42,9 ± 2,9	78,8 ± 1,1	109,4 ± 1,9	128,1 ± 2,6
Суцвіття (волоть)	Довжина, см	–	26,1 ± 0,4	32,4 ± 1,2	36,7 ± 1,4	38,1 ± 1,5
	Ширина, см	–	14,2 ± 0,6	13,4 ± 0,4	18,9 ± 1,5	19,6 ± 1,3



**Рис. 5. Наземна маса органів рослин досліджуваних видів міскантусу на 1 м² площі (середнє за 2016–2017 рр.)**

Найперспективнішими формами для використання в біоенергетиці є *M. sinensis* та розмножений ризомами (*ex vitro*) *M. giganteus*, продуктивність зеленої маси яких становила 6,92 і 8,85 кг/м² відповідно, тоді як *M. sacchariflorus* (2n) та *M. sacchariflorus* (4n) для цього є непридатними, адже формують лише 0,25 та 2,05 кг наземної маси з 1 м².

Результати перезимівлі рослини третього року вегетації засвідчили, що майже всі рослини *M. sacchariflorus* (2n) вимерзли, проте навіть ті рослини, що лишилися, у наступні роки не утворили стебла та жодного квіткового пагона.

Ще один важливий показник – це вміст сухої речовини в рослині, що є відбитком життєдіяльності рослинного організму на кожному етапі його росту й розвитку в конкретних умовах довкілля. Визначали суху масу в рослин третього року вегетації (початок жовтня 2017 р.), відбираючи по 5 г подрібненого рослинного матеріалу кожного виду міскантусу в трьох повторностях і за допомогою математико-статистичних методів аналізували отримані результати (рис. 6).

Максимальну кількість сухої речовини відзначено в рослинах *M. giganteus*, отриманого в умовах *in vitro*, та *M. giganteus*, роз-

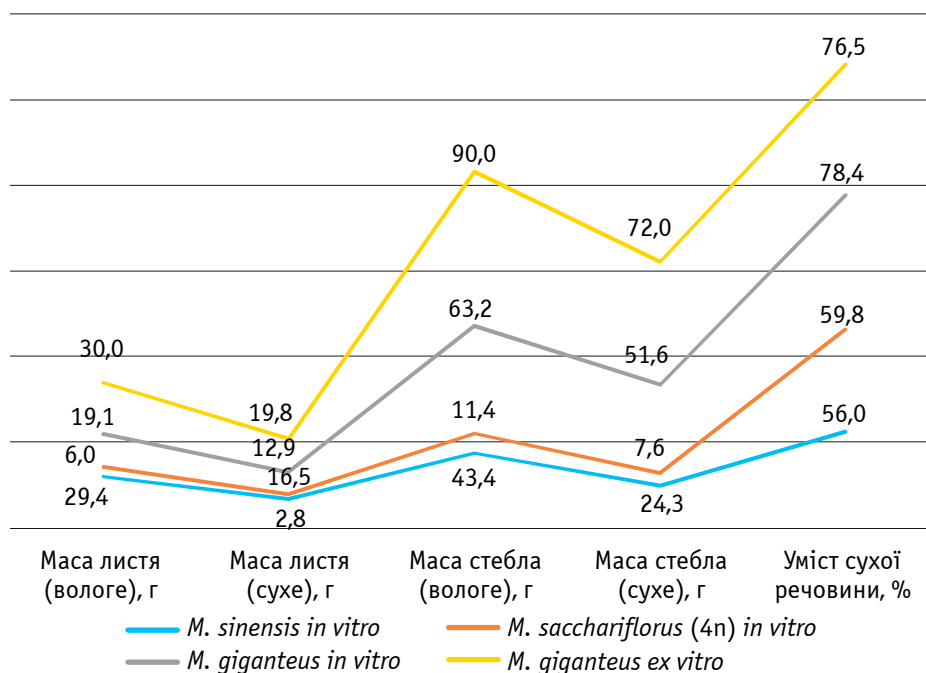


Рис. 6. Наземна маса досліджуваних видів міскантусу та сумарний уміст сухої речовини в рослині (2017 р.)

множеного поділом ризом (*ex vitro*). Проте й в рослин *M. sinensis* цей показник є досить високим – 60% від загальної наземної маси рослин, що дає змогу цьому виду гідно конкурувати з міскантусом гігантським.

### Висновки

Установлено суттєві відмінності у строках проходження основних фенофаз різними видами міскантусу. *M. sacchariflorus* (2n) в умовах Лісостепу України у фазу цвітіння не вступає, натомість у *M. sacchariflorus* (4n) цвітіння починається на місяць раніше, ніж у *M. sinensis*, що є перешкодою для перезапилення цих видів у природньому середовищі.

*M. giganteus*, розмножений ризомами, за переважною більшістю показників (висота та діаметр стебла, кількість міжвузлів та листків, площа листків, довжина та ширина волоті) домінує над усіма видами міскантусу, отриманими в культурі *in vitro*. Проте кількість стебел у куці в рослин *M. sinensis* є найбільшою (63 шт.) і майже у 2–4 рази перевищує показники рослин *M. giganteus*, отриманих із ризом та в *in vitro*. Завдяки високій куцистості рослини *M. sinensis* можуть скласти їм конкуренцію як перспективна форма для використання в селекції та біоенергетиці.

Найперспективнішими формами для використання в біоенергетиці є *M. sinensis* та розмножений ризомами (*ex vitro*) *M. giganteus*, продуктивність зеленої маси яких становила

приблизно 7 і 9 кг/м<sup>2</sup> відповідно, тоді як *M. sacchariflorus* (2n) та *M. sacchariflorus* (4n) для цього є непридатними, адже формують лише 0,25 та 2,05 кг наземної маси з 1 м<sup>2</sup>.

Максимальну кількість сухої речовини відзначено в рослинах *M. giganteus*, отриманого в умовах *in vitro*, та *M. giganteus*, розмноженого поділом ризом (*ex vitro*) – приблизно 75%.

### Використана література

1. Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 1 жовтня 2014 р. № 902-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80/paran10#n10>
2. Beale C. V., Long S. P. Can perennial C<sub>4</sub> grasses attain high efficiencies of radiant energy conversion in cool climates? *Plant Cell Environ.* 1995. Vol. 18, Iss. 6. P. 641–650. doi: 10.1111/j.1365-3040.1995.tb00565.x
3. Lewandowski I., Clifton-Brown J., Scurlock J., Willem H. Miscanthus: European experience with a novel energy crop. *Biomass Bioenerg.* 2000. Vol. 19, Iss. 4. P. 209–227. doi: 10.1016/S0961-9534(00)00032-5
4. Бойчук Ю. Д., Солошенко Е. М., Бугай О. В. Значення абіотичних факторів середовища в житті організмів. *Екологія і охорона навколишнього середовища*. Суми : ВТД «Університетська книга», 2003. 284 с.
5. Шумный В. К., Вепрев С. Г., Нечипоренко Н. Н. Новая форма мискантуса китайского (*Miscanthus sinensis* Anderss.) как перспективный источник целлюлозосодержащего сырья. *Вестник ВОУС*. 2010. Т. 14, № 1. С. 122–126.
6. Clifton-Brown J. C., Lewandowski I. Water use efficiency and biomass partitioning of three different *Miscanthus* genotypes with limited and unlimited water supply. *Ann Bot.* 2000. Vol. 86, Iss. 1. P. 191–200. doi: 10.1006/anbo.2000.1183
7. Денисова М. Н., Огиенко А. Г., Будаева В. В. Исследования структур мискантуса, гидротропной целлюлозы и нитратов, полученных из нее. *Химия растительного сырья*. 2012. № 4. С. 19–27.



8. Li D. Investigation of *Miscanthus* associated microbiome: effects of biotic and abiotic factors : Ph.D. Diss. / Graduate College of the University of Illinois. Urbana, 2015. 162 p. URL: <http://hdl.handle.net/2142/88261>
9. Tejera M. D., Heaton E. A. Description and Codification of *Miscanthus* × *giganteus* Growth Stages for Phenological Assessment. *Front Plant Sci.* 2017. Vol. 8. P. 1726. doi: 10.3389/fpls.2017.01726
10. Мельничук М. Д., Новак Т. В., Кунах В. А. Біотехнологія рослин / за ред. В. Д. Мельничука. Київ : Вища освіта, 2003. 520 с.
11. Мельничук М. Д., Новак Т. В., Левенко Б. О. Основи біотехнології рослин. Київ, 2000. 248 с.
12. Płazek A., Dubert F. Improvement of medium for *Miscanthus giganteus* callus induction and plant regeneration. *Acta Biol. Cracov. Ser. Bot.* 2010. Vol. 52, Iss. 1. P. 105–110. doi: 10.2478/v10182-010-0013-9
13. Гонтаренко С. М., Лашук С. О. Отримання рослин *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack та *Miscanthus sinensis* Andersson у культурі *in vitro* шляхом непрямого морфогенезу. *Plant Var. Stud. Prot.* 2017. Т. 13, № 1. С. 12–20. doi: 10.21498/2518-1017.13.1.2017.97219
14. Кушнір Г. П., Сарнацька В. В. Мікроклональне розмноження рослин. Київ : Наукова думка, 2005. 271 с.
15. Гонтаренко С. М., Лашук С. О. Метод розмноження, стимуляції росту ризом у культурі *in vitro* та адаптації у відкритому ґрунті представників роду *Miscanthus*. *Plant Var. Stud. Prot.* 2017. Т. 13, № 3. С. 230–238. doi: 10.21498/2518-1017.13.3.2017.110703
16. Зінченко В. О., Роїк М. В., Рахметов Д. Б. та ін. Методика проведення експертизи сортів міскантусу гігантського (*Miscanthus* × *giganteus* J.M.Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize) на відмінність, однорідність та стабільність. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2016. С. 501–514.
17. Роїк М. В., Рахметов Д. Б., Гонтаренко С. М. та ін. Методика проведення експертизи сортів міскантусу китайського (*Miscanthus sinensis* Anders.) на відмінність, однорідність та стабільність. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2016. С. 514–529.
18. Роїк М. В., Рахметов Д. Б., Гонтаренко С. М. та ін. Методика проведення експертизи сортів міскантусу цукрокріткового (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim) Benth.) на відмінність, однорідність та стабільність. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2016. С. 529–543.
19. Шеламова М. А., Инсарова Н. И., Лещенко В. Г. Статистический анализ медико-биологических данных с использованием программы Excel. Минск, 2010. 96 с.
1. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2014). About the National Renewable Energy Action Plan for the period until 2020. *Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated October 1, 2014 No. 902-p*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80/paran10#n10> [in Ukrainian]
2. Beale, C. V., & Long, S. P. (1995). Can perennial C<sub>4</sub> grasses attain high efficiencies of radiant energy conversion in cool climates? *Plant Cell Environ.*, 18(6), 641–650. doi: 10.1111/j.1365-3040.1995.tb00565.x
3. Lewandowski, I., Clifton-Brown, J., Scurlock, J., & Willem, H. (2000). *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop. *Biomass Bioenerg.*, 19(4), 209–227. doi: 10.1016/S0961-9534(00)00032-5
4. Boichuk, Yu. D., Soloshenko, E. M., & Buhai, O. V. (2003). Value of Abiotic Environmental Factors in the Life of Organisms. In *Ekolohiia i okhorona navkolnyshnoho seredovyshcha* [Ecology and Environment Protection]. Sumy: VTD "Universytetska knyha". [in Ukrainian]
5. Shumny, V. K., Veprev, S. G., Nechiporenko, N. N., Goryachkovskaya, T. N., Slynko, N. M., Kolchanov, N. A., & Peltek, S. E. (2010). A new variety of chinese silver grass (*Miscanthus sinensis* Anders.) is a promising source of cellulosic material. *Vestnik VOGiS* [VOGiS Herald], 14(1), 122–126. [in Russian]
6. Clifton-Brown, J. C., & Lewandowski, I. (2000). Water use efficiency and biomass partitioning of three different *Miscanthus* genotypes with limited and unlimited water supply. *Ann Bot.*, 86(1), 191–200. doi: 10.1006/anbo.2000.1183
7. Denisova, M. N., Ogienko, A. G., & Budaeva, V. V. (2012). Investigations of the structures of the *Miscanthus*, the hydrotropic pulp and the nitrates obtained from it. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja* [Chemistry of Plant Raw Material], 4, 19–27. [in Russian]
8. Li, D. (2015). Investigation of *Miscanthus* associated microbiome: effects of biotic and abiotic factors (Ph.D. Diss.). Graduate College of the University of Illinois, Urbana. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2142/88261>
9. Tejera, M. D., & Heaton, E. A. (2017). Description and Codification of *Miscanthus* × *giganteus* Growth Stages for Phenological Assessment. *Front Plant Sci.*, 8, 1726. doi: 10.3389/fpls.2017.01726
10. Melnychuk, M. D., Novak, T. V., & Kunakh, V. A. (2003). *Biotehnolohiia roslyn* [Plant Biotechnology]. V. D. Melnychuk (Ed.). Kyiv: Vyscha osvita. [in Ukrainian]
11. Melnychuk, M. D., Novak, T. V., & Levenko, B. O. (2000). *Osnovy biotehnolohii roslyn* [Fundamentals of Plant Biotechnology]. Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
12. Płazek, A., & Dubert, F. (2010). Improvement of medium for *Miscanthus giganteus* callus induction and plant regeneration. *Acta Biol. Cracov. Ser. Bot.*, 52(1), 105–110. doi: 10.2478/v10182-010-0013-9
13. Hontarenko, S. M., & Lashuk, S. O. (2017). Obtaining plant *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack and *Miscanthus sinensis* Andersson *in vitro* culture by indirect morphogenesis. *Plant Var. Stud. Prot.*, 13(1), 12–20. doi: 10.21498/2518-1017.13.1.2017.97219 [in Ukrainian]
14. Kushnir, H. P., & Sarnatska, V. V. (2005). *Mikroklonalne rozmnozhenia roslyn* [Microclone propagation of plants]. Kyiv: Naukova dumka. [in Ukrainian]
15. Hontarenko, S. M., & Lashuk, S. O. (2017). Method of propagation, stimulation of rhizomes growth *in vitro* culture and adaptation in the open ground for the genus *Miscanthus* representatives. *Plant Var. Stud. Prot.*, 13(3), 230–238. doi: 10.21498/2518-1017.13.3.2017.110703 [in Ukrainian]
16. Zinchenko, V. O., Roik, M. V., Rakhmetov, D. B., Hontarenko, S. M., Shcherbakova, T. O., Kurylo, V. L., ... Lashuk, S. O. (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv miskantusu hihantskoho* (*Miscanthus* × *giganteus* J.M.Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize) na vidminnist, odnoridnist ta stabilnist [The methodology for examining the giant *Miscanthus* varieties (*Miscanthus* × *giganteus* J.M.Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize) for distinctness, uniformity, and stability] (pp. 501–514). Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian]
17. Roik, M. V., Rakhmetov, D. B., Hontarenko, C. M., Shcherbakova, T. O., Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., ... Lashuk, S. O. (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv miskantusu kytaiskoho* (*Miscanthus sinensis* Anders.) na vidminnist, odnoridnist ta stabilnist [The method of examination of *Miscanthus sinensis* Anders. varieties for distinctness, uniformity, and stability] (pp. 514–529). Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian]
18. Roik, M. V., Rakhmetov, D. B., Hontarenko, C. M., Shcherbakova, T. O., Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., ... Lashuk, S. O. (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv miskantusu tsukrokrivkovoho* (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim) Benth.) na vidminnist, odnoridnist ta stabilnist [The method of examination of varieties of *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim) Benth.) for distinctness, uniformity, and stability] (pp. 529–543). Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian]
19. Shelamova, M. A., Insarova, N. I., & Leshchenko, V. G. (2010). *Statisticheskiy analiz mediko-biologicheskikh dannykh s ispol'zovaniem programmy Excel* [Statistical analysis of biomedical data using Excel]. Minsk: N.p. [in Russian]

УДК 633.282:577.3:631

**Лашук С. А.** Биоморфологическая характеристика селекционных образцов представителей рода *Miscanthus*, полученных в условиях *in vitro* // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 2. С. 163–170. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173566>

Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина, e-mail: [lashuk\\_s@ukr.net](mailto:lashuk_s@ukr.net)

**Цель.** Оценить фенологические и морфологические характеристики растений мискантуса гигантского (*Miscanthus giganteus* J.M.Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize), мискантуса сахароцветного (*M. sacchariflorus* (Maxim) Benth.) и мискантуса китайского (*M. sinensis* Anders.), полученных в культуре *in vitro*, и мискантуса гигантского, размноженного ризомами (*ex vitro*) для привлечения их в селекционный процесс и создания новых форм мискантуса для использования в биоэнергетике. **Методы.** В исследованиях использовали семена *M. sinensis*, а также *M. sacchariflorus* (2n), растения *M. sacchariflorus* (4n), введены в культуру и размножены в условиях *in vitro* по общепринятым методикам (М. Д. Мельничук и др., А. Plazek et al.). Фенологические наблюдения проводили по методикам В. А. Зинченко, М. В. Роика, Д. Б. Рахметова и др.; статистическую обработку полученных данных – по М. А. Шеламовой и др. **Результаты.** *M. sacchariflorus* (2n) в условиях Лесостепи Украины в фазу цветения не вступает, зато у *M. sacchariflorus* (4n) цветение начинается на месяц раньше, чем у *M. sinensis*, что является препятствием для переполынения этих видов в естественной среде. *M. giganteus*,

размноженный ризомами, по подавляющему большинству показателей (высота и диаметр стебля, количество междоузлий и листьев, площадь листьев, длина и ширина метелки) доминирует над всеми видами мискантуса, полученными в культуре *in vitro*. Однако количество стеблей в кусте у растений *M. sinensis* является наибольшим (63 шт.) и почти в 2–4 раза превышает показатели растений *M. giganteus*, полученных из ризом и в *in vitro*. Наиболее перспективными формами для использования в биоэнергетике является *M. sinensis* и размноженный ризомами (*ex vitro*) *M. giganteus*, урожайность зеленой массы которых составляла примерно 7 и 9 кг/м<sup>2</sup> соответственно, тогда как *M. sacchariflorus* (2n) и *M. sacchariflorus* (4n) для этого непригодны, ведь формируют лишь 0,25 и 2,05 кг наземной массы с 1 м<sup>2</sup>. **Выводы.** На основе полученных данных установлены перспективные формы *Miscanthus* для привлечения их в селекционный процесс и получения новых сортов с высокой продуктивностью биомассы для нужд биоэнергетики.

**Ключевые слова:** мискантус; морфологические показатели; ризомеры; фенофазы; биоэнергетика.

UDC 633.282:577.3:631

**Lashuk, S. O.** (2019). Biomorphological characteristic of breeding samples of representatives of the genus *Miscanthus*, obtained *in vitro*. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 163–170. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173566>

Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymytseva St., Kyiv, 03041, Ukraine, \*e-mail: [lashuk\\_s@ukr.net](mailto:lashuk_s@ukr.net)

**Purpose.** Estimate phenological and morphological characteristics of *Miscanthus giganteus* J. M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize, *M. sacchariflorus* (Maxim) Benth. and *M. sinensis* Anders., obtained *in vitro*, and *M. giganteus*, propagated by rhizomimes (*ex vitro*) to attract them to the breeding process and create new forms of miscanthus for use in bioenergy. **Methods.** Seeds of *M. sinensis*, as well as *M. sacchariflorus* (2n), *M. sacchariflorus* (4n), introduced into culture and propagated *in vitro* according to commonly used methods (M. D. Melnychuk, A. Plazek et al.) were used in the studies. Phenological observations were carried out according to the methods of V. V. Zinchenko, M. V. Roik, D. B. Rakhmetov, and others. Statistical processing of the obtained data was carried out according to M. A. Shelamov and others. **Results.** *M. sacchariflorus* (2n) in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine does not enter into the flowering phase, whereas in *M. sacchariflorus* (4n) the flowering phase begins a month earlier than *M. sinensis*, which is an obstacle for transpollination of these species in the natural environment. *M. giganteus*, reproduced by rhizomes, in overwhelming

majority of indicators (stem height and diameter, number of interstices and leaves, leaf area, length and width of cluster) dominate all species of miscanthus obtained *in vitro*. But the number of stems in the bush of *M. sinensis* is the highest (63 pcs.) and is almost 2–4 times higher than those of *M. giganteus*, obtained from risomes and *in vitro*. It has been revealed that the most promising forms for bioenergy use are *M. sinensis*, whose productivity is about 7 kg/m<sup>2</sup> of green mass and *M. giganteus*, propagated by rhizomimes (*ex vitro*), where the mass of the aerial part is almost 9 kg/m<sup>2</sup>. But *M. sacchariflorus* (2n) and *M. sacchariflorus* (4n) should not be considered as promising species for use in bioenergy purposes, because their performance is very low compared to other species and is only 0.25 and 2.05 kg above ground mass from 1 m<sup>2</sup>. **Conclusions.** On the basis of the obtained data, the most promising forms of *Miscanthus* were established to attract them into the breeding process and to obtain new varieties with high biomass productivity for the needs of bioenergy.

**Keywords:** miscanthus; morphological indices; rhizomes; phenophase; bioenergetics.

Надійшла / Received 12.03.2019  
Погоджено до друку / Accepted 21.06.2019

# Особливості формування продуктивності гібридів сорго цукрового залежно від впливу агротехнічних факторів: ширини міжрядь, густоти посівів та обробки регулятором росту

Л. І. Сторожик\*, О. В. Музика

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, \*e-mail: larisastorozhyk1501@gmail.com*

**Мета.** Виявити особливості росту й розвитку рослин та формування продуктивності гібридів сорго цукрового за різної ширини міжрядь, густоти посівів та застосування регулятора росту Вимпел 2 у зоні Лісостепу України. **Методи.** У дослідженні висівали гібриди сорго 'Довіста' та 'Гулівер'. Ширина міжрядь становила 45 та 70 см за густоти рослин у посівах 150, 200 та 250 тис. шт./га. Проводили допосівну обробку насіння сорго стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) та позакоренево його застосовували у фазі кущення (0,5 л/га) культури. **Результати.** Установлено, що гібрид 'Довіста' має значний потенціал продуктивності завдяки тривалішому вегетаційному періоду. Зокрема, у середньому по досліді за різної ширини міжрядь та густоти стояння рослин за врожайністю він перевищував гібрид 'Гулівер' на 3,6 т/га. У варіанті застосування стимулятора росту Вимпел 2 за ширини міжрядь 45 см та зміни норм висіву від 150 до 250 тис. шт./га отримали приріст урожаю на рівні 7,3–13,0 т/га. Аналогічні варіанти досліді за ширини міжрядь 70 см забезпечили збір вегетативної маси сорго цукрового на 6,7–12,6 т/га більше контрольних варіантів. Стимулятор росту Вимпел 2 збільшував накопичення сухої речовини в гібрида 'Довіста' за ширини міжрядь 45 см та різних норм висіву на 1,3–4,3 т/га, тоді як за ширини міжрядь 70 см – на 1,2–3,5 т/га. У гібрида 'Гулівер' в аналогічних варіантах досліді отримано приріст сухої речовини на рівні 1,7–3,9 т/га, а застосування регулятора росту забезпечило збір сухої речовини на 1,3–3,0 т/га більше контрольних варіантів. Уміст загальних цукрів у варіантах досліді мав тенденційний характер. Застосування обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) з подальшим позакореневим використанням у фазі кущення (0,5 л/га) підвищило вміст загальних цукрів на 0,15%, що, проте, було в межах похибки досліді. **Висновки.** Найвищу врожайність зеленої маси за густоти 250 тис. рослин на гектарі та застосування стимулятора росту Вимпел 2 забезпечив гібрид 'Довіста' – 98,8 т/га, що на 5,3 т/га більше, ніж у гібрида 'Гулівер' за ширини міжрядь 45 см. У фазі фізіологічної стиглості зерна вміст загальних цукрів у стеблах сорго цукрового в середньому по досліді був на рівні 15,0%, зокрема в гібрида 'Довіста' – 15,4%, 'Гулівер' – 14,7%.

**Ключові слова:** сорго цукрове; гібриди; стимулятор росту рослин; врожайність та якісні показники; погодні умови вегетаційного періоду.

## Вступ

Вирощування будь-яких сільськогосподарських культур має на меті отримання їх високої продуктивності для забезпечення попиту на продовольство та сировину для перероблення. Відповідно в конкретному випадку виявлення особливостей росту й розвитку сорго цукрового його продуктивність є інтегрованим показником ефективності досліджуваних елементів технології вирощування та особливостей впливу ґрунтово-кліматичних умов на досліджувані гібриди.

На формування врожайності сорго цукрового чинить вплив структура його посівів. Причому оптимальним розміщенням рослин у просторі вважається таке, що забезпечує реалізацію їх максимальної біологічної та

господарської продуктивності. Адже структура агрофітоценозу формується не тільки за рахунок певних морфологічних ознак досліджуваних гібридів, а й розташування рослин у просторі та особливостей їх адаптації до умов вирощування та, відповідно, пристосування структурних елементів [1, 10].

Водночас, високий рівень продуктивності рослин сорго можна забезпечити завдяки не тільки оптимізації посівів стосовно ширини міжрядь та оптимального вибору кількості рослин на одиницю площі. Суттєвий вплив чинить правильний вибір сорту чи гібрида відповідно до погодних умов зони вирощування та забезпечення для рослин оптимальних умов росту й розвитку завдяки уникненню дефіциту чинників живлення в критичні періоди за потребою у волозі, сумі температур та поживних речовин [11].

Відповідно фізіологічно оптимальна кількість опадів та сума активних температур у періоди активного росту й розвитку сприяє формуванню достатньо розвинутих рослин

Larysa Storozhyk  
<https://orcid.org/0000-0003-1587-1477>  
Olha Muzyka  
<https://orcid.org/0000-0002-7039-8283>

та накопиченню великої кількості вегетативної маси.

З агротехнічного погляду корегування тривалості вегетаційного періоду загалом та проходження окремих фенофаз росту й розвитку рослин можлива за рахунок додаткового застосування регуляторів росту рослин. Правильний вибір регуляторів та вчасне їх застосування сприяє пришвидшенню або ж подовженню тривалості деяких етапів росту й розвитку. Відповідно завдяки таким агротехнічним заходам можна уникнути стресу рослин від нестачі чинників життя в критичні етапи онтогенезу [12].

Обґрунтований вибір гібридів сорго цукрового та елементів технології його вирощування дає змогу отримати високий рівень продуктивності та забезпечити ефективність і адаптивність технологій вирощування до сучасних умов змін клімату та особливостей аграрного виробництва.

*Мета дослідження* – виявити особливості росту й розвитку рослин та формування продуктивності гібридів сорго цукрового за різної ширини міжрядь, густоти посівів та застосування регулятора росту Вимпел 2 у зоні Лісостепу України.

### Матеріали та методика досліджень

Експериментальні дослідження проводили впродовж 2016–2018 рр. в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, що належить до зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий глибокий малогумусний крупнопилувато-середньосуглинкового гранулометричного складу. В орному шарі (0–30 см) міститься: гумусу – 3,5%, загального азоту – 0,31%; гідролітична кислотність – 2,41 мг-екв; легкогідролізованого азоту (N) – 13,4, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 27,6, K<sub>2</sub>O – 9,8 мг на 100 г ґрунту. Ступінь насиченості основами – 90%.

Погодні умови років досліджень були доволі контрастними. Зокрема, у 2016 р. у квітні, травні, червні, липні, серпні й вересні випало 59,4; 95,2; 37,7; 24,5; 22,3 і 4,6 мм опадів, або 126, 207, 52, 29, 37 і 13% до середньобагаторічного показника відповідно. А от 2017 рік виявився найпосушливішим: за аналогічні місяці випало 25,8; 32,7; 28,8; 62,2; 3,9 і 7,0 мм, або 55, 71, 39, 73, 7 і 20% до середньобагаторічної норми. Крім того, температура повітря впродовж цього періоду на 0,1–3,4 °С перевищувала середні багаторічні дані. Кількість опадів за вегетаційний період

2018 р. становила 286,4 мм, за сільськогосподарський рік – 546,6 мм, або 83 і 97%, а температура місяців вегетаційного періоду на 1,5–4,5 °С перевищувала середні багаторічні.

Загалом погодно-кліматичні умови були типовими для зони нестійкого зволоження Центрального Лісостепу України та давали змогу отримати достатній рівень продуктивності сорго цукрового.

Чотирифакторний польовий дослід закладали за такою схемою: *фактор А* – гібрид: ‘Довіста’ і ‘Тулівер’; *фактор В* – ширина міжрядь: 45 і 70 см; *фактор В* – густина рослин: 150, 200 та 250 тис. шт./га; *фактор Г* – обробка стимулятором росту: контроль – насіння обробляли водою; обробка насіння стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) + позакореневе застосування у фазі кушення (0,5 л/га).

Площа посівної ділянки – 50 м<sup>2</sup>, облікової – 25 м<sup>2</sup>. Розміщення ділянок – рендомізоване, повторність – чотириразова.

Регулятором росту Вимпел 2 насіння сорго цукрового обробляли безпосередньо перед сівбою.

Урожайність обліковували шляхом зважування зеленої маси з кожної ділянки з наступним перерахунком її на гектар [13].

Уміст сухої речовини визначали шляхом висушування до абсолютно сухої маси в сушильній шафі за температури 100–105 °С протягом 4–6 годин.

Вуглеводний складник соку стебел цукрового сорго визначали у фазах викидання волоті, росту зернівки та воскової стиглості за методом Люфа–Шоорля [4].

Статистичну обробку результатів досліджень проводили методом дисперсійного аналізу з використанням комп’ютерного програмного забезпечення Excel, Statistica 6.0 [14].

### Результати досліджень

Урожайність біомаси рослин сорго цукрового визначається оптимальним співвідношенням індивідуальної продуктивності рослин та їх кількості на одиниці площі. У визначенні оптимальної площі живлення рослин культури, крім густоти їх стояння, велике значення мають біологічні особливості гібрида. Досліджувані гібриди належать до різних груп стиглості, тому порівнювати їх між собою недоцільно, а от взаємодія їх із ґрунтово-кліматичними умовами регіону та досліджуваними елементами технології вирощування відбувалася по-різному.

Зокрема, гібрид ‘Тулівер’ є середньораннім, із тривалістю вегетаційного періоду 96–110 діб до воскової стиглості та 106–116 діб до повної стиглості зерна; ‘Довіста’ – серед-

ньо пізній, із тривалістю вегетації 120–130 та 130–140 діб відповідно.

Показники врожайності біомаси гібридів сорго цукрового залежно від впливу таких агротехнічних чинників як ширина міжрядь, густина посівів та обробка насіння регулятором росту наведено в таблиці 1.

За різної ширини міжрядь та густоти стояння рослин гібрид 'Гулівер' дещо поступається 'Довіста' за показниками врожайності. Зокрема, гібрид 'Довіста' за врожайністю перевищує в середньому по досліді на 3,6 т/га гібрид 'Гулівер'. Урожайність окремо взятих гібридів – це кількісне вираження їхніх генетичних особливостей у певних ґрунтово-кліматичних умовах. Гібрид 'Довіста' має більший потенціал підвищення продуктивності завдяки тривалішому вегетаційному періоду. За сприятливих умов вирощування протягом вегетаційного періоду рослини сорго цукрового були добре пристосованими до погодних умов зони Лісостепу, а відповідне розміщення по площі сприяло ліпшій діяльності їх асиміляційної поверхні.

Аналіз показників формування досліджуваними гібридами біомаси в цілому по роках досліджень свідчить, що найменш продуктивним був 2017 рік. І цьому є закономірне пояснення, адже за вегетаційний період ви-

пало лише 251 мм опадів, за багаторічних значень у 379 мм. У поєднанні з нестачею опадів у 2016 р., що не дало змогу відновитися запасам ґрунтової вологи на належному рівні, та високими середньодобовими температурами повітря у 2017 р., рівень продуктивності навіть доволі стійких до засушливих умов соргових культур знизився до 51,1 т/га в середньому по досліді, а за гібридами становив 52,6 та 49,5 т/га відповідно.

За вирощування сорго цукрового із шириною міжрядь 45 та 70 см і нормою висіву 150 тис. шт./га було отримано мінімальні показники врожайності біомаси в досліді – 47,0–69,1 т/га. Це зумовлено не тільки особливостями формування оптичної структури посівів, а й високим рівнем повторного забур'янення за перерахованих густот. Зокрема, на ранніх етапах росту й розвитку (фаза куцання), коли рослини сорго цукрового ростуть повільно та не здатні формувати значну площу листової поверхні, мікроклімат поля порушується й відбувається значне випаровування доступної вологи з поверхні поля. У цей час бур'яни ще можна контролювати як міжрядними рихленнями, так і застосуванням гербіцидів. У фазі виходу в трубку рослини сорго досягають висоти 90–105 см, а тому міжрядні рихлення та внесення гербі-

Таблиця 1

**Урожайність біомаси гібридів сорго цукрового залежно від ширини міжрядь, густоти рослин та обробки регулятором росту, т/га (2016–2018 рр.)**

Гібрид (фактор А)	Ширина міжрядь, см (фактор Б)	Густина рослин, тис. шт./га (фактор В)	Обробка регулятором росту (фактор Г)	Рік			
				2016	2017	2018	середнє
'Довіста'	45	150	Контроль	52,5	40,8	70,1	54,5
			Вимпел 2	59,4	46,3	80,1	61,9
		200	Контроль	61,5	48,2	83,3	64,3
			Вимпел 2	70,9	57,2	95,8	74,6
		250	Контроль	77,6	62,5	108,6	82,9
			Вимпел 2	95,9	72,6	128,0	98,8
	70	150	Контроль	47,6	37,5	63,7	49,6
			Вимпел 2	54,4	43,5	72,7	56,9
		200	Контроль	56,9	44,7	76,5	59,4
Вимпел 2	65,9		51,4	87,6	68,3		
'Гулівер'	45	150	Контроль	46,9	37,6	64,0	49,5
			Вимпел 2	54,0	42,9	73,5	56,8
		200	Контроль	58,0	46,3	78,9	61,1
			Вимпел 2	67,9	53,0	91,8	70,9
		250	Контроль	77,5	60,1	103,8	80,5
			Вимпел 2	89,0	68,6	122,9	93,5
	70	150	Контроль	45,4	34,8	60,7	47,0
			Вимпел 2	51,7	40,0	69,4	53,7
		200	Контроль	53,8	42,3	73,2	56,4
Вимпел 2	62,7		48,6	84,3	65,2		
250	Контроль	69,7	55,6	94,7	73,3		
	Вимпел 2	82,6	63,9	111,1	85,9		
НІР <sub>0,05</sub>				0,9	0,5	1,2	1,0

цидів за відсутності спеціальних оприскувачів для високорослих культур неможливе без пошкодження культурних рослин.

Крім того, проблема кардинальної зміни структурних параметрів посівів сорго зернового за зміни густоти рослин на одиницю площі пов'язана ще й із тим, що на відміну від, скажімо, зернового сорго рослини цукрового мають меншу куцистість. Зокрема, загалом куцистість досліджуваних гібридів сорго зернового була на рівні 1,2–1,8 стебел на рослину, тоді як гібриди зернового сорго формують у середньому 3–4 шт. А отже, за меншої густоти посівів рослини цукрового сорго нездатні компенсувати втрати оптичної щільності іншими елементами структури аналогічно зерновому сорго або іншим злаковим культурам.

Відповідно в оптично нещільних посівах сорго цукрового спостерігається відростання повторної хвилі бур'янів та інтенсифікація росту високорослих видів, що оминули знищення в процесі проведення заходів захисту. Формування навіть декількох рослин високорослих видів бур'янів на метр квадратний площі може суттєво зменшити надходження сонячної енергії до фотосинтетичного апарату культурних рослин сорго цукрового.

У варіантах обробки насіння культури стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) + позакореневе застосування у фазі куцання (0,5 л/га) було отримано приріст продуктив-

ності рослин. Зокрема, у гібрида 'Довіста' різниця з контрольними варіантами без обробки за різних норм висіву та ширині міжрядь 45 см була 7,4–15,9 т/га, а за ширини міжрядь 70 см – 7,3–13,5 т/га відповідно.

За аналогією з вищеописаним гібридом реакція рослин сорго цукрового 'Гулівер' на застосування препарату Вимпел 2 була подібною. Зокрема, за обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) + позакореневе застосування в фазу куцання (0,5 л/га) за ширини міжрядь 45 см та зміни норм висіву від 150 до 250 тис. шт./га отримали приріст врожаю на рівні 7,3–13,0 т/га, а аналогічні варіанти дослідів за ширини міжрядь 70 см забезпечили збір вегетативної маси сорго цукрового на 6,7–12,6 т/га вище контрольних варіантів.

За допомогою дисперсійного аналізу можна повною мірою оцінити не тільки достовірність отриманих відхилень, а й визначити частки впливу факторів на досліджувані показники. Власне частки факторів дають змогу визначити дієвість того чи іншого агрозаходу порівняно з іншими, що є важливо з погляду розуміння істотності впливу елементів дослідів.

Установлено, що найдієвішим фактором формування продуктивності біомаси сорго є густота посівів (32%), що узгоджується з даними щодо рівня куцання та вторинної хвилі забур'янення посівів.

Регулятор росту доволі добре стимулює рослини та дає змогу оминати в процесі сво-

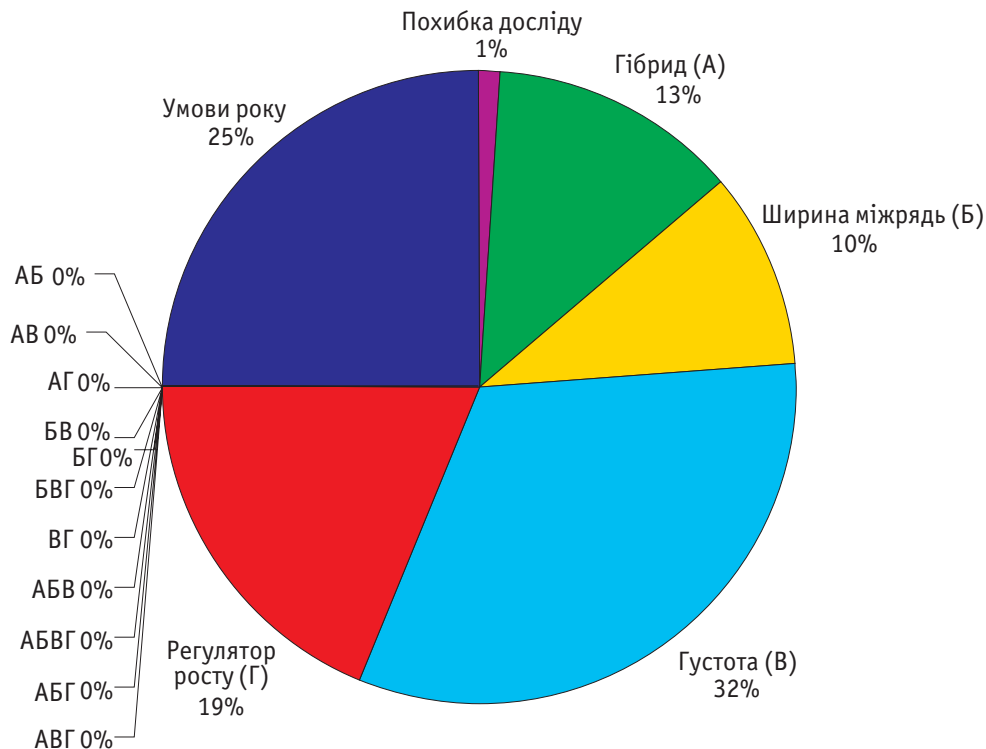


Рис. 1. Частка впливу факторів на формування врожайності біомаси сорго цукрового (за даними 2016–2018 рр.)

го росту й розвитку нестачі чинників живлення в критичні періоди онтогенезу [10]. Зокрема, застосування обробки насіння сорго стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) + позакореневе застосування у фазі кушення (0,5 л/га) забезпечує вплив на формування врожаю на рівні 19%.

Незважаючи на те, що гібриди 'Довіста' та 'Гулівер' селекції однієї установи-оригінатора, їх відмінності в тривалості вегетаційного періоду (середньоранній та середньопізній) позначилися й на формуванні рівня продуктивності посівів у межах 13%.

Вирощування досліджуваних гібридів за різної ширини міжрядь незначно вплинуло на формування рівня їх продуктивності – усього в межах 10% і пов'язано з тим, що за однакових норм висіву відмінності є лише у формі площі живлення, адже в першому випадку (50 см) вона квадратна, а за ширини міжрядь 70 см – прямокутна. Але загалом у дослідженні не виявлено значних відмінностей у продуктивності рослин завдяки добрій адаптивності їх архітектоніки, тому розглядаємо обидві площі як альтернативні одна одній.

Якість біомаси сорго цукрового надзвичайно важливий показник, оскільки власне від нього залежить ефективність виробництва біопалива. Адже такі ознаки, як кількість сухої речовини та цукристість формуються в процесі росту й розвитку гібридів сорго та залежать не тільки від періоду онтогенезу, погодних умов, а й елементів технології вирощування культури.

Адже придатність сорго цукрового для використання як біоенергетичної культури передусім пов'язана зі здатністю акумулювати в стебла велику кількість розчинних цукрів та накопичувати достатню кількість сухої речовини. По суті ця культура багатогранна в переробці на біопаливо, оскільки після отримання сиропу стебла й листя використовуються для виготовлення твердих видів палива. А отже, якість отримуваної сировини культури слід оцінювати як за показниками вмісту сухої речовини, так і загального вмісту цукрів.

Однією з біологічних особливостей сорго цукрового є повільний ріст на початку вегетації, коли рослини активно формують кореневу систему. Тільки у фазі виходу в трубку (диференціація точки росту) рослини починають інтенсивно накопичувати вегетативну масу [2].

Відповідно до загальних уявлень щодо особливостей накопичення сухої речовини посіви зі значним фотосинтетичним потенціалом забезпечують формування високої продуктивності культури [3]. Однак, з погляду фізіології соргових культур накопичення сухої речо-

вини в сорго цукрового конкурує з утворенням цукрів в соку стебел. Крім того, наприкінці вегетації прості цукри перетворюються в цукрозу, що потребує додаткових затрат енергії. Також важливим аспектом визначення вмісту сухих речовин в кінці вегетаційного періоду є те, що фізіологічно рослини сорго накопичують до початку цвітіння приблизно 50% від їх загальної кількості сухих речовин і після запліднення та утворення насіння вони інтенсивно наповнюють насіння. По суті, у межах рослини відбувається перерозподіл запасних поживних речовин, який неможливо визначити відповідно до методик обрахунку чистої продуктивності фотосинтезу. А тому найдієвішим методом обліку ефективності накопичення сухої речовини є визначення збору сухої речовини гібридів сорго цукрового залежно від ширини міжрядь, густоти рослин та обробки регулятором росту на кінець вегетації (табл. 2).

Відповідно суха речовина формувалася досліджуваними гібридами сорго цукрового за роками досліджень аналогічно до особливостей накопичення вегетативної біомаси. Зокрема, найменше сухої речовини було сформовано в 2017 р. – у середньому по досліді 12,1 т/га, а за гібридами: 'Довіста' – 12,8 т/га та 'Гулівер' – 11,5 т/га. Умови вегетації у 2016 р. були дещо кращими, а тому в середньому рослини накопичили 13,5 т/га сухої речовини або 14,2 і 12,8 т/га відповідно до досліджуваних гібридів.

Найоптимальніші умови для росту й розвитку рослин, що сприяли зокрема й формуванню значних кількостей сухої речовини, були у 2018 р. У середньому за варіантами досліді формувалося 16,5 т/га сухої речовини, зокрема в гібрида 'Довіста' – 17,4 т/га, 'Гулівер' – 15,6 т/га.

Про негативний вплив умов вирощування за роками досліджень та супутніх факторів докладно згадано під час аналізу накопичення рослинами сорго цукрового біомаси, тому нема потреби конкретизувати це й для збору сухої речовини. Адже як свідчать праці інших учених, особливості формування рослинами сорго вегетативної маси та накопичення сухої речовини тісно корельовані та на них ідентичний вплив мають умови року й досліджувані нами елементи технології вирощування [2].

За вирощування сорго цукрового із шириною міжрядь 45 та 70 см і нормою висіву 150 тис. шт./га отримано мінімальні в досліді показники накопичення сухої речовини – 6,5–9,5 т/га.

Щодо застосування стимулятора росту, то за аналогією з накопиченням вегетативної

Збір сухої речовини гібридів сорго цукрового залежно від ширини міжрядь, густоти рослин та обробки регулятором росту, т/га

Гібрид (фактор А)	Ширина міжрядь, см (фактор Б)	Густота рослин, тис. шт./га (фактор В)	Обробка регулятором росту (фактор Г)	Рік				
				2016	2017	2018	середнє	
'Довіста'	45	150	Контроль	8,0	7,5	9,3	8,3	
			Вимпел 2	9,2	8,6	10,8	9,5	
		200	Контроль	13,3	11,9	16,4	13,9	
	'Гулівер'	45	200	Вимпел 2	15,7	14,3	19,3	16,4
				250	Контроль	20,1	18,0	25,9
			Вимпел 2	25,0	21,1	30,8	25,6	
70		150	Контроль	6,8	6,5	7,8	7,0	
			Вимпел 2	7,9	7,6	9,1	8,2	
		200	Контроль	12,1	10,9	14,8	12,6	
'Гулівер'	70	200	Вимпел 2	14,5	12,9	17,6	15,0	
			250	Контроль	17,3	15,4	21,4	18,0
		Вимпел 2	20,4	18,8	25,4	21,5		
	45	150	Контроль	6,9	6,6	8,1	7,2	
			Вимпел 2	8,5	8,0	10,1	8,9	
		200	Контроль	12,7	11,5	15,7	13,3	
'Довіста'	45	200	Вимпел 2	15,0	13,3	18,4	15,6	
			250	Контроль	16,9	14,9	20,6	17,5
		Вимпел 2	20,5	17,8	25,8	21,4		
	70	150	Контроль	6,3	5,9	7,2	6,5	
			Вимпел 2	7,5	7,0	8,7	7,8	
		200	Контроль	11,2	10,0	13,7	11,7	
'Гулівер'	70	200	Вимпел 2	13,4	11,9	16,4	13,9	
			250	Контроль	15,6	14,1	19,2	16,3
		Вимпел 2	18,6	16,3	22,8	19,2		
	НІР <sub>0,05</sub>				0,3	0,2	0,4	0,4

маси він впливав і на формування та накопичення сухої речовини. Зокрема, у варіантах обробки насіння сорго стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) + позакореневе застосування у фазі куцання (0,5 л/га) на гібриді 'Довіста' різниця з контрольними варіантами без обробки за ширини міжрядь 45 см та різних норм висіву становила 1,3–4,3 т/га, а за ширини міжрядь 70 см – 1,2–3,5 т/га відповідно.

Аналогічно в гібрида 'Гулівер' за обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) + позакореневе застосування у фазі куцання (0,5 л/га) за ширини міжрядь 45 см та зміни норм висіву від 150 до 250 тис. шт./га отримали приріст сухої речовини на рівні 1,7–3,9 т/га, а за ширини міжрядь 70 см – на 1,3–3,0 т/га більше показників контрольних варіантів.

Отримані закономірності відхилень збору сухої речовини щодо різних варіантів досліду перевищують показники найменшої істотної різниці досліду (НІР<sub>0,05</sub>), а тому достовірні на 95%-му рівні ймовірності. Це означає, що закономірності висвітлені в досліді можуть бути масштабовані на виробничі посіви з високим рівнем точності, за умови вирощування гібридів сорго цукрового в аналогічних ґрунтово-кліматичних умовах.

Отже, результати досліджень свідчать, що збільшення густоти стояння рослин сорго цукрового супроводжується підвищенням урожайності зеленої та сухої маси. Крім того, додатковий внесок у формування цих ознак має застосування стимулятора росту рослин. Зокрема, найвищу врожайність зеленої маси за густоти 250 тис. рослин на гектар та обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) + позакореневого застосування у фазі куцання (0,5 л/га) забезпечив гібрид 'Довіста' – 98,8 т/га, що на 5,3 т/га більше, ніж у гібрида 'Гулівер' за ширини міжрядь 45 см. Відповідно за густоти 250 тис. рослин на гектар урожайність сухої маси в гібрида 'Довіста' у цих варіантах становила 25,6 т/га і 21,4 т/га в гібрида 'Гулівер'.

Установлено, що на накопичення сухої речовини максимальний вплив чинив фактор густоти посівів гібридів сорго цукрового – 37%. Оскільки аналогічні закономірності отримані нами за аналізу часток впливу факторів на збір біомаси, то й вплив умов, що спричинили такий розподіл часток факторів докладно описано вище (рис. 2).

Застосування стимулятора росту Вимпел 2 виявилось ефективним фактором у накопиченні сухої речовини рослинами цукрового сорго та визначало його рівень на 20%.



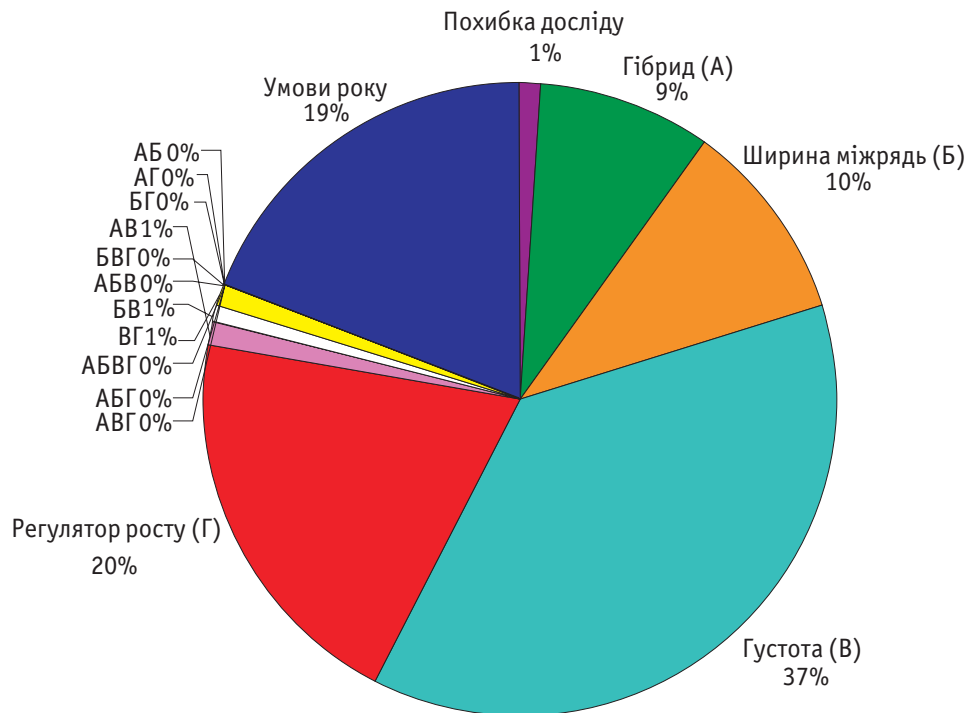


Рис. 2. Частка впливу факторів на формування збору сухої речовини сорго цукрового (за даними 2016–2018 рр.)

Біологічні відмінності досліджуваних гібридів та ширина міжрядь впливали на формування ознаки лише на 9 та 10% відповідно, а погодні умови вегетаційного період з огляду на їх контрастність за роками досліджень – на 19%.

За аналогією з часткою впливу факторів на накопичення вегетативної маси також виявлено і їх взаємодію, однак через значний вплив основних факторів дослідження показники адитивного їх поєднання факторів здебільшого перебували в межах від 0 до 1%.

Загальний уміст цукрів у соку стебел рослин сорго є важливим показником формування якості отриманої продукції. Адже за переробки на біоетанол саме від нього залежить наскільки ефективним буде виробництво.

Відомо, що стебло сорго цукрового містить від 12 до 20% загальних цукрів, які розподіляються у своїй структурі на цукрозу (50–80%), глюкозу та фруктозу (20–40%) [1, 5].

Відповідно, різноманітність хімічного складу цукрів у соку сорго цукрового свідчить про перспективність використання його як сировини для виробництва біоетанолу. Адже за переробки сорго на харчові цілі проблемно відокремити прості цукри від сахарози, тоді як використання його для отримання біопалива не потребує затрат для розділення цукрів [6, 7].

Уміст цукрози в соку стебел сорго зростає в міру досягання насіння на рослинах та є

максимальним у фазі повної стиглості. Однак уміст глюкози й фруктози досягає свого максимуму орієнтовно у фазі молочної стиглості зерна. Надалі в рослинах до фази повної стиглості відбувається трансформація простих цукрів у цукрозу, що в енергетичному еквіваленті не передбачає втрат, адже молекули цукрози містять удвічі більше енергії. Проте загальний уміст цукрів знижується з огляду на трансформацію вуглеводів [9].

А отже, проведений аналіз літературних джерел підтверджує висновок щодо неприпустимості раннього збирання врожаю сорго, оскільки цукри в рослинах накопичуються та трансформуються до фізіологічної стиглості зерна. Однак після припинення росту рослин відбувається повільне руйнування вуглеводів у соку стебел, тому зі строками збирання не варто значно затягувати [9].

Загальний уміст цукрів у соку стебел сорго цукрового визначали у фазах викидання волоті, цвітіння, молочної та повної стиглості (табл. 3). Виявлено, що у фазі викидання волоті різниця між варіантами дослідження була незначною: у середньому за варіантами дослідження в стеблах сорго формувалося 3,2% цукрів, зокрема 3,3% у гібрида 'Довіста' та 3,2% у гібрида 'Гулівер'.

Відмінності у вмісті загальних цукрів за варіантами дослідження мали переважно тенденційний характер і хоча обробка насіння стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) з подальшим позакореневим його використанням у

**Уміст загальних цукрів у соку стебел гібридів сорго цукрового залежно від факторів досліду, %  
(середнє за 2016–2018 рр.)**

Гібрид (фактор А)	Ширина міжрядь, см (фактор Б)	Густота рослин, тис. шт./га (фактор В)	Обробка регулятором росту (фактор Г)	Фаза росту й розвитку культури				
				викидання волоті	цвітіння	молочна стиглість зерна	фізіологічна стиглість зерна	
'Довіста'	45	150	Контроль	3,1	7,1	15,3	14,6	
			Вимпел 2	3,3	7,4	16,1	15,4	
		200	Контроль	3,2	7,3	15,7	14,7	
	'Гулівер'	45	150	Вимпел 2	3,3	7,6	16,3	15,5
				250	Контроль	3,3	7,6	16,1
			Вимпел 2	3,4	7,7	16,6	15,7	
70		150	Контроль	3,2	7,3	15,6	14,8	
			Вимпел 2	3,3	7,5	16,3	15,4	
		200	Контроль	3,3	7,5	16,2	15,1	
'Гулівер'	45	150	Вимпел 2	3,4	7,8	16,6	15,8	
			250	Контроль	3,4	7,7	16,6	15,8
		Вимпел 2	3,5	8,1	17,3	16,5		
	70	150	Контроль	3,0	6,8	14,5	13,8	
			Вимпел 2	3,2	7,3	15,7	14,8	
		200	Контроль	3,1	7,1	15,2	14,5	
НІР <sub>0,05</sub>	45	150	Вимпел 2	3,2	7,2	15,5	14,9	
			250	Контроль	3,2	7,0	15,2	14,7
		Вимпел 2	3,3	7,5	16,1	14,8		
	70	150	Контроль	3,1	7,0	14,9	14,1	
			Вимпел 2	3,2	7,2	15,6	14,6	
		200	Контроль	3,2	7,1	15,2	14,2	
70	150	Вимпел 2	3,3	7,5	16,2	15,1		
		250	Контроль	3,3	7,5	15,9	15,0	
	Вимпел 2	3,4	7,7	16,6	15,9			
НІР <sub>0,05</sub>				0,1	0,2	0,3	0,3	

фазі куцнення (0,5 л/га) сорго підвищувало по варіантах досліду вміст загальних цукрів на 0,15%, але це незначне відхилення було в межах похибки досліду.

Аналіз умісту загальних цукрів у фазі цвітіння рослин цукрового сорго вказує на відмінності, спричинені впливом факторів досліду та додатковим застосуванням стимулятора росту Вимпел 2 у фазі куцнення. У середньому по досліду вміст загальних цукрів був на рівні 7,4%: 7,6% у гібрида 'Довіста' та 7,2% у гібрида 'Гулівер'.

У варіантах обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) + позакореневе застосування у фазі куцнення (0,5 л/га) було отримано приріст умісту загальних цукрів. Зокрема, у разі застосування цього препарату на гібриді 'Довіста' різниця з контрольними варіантами без обробки за ширини міжрядь 45 см та різних норм висіву була 0,2–0,4%, а за ширини міжрядь 70 см – 0,2–0,3%.

Реакція рослин гібрида сорго цукрового 'Гулівер' на застосування препарату Вимпел 2 була повністю аналогічною. Зокрема, за обробки насіння цим стимулятором росту (0,5 л/т) + позакореневе застосування у фазі куцнення (0,5 л/га) за ширини міжрядь 45 см та зміни норм висіву від 150 до 250 тис. шт./га отри-

мали приріст умісту загальних цукрів на рівні 0,5%, а аналогічні варіанти досліду за ширини міжрядь 70 см забезпечили приріст на 0,2–0,5% вище контрольних варіантів.

У фазі молочної стиглості зерна вміст загальних цукрів у стеблах сорго цукрового був максимальним по досліду: у середньому показники були на рівні 15,9%, зокрема 16,2% у гібрида 'Довіста' та 15,5% у гібрида 'Гулівер'.

Відповідно за обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) + позакореневе застосування у фазі куцнення (0,5 л/га) було отримано приріст умісту загальних цукрів у гібрида 'Довіста' за ширини міжрядь 45 см та різних норм висіву 0,6–0,8%, а за ширини міжрядь 70 см – 0,4–0,7%. Аналогічно в рослин гібрида 'Гулівер' у разі застосування препарату за ширини міжрядь 45 см та норм висіву від 150 до 250 тис. шт./га отримали приріст умісту загальних цукрів на рівні 0,2–1,2%, а аналогічні варіанти за ширини міжрядь 70 см забезпечили приріст на 0,7–0,9% проти контрольних варіантів.

У фазі фізіологічної стиглості зерна вміст загальних цукрів у стеблах сорго цукрового був нижчим, порівняно з попередньою фазою. Як уже відмічалось, це відбулося за ра-

хунок перетворення частини простих вугледів у складні – цукрозу. А отже, у середньому по досліді показники вмісту цукрів були на рівні 15,0%: у гібрида ‘Довіста’ – 15,4%, ‘Гулівер’ – 14,7%.

Варіанти різних норм висіву незначно та недостовірно відрізнялися за вмістом цукрів у стеблах сорго між собою і лише за норми висіву 150 тис. шт./га показники набули мінімальних значень по досліді. Це пов'язано з наявністю значних обсягів повторної забур'яненості посівів сорго на таких варіантах та присутністю високорослих видів бур'янів у посівах до кінця вегетаційного періоду культури.

За аналогією з попереднім періодом обліку основні відмінності в формуванні вмісту загальних цукрів у стеблах сорго були отримані в разі застосування стимулятора росту Вимпел 2. Зокрема, за обробки ним насіння (0,5 л/т) + позакореневе застосування у фазі куцнення (0,5 л/га) отримано приріст вмісту цукрів у гібрида ‘Довіста’ за ширини міжрядь 45 см та різних норм висіву 0,6–0,8%, а за ширини міжрядь 70 см – 0,6–0,7% відповідно. У гібрида ‘Гулівер’ у разі застосування препарату за ширини міжрядь 45 см вміст загальних цукрів збільшувався на 0,1–1,0%, а аналогічні варіанти за ширини міжрядь 70 см забезпечили приріст 0,5–0,9% проти контролю.

### Висновки

Збільшення густоти стояння рослин сорго цукрового супроводжується підвищенням урожайності його зеленої та сухої маси. Мінімальні показники врожайності біомаси в досліді – 47,0–69,1 т/га – отримано за вирощування культури із шириною міжрядь 45 та 70 см і нормою висіву 150 тис. шт./га.

Вирощування досліджуваних гібридів за різної ширини міжрядь незначно вплинуло на формування рівня їх продуктивності – усього в межах 10%, що пояснюється ідентичними особливостями площ живлення рослин за однакових норм висіву насіння. Незважаючи на те, що гібриди ‘Довіста’ та ‘Гулівер’ селекції однієї установи-оригінатора, їх відмінності в тривалості вегетаційного періоду (середньоранній та середньопізній) позначилися й на формуванні рівня продуктивності посівів у межах 13%.

Найвищу врожайність зеленої маси за густоти 250 тис. рослин на гектар та застосування стимулятора росту Вимпел 2 забезпечив гібрид ‘Довіста’ – 98,8 т/га, що на 5,3 т/га більше, ніж у гібрида ‘Гулівер’ за ширини міжрядь 45 см.

За вирощування сорго цукрового із шириною міжрядь 45 та 70 см і нормою висіву 150 тис. шт./га отримано мінімальні показники накопичення сухої речовини в досліді – 6,5–9,5 т/га. Відповідно за густоти 250 тис. рослин на гектар урожайність сухої маси в гібрида ‘Довіста’ у цих варіантах становила 25,6 т/га і 21,4 т/га в гібрида ‘Гулівер’.

У варіантах обробки насіння сорго стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) + позакореневе застосування у фазі куцнення (0,5 л/га) на гібриді ‘Довіста’ різниця з контрольними варіантами без обробки за ширини міжрядь 45 см та різних норм висіву становила 1,3–4,3 т/га, а за ширини міжрядь 70 см – 1,2–3,5 т/га відповідно. Аналогічно в гібрида ‘Гулівер’ за ширини міжрядь 45 см отримали приріст сухої речовини на рівні 1,7–3,9 т/га, а за ширини міжрядь 70 см – на 1,3–3,0 т/га більше показників контрольних варіантів.

У фазі фізіологічної стиглості зерна вміст загальних цукрів у стеблах сорго цукрового в середньому по досліді був на рівні 15,0%, зокрема в гібрида ‘Довіста’ – 15,4%, ‘Гулівер’ – 14,7%. Варіанти різних норм висіву незначно та недостовірно відрізнялися за вмістом цукрів у стеблах сорго між собою і лише за норми висіву 150 тис. шт./га показники були мінімальними по досліді.

За обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) + позакореневе застосування у фазі куцнення (0,5 л/га) отримано приріст вмісту цукрів у гібрида ‘Довіста’ за ширини міжрядь 45 см та різних норм висіву 0,6–0,8%, а за ширини міжрядь 70 см – 0,6–0,7% відповідно. У гібрида ‘Гулівер’ у разі застосування препарату за ширини міжрядь 45 см вміст загальних цукрів збільшувався на 0,1–1,0%, а аналогічні варіанти за ширини міжрядь 70 см забезпечили приріст 0,5–0,9% проти контролю.

### Використана література

1. Шепель Н. А. Сорго. Волгоград : Комитет по печати, 1994. 448 с.
2. Калетнік Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні. Київ : Аграрна наука, 2008. 464 с.
3. Климович П. В. Ефективність доз і строків застосування добрив під сорго зернове на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.04 «Агрохімія» / ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського». Харків, 2007. 23 с.
4. Dobrzycki J. Analiza chemiczna w cukrownictwie. Warszawa : Wydaw. Nauk.-Techn., 1978. 286 s.
5. Григоренко Н. О. Удосконалення технології харчового сиропу із цукрового сорго : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.05 «Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння» / Нац. ун-т харчових технологій. Київ, 2010. 20 с.
6. Курило В. Л., Григоренко Н. О., Марчук О. О. Цукрове сорго – перспективна сировина для комплексного використання. *Наукові праці ІБКіЦБ*. 2011. Вип. 12. С. 130–134.
7. Ковальчук В. П., Григоренко Н. О., Костенко О. І. Цукрове сор-

- го – цукровмісна сировина та потенційне джерело енергії. *Цукрові буряки*. 2009. № 6. С. 6–7.
- Ганженко О. М., Григоренко Н. О. Залежність продуктивності і вуглеводного складу від сортових особливостей та мінерального живлення цукрового сорго. *Цукор України*. 2011. № 4. С. 27–32.
  - Almodares A., Hadi M. R., Ranjbar M., Taheti R. The effects of nitrogen treatments, cultivars and harvest stages on stalk yield and sugar content in sweet sorghum. *Asian J. Plant Sci.* 2007. Vol. 6, Iss. 2. P. 423–426. doi: 10.3923/ajps.2007.423.426
  - Сторожик Л. І. Формування продуктивності сорго цукрового в умовах Східного Лісостепу України. *Наукові праці ІБКіЦБ*. 2018. Вип. 26. С. 91–104.
  - Федорчук М. І., Коковіхін С. В., Каленська С. М. та ін. Науково-теоретичні засади та практичні аспекти формування еколого-безпечних технологій вирощування та переробки сорго в степовій зоні України. Херсон, 2017. 208 с.
  - Сторожик Л. І., Музика О. В. Формування структурних показників урожаю сорго цукрового залежно від елементів технології вирощування. *Новітні агротехнології*. 2017. № 5. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/143946>. doi: 10.21498/na.5.2017.143946
  - Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачик. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2015. 160 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.
- ## References
- Shepel', N. A. (1994). *Sorgo* [Sorghum]. Volgograd: Komitet po pechati. [in Russian]
  - Kaletnyk, H. M. (2008). *Rozvytok rynku biopalyva v Ukraini* [Development of biofuel market in Ukraine]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian]
  - Klymovych, P. V. (2007). *Efektivnist doz i strokiv zastosuvannya dobyv pid sorho zernove na chornozemi opidzolenomu Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy* [Efficiency of doses and terms of application of fertilizers under sorghum grain on chernozem of Forest-Steppe zone of Ukraine] (Extended Abstract of Cand. Agric. Sci. Diss.). NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine. [in Ukrainian]
  - Dobrzycki, J. (1985). *Analiza chemiczna w cukrownictwie* [Chemical analysis in sugar production]. Warszawa: Wydaw. Nauk.-Techn. [in Polish]
  - Hryhorenko, N. O. (2010). *Udoskonalennia tekhnolohii kharchovoho syropu iz tsukrovoho sorho* [Improving the technology of food syrup from sweet sorghum] (Extended Abstract of Cand. Techn. Sci. Diss.). National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
  - Kurylo, V. L., Hryhorenko, N. O., & Marchuk, O. O. (2011). Sweet sorghum is a promising raw material for complex use. *Nauk. praci inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 12, 130–134. [in Ukrainian]
  - Kovalchuk, V. P., Hryhorenko, N. O., & Kostenko, O. I. (2009). Sweet sorghum is a sugar-based raw material and a potential source of energy. *Tsukrovi buriaky* [Sugar beet], 6, 6–7. [in Ukrainian]
  - Hanzhenko, O. M., & Hryhorenko, N. O. (2011). Dependence of productivity and carbohydrate composition on varietal characteristics and mineral nutrition of sweet sorghum. *Tsukor Ukrainy* [Sugar Ukraine], 4, 27–32. [in Ukrainian]
  - Almodares, A., Hadi, M. R., Ranjbar, M., & Taheti, R. (2007). The effects of nitrogen treatments, cultivars and harvest stages on stalk yield and sugar content in sweet sorghum. *Asian J. Plant Sci.*, 6(2), 423–426. doi: 10.3923/ajps.2007.423.426
  - Storozhyk, L. I. (2018). Formation of sugar sorghum productivity in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Nauk. praci inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 26, 91–103. [in Ukrainian]
  - Fedorchuk, M. I., Kokovikhin, S. V., Kalenska, S. M., Rakhmetov, D. B., Fedorchuk, V. H., Filipova, I. M., ... Panfilova, A. V. (2017). *Naukovo-teoretychni zasady ta praktychni aspekty formuvannya ekoloho-bezpechnykh tekhnolohii vyroshchuvannya ta pererobky sorho v stepovii zoni Ukrainy* [Scientific-theoretical principles and practical aspects of the formation of ecologically safe technologies of cultivation and processing of sorghum in the steppe zone of Ukraine]. Kherson: N.p. [in Ukrainian]
  - Storozhyk, L. I., & Muzyka, O. V. (2017). Formation of yield components in sugar sorghum as affected by certain components of the cultivation technology. *Novitni agrotehnologii* [Advanced agritechologies], 5. Retrieved from <http://jna.bio.gov.ua/article/view/143946> [in Ukrainian]
  - Tkachyk, S. O. (Ed.). (2015). *Metodyka derzhavnoi naukovo-tekhnichnoi ekspertyzy sortiv roslyn. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva* [Methodology of state scientific and technical examination of plant varieties. Methods of determining the quality indices of crop production]. (4<sup>th</sup> ed., rev.). Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian]
  - Eрмантраут, Е. Р., Присяжнюк, О. І., & Шевченко, І. Л. (2007). *Statystychni analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6.0* [Statistical analysis of agronomic study data in the Statistica 6.0 software suite]. Kyiv: PolihrafKonsaltingh. [in Ukrainian]

УДК 663.62:631.5/9

**Сторожик Л. И., Музыка А. В.** Особенности формирования продуктивности гибридов сорго сахарного в зависимости от влияния агротехнических факторов: ширины междурядий, густоты посевов и обработки регулятором роста // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 2. С. 171–181. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173567>

*Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, e-mail: larisastorozhyk1501@gmail.com*

**Цель.** Выявить особенности роста и развития растений и формирования продуктивности гибридов сорго сахарного при разной ширине междурядий, густоте посевов и применении регулятора роста Вымпел 2 в зоне Лесостепи Украины. **Методы.** В исследовании сеяли гибриды сорго 'Довіста' и 'Гулівер'. Ширина междурядий составляла 45 и 70 см при густоте растений в посевах 150, 200 и 250 тыс. шт./га. Проводили допосевную обработку семян сорго стимулятором роста Вымпел 2 (0,5 л/т), а также применяли его в фазе кущения

(0,5 л/га) культуры. **Результаты.** Установлено, что гибрид 'Довіста' имеет значительный потенциал продуктивности благодаря более длительному вегетационному периоду. В частности, в среднем по опыту при разной ширине междурядий и густоте стояния растений по урожайности он превышал гибрид 'Гулівер' на 3,6 т/га. В варианте применения стимулятора роста Вымпел 2 при ширине междурядий 45 см и изменении норм высева от 150 до 250 тыс. шт./га получили прирост урожая на уровне 7,3–13,0 т/га. Аналогичные варианты опы-

та при ширине междурядий 70 см обеспечили сбор вегетативной массы сорго сахарного на 6,7–12,6 т/га больше контрольных вариантов. Стимулятор роста Вымпел 2 увеличивал накопление сухого вещества у гибрида 'Довіста' при ширине междурядий 45 см и разных нормах высева на 1,3–4,3 т/га, тогда как при ширине междурядий 70 см – на 1,2–3,5 т/га. У гибрида 'Гулівер' в аналогичных вариантах опыта получен прирост сухого вещества на уровне 1,7–3,9 т/га, а применение регулятора роста обеспечило сбор сухого вещества на 1,3–3,0 т/га больше контрольных вариантов. Содержание общих сахаров в вариантах опыта имел тенденциозный характер. Применение обработки семян стимулятором роста Вымпел 2 (0,5 л/т) с последующим внекорневым использованием

в фазе кушения (0,5 л/га) повысило содержание общих сахаров на 0,15%, что, однако, было в пределах погрешности опыта. **Выводы.** Наивысшую урожайность зеленой массы при густоте 250 тыс. растений на гектар и применении стимулятора роста Вымпел 2 обеспечил гибрид 'Довіста' – 98,8 т/га, что на 5,3 т/га больше, чем у гибрида 'Гулівер' при ширине междурядий 45 см. В фазе физиологической спелости зерна содержание общих сахаров в стеблях сорго сахарного в среднем по опыту было на уровне 15,0%, в том числе у гибрида 'Довіста' – 15,4%, 'Гулівер' – 14,7%.

**Ключевые слова:** сорго сахарное; гибриды; стимулятор роста растений; урожайность и качественные показатели; погодные условия вегетационного периода.

UDC 663.62:631.5/9

**Storozhyk, L. I., & Muzyka, O. V.** (2019). Features of formation of productivity of sweet sorghum hybrids depending on the influence of agrotechnical factors: width of row spacing, crop density and processing by growth regulator. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 171–181. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173567>

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, e-mail: larisastorozhyk1501@gmail.com*

**Purpose.** Identify the peculiarities of the growth and development of plants, formation of productivity of sweet sorghum hybrids for different widths of row spacing, crops density and the use of the growth stimulant Vympel 2 in the zone of the Forest-Steppe Ukraine. **Methods.** The study used hybrids 'Dovista' and 'Huliver'. The width of the row spacing was 45 and 70 cm for the density of the crops: 150 thousand pcs/ha, 200 thousand pcs/ha, 250 thousand pcs/ha. Sorghum seed treatment was carried out using Vympel 2 (0.5 l/t) growth stimulant and its additional foliar application in the tillering stage of the crop (0.5 l/ha). **Results.** Studies have revealed that the 'Dovista' hybrid has a significant potential for productivity due to a longer growing season. At different widths of row spacing and density of plants standing, the hybrid 'Dovista' yield exceeded the average by 3.6 t/ha of 'Huliver' hybrid. The yield increase at the level of 7.3–13.0 t/ha was obtained in the variant of application of growth stimulant Vympel 2 at 45 cm of row spacing and changes in sowing rates from 150 to 250 thousand pcs/ha. Similar variants of experiment at 70 cm of width of row spacing ensured collection of vegetative mass of sweet sorghum at 6.7–12.6 t/ha more than in control variants. The growth stimulant Vympel 2 increased the accumulation of dry matter in 'Dovista' hybrid with a row

spacing of 45 cm and various seeding rates by 1.3–4.3 t/ha, whereas with a row spacing of 70 cm – by 1.2–3.5 t/ha. In the 'Huliver' hybrid in similar experiments, an increase in dry matter was obtained at the level of 1.7–3.9 t/ha, and the application of the growth regulator ensured the collection of dry matter of sweet sorghum by 1.3–3.0 t/ha above the control variants. Total sugar content in the variants of the experiment was biased. Application of seed treatment with growth stimulant Vympel 2 (0.5 l/t) followed by foliar application in the tillering stage (0.5 l/ha) increased the content of total sugars by 0.15, but this slight deviation was within the experimental margin. **Conclusions.** The highest yield of green mass at a density of 250 thousand plants per hectare and seed treatment with growth stimulant Vympel 2 (0.5 l/t) + foliar application in the tillering stage (0.5 l/ha) provided the 'Dovista' hybrid – 98.8 t/ha, which is 5.3 t/ha more than in the 'Huliver' hybrid for the width of the row spacing of 45 cm. In the phase of physiological maturity of the grain, the content of total sugars in sweet sorghum was, on average, at the level of 15.0%, in the 'Dovista' hybrid – 15.4%, in the 'Huliver' hybrid – 14.7%.

**Keywords:** sweet sorghum; hybrids; plant growth stimulant; yield and quality indices; weather conditions of the vegetative period.

*Надійшла / Received 10.05.2019  
Погоджено до друку / Accepted 17.06.2019*

# Формування структури врожаю гібридів кукурудзи за різних строків сівби

В. В. Багатченко<sup>1</sup>, М. М. Таганцова<sup>2</sup>, Н. В. Симоненко<sup>2</sup>

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

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

**Мета.** Установити особливості формування біометричних показників урожайності гібридів кукурудзи за різних строків сівби в умовах Лісостепу України. **Методи.** Польові досліді закладали на вирівняній за рельєфом ділянці дослідного поля науково-виробничого селекційного підприємства ТОВ «Расава» (с. Пустоварівка Сквирський р-н Київська обл.), розташованого в Правобережному Лісостепу України. Господарськоцінні та морфо-біологічні показники гібридів кукурудзи вивчали за уніфікованою методикою з визначення показників придатності до поширення в Україні. **Результати.** Морфометричні показники формування продуктивності рослин та врожайності гібридів кукурудзи (висота рослин, довжина качана, кількість рядів зерен, кількість зерен у ряду, вихід зерна з качана) за різних строків сівби (25 квітня, 10 та 25 травня) найстабільнішими були за раннього (25 квітня) строку. Ранньостиглий гібрид 'Ріст СВ' найвищу врожайність забезпечив за сівби 25 квітня – 11,6 т/га, що на 1,5 т/га більше, ніж за сівби в традиційно прийняті строки – перша декада травня (10 травня). Середньоранній гібрид 'Річка С' також за раннього строку сівби (25 квітня) сформував урожайність 11,3 т/га, що на 0,6 т/га більше, ніж за сівби 10 травня. **Висновки.** Морфометричні показники формування продуктивності рослин та строки сівби насіння впливають на врожайність гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу України.

**Ключові слова:** гібрид; качан; показники придатності до поширення; вихід зерна; строки сівби; продуктивність; урожайність; вологість зерна.

## Вступ

Кукурудза (*Zea mays* L.) – кормова, технічна і харчова культура великих можливостей. Вона є лідером світового виробництва зернової групи культур. За даними Міністерства сільського господарства США, у 2016–2017 МР світове виробництво кукурудзи досягає 1075 млн т, що перевищує показник попереднього сезону більш ніж на 11% та встановлює новий світовий рекорд. Попри щорічне збільшення обсягів виробництва кукурудзи її споживання також зростає. Із часткою 42% вона витіснила з першого місця пшеницю і стала лідером зернового балансу планети. Основними виробниками кукурудзи у світі є США (36,51%), Китай (20,84%) та Бразилія (8,87%). Важливе місце в світовому виробництві цієї культури займає й Україна – 2,66%, або 28 млн т [1].

В Україні кукурудза, передусім, є провідною кормовою культурою. На продовольчі цілі й технічні потреби використовується лише 35–40% зерна кукурудзи, а дві третини – на корм тваринам. За показниками біологічної врожайності вона посідає перше місце серед видів групи зернових. В Україні

площа під посівами кукурудзи на продовольчі цілі щорічно зростає [2].

Сучасні гібриди кукурудзи різняться за морфобіологічними показниками та реакцією на природно-кліматичні умови вирощування. Сучасна технологія вирощування кукурудзи повинна базуватися на біологічних особливостях гібридів, які б забезпечували найбільшу віддачу від застосування комплексу агротехнічних заходів з урахуванням вимог рослин в деякі періоди їх росту й розвитку. Насіння гібридів кукурудзи здатне проростати й давати повноцінні сходи тільки за певної температури ґрунту й повітря [3, 4].

Сівба гібридів кукурудзи в оптимальні строки є головною умовою отримання їх високої та стабільної врожайності [5, 6]. Учені Інституту зернового господарства НААН України зазначають, що коротший період від сівби до сходів забезпечує більшу продуктивність гібридів, а ранні строки – формують нижчу врожайність [7, 8].

**Мета досліджень** – установити особливості формування біометричних показників урожайності гібридів кукурудзи за різних строків сівби в умовах Лісостепу України.

## Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження з вивчення підвищення продуктивності гібридів кукурудзи проводили на вирівняній за рельєфом ділянці дослідного поля науково-виробничого се-

Volodymyr Bahatchenko

<https://orcid.org/0000-0001-7595-5918>

Maryna Tagantsova

<https://orcid.org/0000-0003-3737-6477>

лекційного підприємства ТОВ «Расава» (с. Пустоварівка Сквирський р-н Київська обл.), розташованого в Правобережному Лісостепу України.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий середньогумусний крупнопилуватий середньосуглинковий на лесі. Уміст гумусу – 4,6–4,8% (за Тюрніним). Ґрунти характеризуються середнім рівнем забезпечення поживними речовинами. Кількість непродуктивної вологи в 1,5-метровому шарі становить 178–262 мм, а запас вологи (за НВ) – 513–560 мм. Вологість стійкого в'янення рослин дорівнює подвійній максимальній гігроскопічності. Підземні води залягають на глибині 16–24 м. Ґрунти, на яких закладено досліди, мають нейтральну реакцію ґрунтового розчину і є придатними для вирощування кукурудзи.

У досліді висівали гібриди кукурудзи 'Ріст СВ', 'Рушник СВ' та 'Річка С', оригіноміатором яких є Товариство з обмеженою відповідальністю «Расава».

Досліди закладено на високому фоні мінеральних добрив ( $N_{90}P_{90}K_{90}$ ). Сівбу проводили в три строки: 25 квітня, 10 та 25 травня. Варіанти в досліді розміщували послідовно у триразовій повторності. Заходи захисту від бур'янів на ділянках проводили шляхом ручного прополювання з одночасним формуванням густоти рослин. Збирання та облік урожаю здійснювали у фазі повної стиглості зерна вручну шляхом зважування качанів з усієї облікової площі ділянки.

Фенологічні спостереження проводили на досліджуваних рядках у двох несуміжних повтореннях. Візуально відмічали початок фази, коли в неї вступило 10% рослин, та повну – 75%. Фіксували дату сівби, з'явлення сходів, цвітіння волотей, качанів, молочної, воскової та повної стиглості зерна. Густоту стояння рослин обліковували підрахунком рослин на 14,3 погонних метрах (10 м<sup>2</sup>) з перерахунком їх у тисячі на гектар.

Висоту рослин та висоту прикріплення качанів визначали після фази викидання волотей через промір 10 типових рослин у двох несуміжних повтореннях. Висоту рослин вимірювали від поверхні ґрунту до верхівки волоті, а довжину стебла від кореневої шийки до верхівки волоті.

Вологість зерна кукурудзи, вихід зерна та врожайність визначали в пробах качанів (10 шт.), які відбирали на кожній обліковій ділянці. Урожай насіння перераховували на стандартну вологість 14% [9–11].

Господарські, біологічні та морфологічні ознаки кукурудзи вивчали за уніфікованою методикою з визначення показників придатності до поширення в Україні. Статистичну обробку експериментальних даних проводили за спеціальними програмами на персональному комп'ютері з використанням Statistika.

### Результати досліджень

Урожайність кукурудзи є основним показником ефективності розроблених та впроваджених прийомів технології її вирощування. Одним із критеріїв формування врожайності є оптимальні строки сівби. Управління ростом і розвитком рослин та формуванням насінневої продуктивності рослин гібридів кукурудзи різних груп стиглості через оптимізацію строків сівби має теоретичне та практичне значення [12, 13].

Упродовж 2014, 2015, і 2017 рр. вивчали три строки сівби кукурудзи: ранній – 25 квітня, оптимальний – 10 травня та пізній – 25 травня.

За даними фенологічних спостережень встановлено, що строки сівби насіння гібридів впливають на тривалість проходження фенологічних фаз росту й розвитку рослин кукурудзи (табл. 1).

На тривалість міжфазних періодів рослин кукурудзи суттєво впливали строки сівби та

Таблиця 1

Фенологічні фази росту й розвитку рослин кукурудзи за різних строків сівби (середнє за 2014, 2015, 2017 рр.)

Гібрид (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	Фенологічні фази росту й розвитку культури			
		7–8 листків	викидання волоті	молочно-воскова стиглість	воскова стиглість
'Ріст СВ'	25.04	7.06	10.07	6.08	6.09
	10.05*	8.06	9.07	6.08	8.09
	25.05	10.06	11.07	7.08	10.09
'Рушник СВ'	25.04	10.06	11.07	9.08	11.09
	10.05*	12.06	11.07	8.08	10.09
	25.05	9.06	10.07	9.08	10.09
'Річка С'	25.04	9.06	11.07	10.08	12.09
	10.05*	11.06	12.07	14.08	12.09
	25.05	12.06	13.07	13.08	14.09

\*Контроль.

погодні умови років досліджень, що забезпечило появу сходів через 8–14 діб залежно від гібрида. Ранні строки сівби (25 квітня) гібрида 'Ріст СВ' забезпечили появу повних сходів через 12–14 діб. За сівби насіння 25 травня повні сходи з'явилися на 5–7 діб раніше. Аналогічна тенденція спостерігалася і в інших досліджуваних гібридів.

Результати досліджень свідчать, що тривалість періоду сівба–сходи залежать від температурного режиму ґрунту та повітря. За сівби в більш пізні строки проходило прискорене підвищення активних температур, тому період появи сходів скорочувався.

Результатами фенологічних спостережень за ростом і розвитком кукурудзи встановлено, що за сівби 25 квітня сходи були дружнішими, ніж за сівби 10 та 25 травня. Середньодобові температури мають значний вплив на швидкість проходження окремих фено-

фаз і загальну тривалість періоду вегетації. Це добре помітно за сівби культури в ранні строки. Сівба в пізніші строки скорочує період сходи–цвітіння волоті, а тривалість періоду цвітіння волоті–повна стиглість збільшується. Дані тривалості міжфазних періодів вегетації гібридів залежно від строків сівби показують, що вегетаційний період рослин кукурудзи за період досліджень за пізньої сівби зменшується порівняно з ранньою сівбою – 25 квітня.

Важливими ідентифікаційними ознаками гібридів кукурудзи та головними складниками формування насінневої продуктивності й урожайності насіння є довжина та діаметр качана, кількість рядів насінин і кількість насінин у ряду. Особливості формування морфометричних показників вегетативних та генеративних органів гібридів кукурудзи наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

**Морфометричні показники гібридів кукурудзи залежно від строків сівби (середнє за 2014, 2015, 2017 рр.)**

Строк сівби	Висота рослини, см	Кількість листків, шт.	Качан			
			довжина, см	діаметр, см	кількість рядів насіння, шт.	кількість насінин у ряду, шт.
‘Ріст СВ’						
25.04	255,3	15,3	20,4	4,9	15	38
10.05*	251,3	14,0	19,7	4,5	15	38
25.05	248,7	17,0	19,6	4,6	15	40
‘Рушник СВ’						
25.04	237,7	16,5	18,2	4,8	15	35
10.05*	232,0	15,1	18,7	4,8	14	39
25.05	224,3	17,0	18,3	4,9	14	40
‘Річка С’						
25.04	231,7	15,1	19,5	5,0	15	35
10.05*	226,6	17,1	19,6	4,9	14	38
25.05	222,3	16,2	18,7	5,1	15	39
НІР <sub>0,05</sub>	4,31	1,03	0,36	0,13	0,8	2,4

\*Контроль.

Висота рослин в роки досліджень за оптимального (10 травня) та пізнього строку сівби (25 травня) зменшувалася порівняно з раннім строком (25 квітня).

Качани гібридів кукурудзи за період вегетації за різних строків сівби формували стабільну кількість рядів зерен (14–16) для кожного гібрида. Проте, кількість зерен у ряду була різною за всіх строків сівби, що забезпечило варіювання біометричного показника «вихід зерна з одного качана, шт.» для досліджуваних гібридів за ранніх (38–40), оптимальних (35–40) та пізніх (35–39) строків сівби. Гібрид 'Ріст СВ' забезпечив порівняно однаковий вихід зерна за сівби 25 квітня та 10 травня, але вихід зерна з одного качана збільшувався за сівби 25 травня. Однак, насіння

було менше за розміром та масою 1000 насінин, що надалі забезпечило нижчу врожайність. Аналогічна тенденція спостерігалася й для гібридів 'Рушник СВ' та 'Річка С' (рис.).

Маса 1000 насінин залежно від строку сівби гібридів кукурудзи була такою: 'Ріст СВ' – 234–286 г, 'Рушник СВ' – 226–264 та 'Річка С' – 218–252 г. В усіх варіантах дослідів найвищі значення цього показника отримано за раннього строку сівби. Зі збільшенням виходу насіння з одного качана всіх гібридів за пізніх строків сівби 25 травня маса 1000 насінин мала негативну динаміку і була найнижчою: 234, 226 і 218 г у досліджуваних гібридів відповідно.

Щодо маси качанів, то максимальною вона виявилася за сівби 25 квітня, мінімаль-



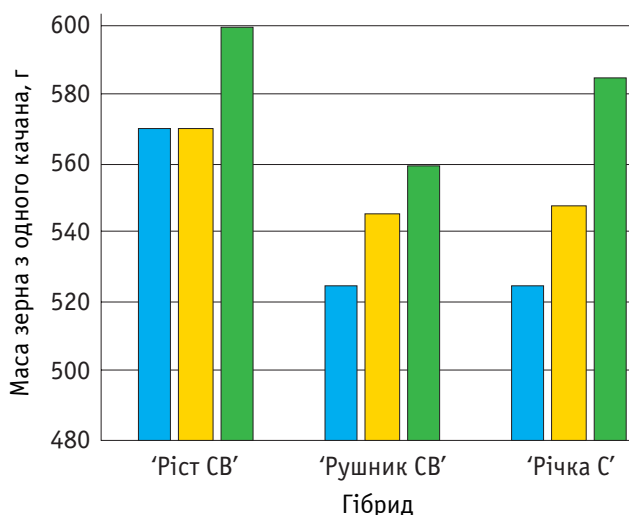


Рис. Маса зерна з одного качана кукурудзи залежно від строків сівби, г (середнє за 2014, 2015, 2017 рр.)

ною – 25 травня. Найбільша маса зерна з качана спостерігалася за сівби 25 квітня, найменша – 25 травня. Вихід зерна був найвищим у гібрида 'Ріст СВ' (84,2%) за сівби 25 квітня. Аналогічна тенденція спостерігалася для інших гібридів за раннього строку сівби (табл. 3).

Збиральна вологість зерна кукурудзи впродовж усіх років дослідження найменшою за строками сівби – 19–20% – була за сівби 25 квітня, найбільшою – 23–25% – 25 травня. З огляду на вологість зерна кукурудзи залежно від строків сівби, можна зазначити, що величина цього показника для досліджуваних гібридів змінювалася таким чином: чим пізніший строк сівби, тим вищою була вологість зерна. Урожайність зерна кукурудзи обліковували з кожної ділянки польового дослідження в перерахунок на стан-

Таблиця 3

Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від строків сівби (2014, 2015, 2017 рр.)

Строк сівби – фактор А	Збиральна вологість зерна, %	Вихід зерна, %	Урожайність зерна (у перерахунок на стандартну вологість 14%), т/га			
			2014	2015	2017	середнє
'Ріст СВ' – фактор В						
25.04	19	84,2	11,6	11,3	11,8	11,6
10.05*	21	81,8	11,2	10,5	11,6	11,1
25.05	24	79,3	8,2	8,5	10,6	9,6
'Рушник СВ' – фактор В						
25.04	19	81,9	11,3	9,9	12,4	11,2
10.05*	21	79,8	10,6	8,9	12,0	10,5
25.05	23	76,7	10,3	9,0	11,3	10,2
'Річка С' – фактор В						
25.04	20	83,2	11,4	9,6	12,9	11,3
10.05*	21	82,1	10,7	9,1	12,3	10,7
25.05	25	80,0	10,3	8,8	11,8	10,3
НІР <sub>0,05</sub> урожайність, т/га: А – 1,97; В – 1,29; АВ – 1,43						

\*Контроль.

дартну вологість 14%. Тому й показник урожайності за сівби 25 квітня для гібридів 'Ріст СВ', 'Рушник СВ' та 'Річка С' становив 11,6; 11,2 та 11,3 т/га відповідно. За пізнього строку сівби (25 травня) урожайність гібрида 'Ріст СВ' зменшувалася порівняно з контролем (сівба 10 травня) на 1,5 т/га.

Максимальна врожайність гібридів кукурудзи формувалася за сівби 25 квітня, нижча (на 0,6–0,7 т/га) – за сівби 10 травня. Сівба середньостиглого гібрида 25 травня забезпечила зниження врожайності на 0,3–0,4 т/га порівняно з контролем. Аналогічна закономірність спостерігалася в усі роки досліджень.

### Висновки

Висота рослин за оптимальних (10 травня) та пізніх строків сівби (25 травня) зменшувалася порівняно з раннім строком (25 квітня).

Гібриди 'Ріст СВ', 'Рушник СВ' та 'Річка С' забезпечили відносно однаковий вихід зерна за сівби 25 квітня та 10 травня, вихід зерна з одного качана збільшувався за сівби 25 травня, але насіння було менше за розміром та масою 1000 насінин, що надалі забезпечило нижчу врожайність.

Маса 1000 насінин залежно від строку сівби гібридів кукурудзи становила: 'Ріст СВ' – 234–286 г, 'Рушник СВ' – 226–264 та 'Річка С' – 218–252 г.

Маса качанів максимальною була за сівби 25 квітня, а мінімальною – 25 травня. Найбільша маса зерна з качана спостерігалася за сівби 25 квітня, найменша – 25 травня.

Урожайність гібридів кукурудзи 'Ріст СВ', 'Рушник СВ' та 'Річка С' була найвищою за раннього строку сівби 25 квітня – 11,6; 11,2 та 11,3 т/га відповідно.

## Використана література

1. Дяченко Ю. А. Світовий ринок кукурудзи та місце України в ньому. *Молодий вчений*. 2018. № 2. С. 390–393.
2. Харченко В. В., Рекрут В. Д. Формування ринку кукурудзи та продуктів її переробки. *Агросвіт*. 2005. № 21. С. 30–34.
3. Зубрейчук М. С., Газінська Т. В., Ткаченко І. С. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від гідротермічних умов вегетації. *Насінництво*. 2012. № 4. С. 7–12.
4. Лещук Н. В., Таганцова М. М., Стадніченко О. А. Методичні аспекти застосування гістограми і варіаційної кривої морфологічних ознак гібридів кукурудзи (*Zea mays* L.). *Plant Var. Stud. Prot.* 2013. № 1. С. 43–46. doi: 10.21498/2518-1017.1(18).2013.58712
5. Шевченко М. С., Рибка В. С., Робу В. Т. Вплив гібридів та строків сівби на вологість зерна кукурудзи і енергозатратність виробництва. *Бюл. Ін-ту зернового госп-ва*. 2000. № 14. С. 38–43.
6. Центилю Л. В. Продуктивність кукурудзи залежно від строку сівби на чорноземах типових. *Наук. вісн. НУБіП України. Сер. : Агрономія*. 2011. Вип. 162, Ч. 1. С. 69–75.
7. Пащенко Ю. М., Бондар В. П., Єна В. К. Продуктивність гібридів кукурудзи та вологість зерна залежно від строків сівби. *Бюл. Ін-ту зернового госп-ва*. 2000. № 14. С. 49–51.
8. Пащенко О. М., Остапенко М. А., Єремко Л. С. Строки сівби та густина стояння рослин гібридів кукурудзи в умовах Південного Степу України. *Вісн. Дніпропетр. держ. аграр. ун-ту*. 2007. № 2. С. 24–28.
9. Атлас морфологічних ознак кукурудзи (*Zea mays* L.): додаток до Методики проведення експертизи гібридів кукурудзи на ВОС / уклад.: В. Л. Жемойда, Н. В. Лещук, М. М. Таганцова, К. Г. Мамонова. Київ: Алефа, 2007. 46 с.
10. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2016. 82 с.
11. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових на відмінність, однорідність і стабільність / за ред. С. О. Ткачик. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця, 2016. 164 с.
12. Подолян В. Г. Урожайність і адаптивність гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу України. *Збірник наукових праць, присвячений 100-річчю з дня народження С. С. Рубіна*. Умань: УСГА, 2000. С. 183–188.
13. Кабанець В. М., Штукін М. О. Вивчення нових та перспективних гібридів кукурудзи в умовах Лісостепової частини Сумської області. *Вісн. Сумського нац. аграр. ун-ту. Сер. : Агрономія і біологія*. 2004. Вип. 1. С. 35–38.
3. Zubreichuk, M. S., Hazinska, T. V., & Tkachenko, I. S. (2012). Productivity of maize hybrids depending on hydrothermal conditions of vegetation. *Nasinnystvo* [Seed Production], 4, 7–12. [in Ukrainian]
4. Leshchuk, N. V., Tagantsova, M. M., & Stadnichenko, O. A. (2013). Methodological aspects of the use of the histogram and the variation curve of morphological traits of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Plant Var. Stud. Prot.*, 1, 43–46. doi: 10.21498/2518-1017.1(18).2013.58712
5. Shevchenko, M. S., Rybka, V. S., & Robu, V. T. (2016). Influence of hybrids and timing of sowing on the humidity of corn grain and energy consumption of production. *Biuletyn Instytutu zernovoho hospodarstva* [Bulletin of the Institute of Grain Farming], 14, 38–43. [in Ukrainian]
6. Tsentylo, L. V. (2011). Corn yields depending on the time of sowing on typical black earths. *Naukovij visnik NUBIP Ukraini. Seriâ Agronomiâ* [Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Agronomy], 162(1), 69–75. [in Ukrainian]
7. Pashchenko, Yu. M., Bondar, V. P., & Yena, V. K. (2000). Productivity of maize hybrids and grain moisture content depending on the time of sowing. *Biuletyn Instytutu zernovoho hospodarstva* [Bulletin of the Institute of Grain Farming], 14, 49–51. [in Ukrainian]
8. Pashchenko, O. M., Ostapenko, M. A., & Yermko, L. S. (2007). Sowing dates and plant density of corn hybrids in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Visnik Dnipropetrovs'kogo derzhavnogo agrarnogo universitetu* [News of Dnipropetrovsk State Agrarian University], 2, 24–28. [in Ukrainian]
9. Zhemoida, V. L., Leshchuk, N. V., Tahantsova, M. M., & Mamonova, K. H. (2007). *Atlas morfolohichnykh oznak kukurudzy (Zea mays L.): dodatok do Metodyky provedennia ekspertyzy hibrividiv kukurudzy na VOS* [The Atlas of Morphological Signs of Maize (*Zea mays* L.): An Appendix to the Methodology for the Examination of Maize Hybrids on DUS]. Kyiv: Alefa. [in Ukrainian]
10. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Method for grain, cereal and leguminous varieties VCU expert examination in Ukraine]. Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian]
11. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh na vidminnist, odnorodnist i stabilnist* [Method of examination of plant varieties of the group of grains for difference, homogeneity and stability]. (2<sup>nd</sup> ed., rev.). Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian]
12. Podolian, V. H. (2000). Yield and adaptability of maize hybrids in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats, prysviachenyi 100-richchiu z dnia narodzhennia S. S. Rubina* [Collection of scientific works devoted to the 100th anniversary of S. S. Rubin's birth] (pp. 183–188). Uman: USHA. [in Ukrainian]
13. Kabanets, V. M. & Shtukin, M. O. (2004). Study of new and perspective maize hybrids in the conditions of the Forest-Steppe part of the Sumy region. *Visnik Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Agronomiâ i biologiâ* [Herald of Sumy National Agrarian University. Series: Agronomy and Biology], 1, 35–38. [in Ukrainian]

## References

1. Diachenko, Yu. A. (2018). World corn market and Ukraine's place in it. *Molodyi vchenyi* [Young Scientist], 2, 390–393. [in Ukrainian]
2. Kharchenko, V. V., & Rekrut, V. D. (2005). Formation of the corn market and products of its processing. *Ahrosvit* [Agroworld], 21, 30–34. [in Ukrainian]

УДК 631.527 + 631.53.01: 633.15

**Багатченко В. В.<sup>1</sup>, Таганцова М. М.<sup>2</sup>, Симоненко Н. В.<sup>2</sup>** Формирование структуры урожая гибридов кукурузы при разных сроках сева // Plant Varieties Studying and Protection. 2019. Т. 15, № 2. С. 182–187. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173570>

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

<sup>2</sup>Український інститут експертизи сортів рослин, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Київ, 03041, Україна, e-mail: tagancova@ukr.net

**Цель.** Установить особенности формирования биометрических показателей урожайности гибридов кукурузы при разных сроках сева в условиях Лесостепи Украины.

**Методы.** Полевые опыты закладывали на выровненном по рельефу участке опытного поля научно-производственного селекционного предприятия 000 «Пасава»

(с. Пустоваровка Сквирский р-н Киевская обл.), расположенного в Правобережной Лесостепи Украины. Хозяйственно-ценные и морфобиологические показатели гибридов кукурузы изучали по унифицированной методике по определению показателей пригодности к распространению в Украине. **Результаты.** Морфометрические показатели формирования продуктивности растений и урожайности гибридов кукурузы (высота растений, длина початка, количество рядов зерен, количество зерен в ряду, выход зерна с початка) по срокам сева (25 апреля, 10 и 25 мая) наиболее стабильными были при раннем (25 апреля) сроке. Раннеспелый гибрид 'Ріст СВ' наивысшую

урожайность обеспечил при севе 25 апреля – 11,6 т/га, что на 1,5 т/га больше, чем при севе в традиционно принятые сроки – первая декада мая (10 мая). Среднеранний гибрид 'Річка С' также при раннем сроке сева (25 апреля) формировал урожайность 11,3 т/га, что на 0,6 т/га больше, чем при севе 10 мая. **Выводы.** Морфометрические показатели формирования продуктивности растений и сроки сева семян влияют на урожайность гибридов кукурузы в условиях Лесостепи Украины.

**Ключевые слова:** гибрид; початок; показатели пригодности к распространению; выход зерна; сроки сева; продуктивность; урожайность; влажность зерна.

UDC 631.527 + 631.53.01: 633.15

**Bahatchenko, V. V.<sup>1</sup>, Tahantsova, M. M.<sup>2</sup>, & Symonenko, N. V.<sup>2</sup>** (2019). Formation of crop structure of corn hybrids at different seeding dates. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 182–187. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173570>

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

\*e-mail: volodimirbagatchenko@ukr.net

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

**Purpose.** To determine the features of the formation of biometric indicators of the corn hybrids yield at different sowing dates in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field experiments were laid on a plot of the experimental field of the research and production breeding enterprise LLC "Rasava" (Pustovarivka village, Skvyrytskyi district, Kyiv region), located in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Economically valuable and morpho-biological parameters of corn hybrids were studied according to a unified method for determining the indices of suitability for distribution in Ukraine. **Results.** The morphometric indices of the plant productivity formation and the yield of corn hybrids (plant height, length of the ear, number of grain rows, number of grains per row, grain yield from the ear) at

the different dates of sowing (April 25, 10 and 25) were the most stable at the early term (April 25). The early-ripe hybrid 'Richka SV' provided the highest yield at sowing on April 25 – 11.6 t/ha, which is 1.5 t/ha more than at the traditionally accepted date of sowing – the first decade of May (May 10). The medium early hybrid 'Richka S', also at an early sowing date (April 25), produced yields of 11.3 t/ha, which is 0.6 t/ha more than during sowing on May 10. **Conclusions.** The morphometric indices of the formation of plant productivity and the timing of seeding affect the yield of corn hybrids in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine.

**Keywords:** hybrid; ear; indicators of suitability for distribution; grain yield; sowing dates; productivity; crop capacity; moisture content of grain.

Надійшла / Received 12.03.2019

Погоджено до друку / Accepted 20.06.2019

## Експресія аквапорину *PIP2;1* як ознака посухостійкості гібридів *Zea mays* L. за умов зниженої вологості ґрунту

Г. В. Шевченко\*, І. І. Овруцька, Ю. В. Овчаренко

Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01601, Україна,  
\*e-mail: galli.shevchenko@gmail.com

**Мета.** Дослідити експресію аквапорину *PIP2;1* у гібридів кукурудзи 'Достаток' і 'Флагман' (посухостійкі), а також у 'Переяславський' та 'Яхта' (помірно посухостійкі), які 10 діб зростали в умовах зниженої вологості субстрату (30%). Оцінити можливий вплив ліпідів та жирних кислот цитоплазматичної мембрани на функціонування *PIP2;1* за таких умов. **Методи.** Біохімічні: виявлення складу ліпідів та жирних кислот фракції цитоплазматичної мембрани коренів рослин (рідинна хроматографія); молекулярно-біологічні: дослідження відносної експресії аквапорину *PIP2;1* (полімеразна ланцюгова реакція, ПЛР); морфометричні виміри та статистичні методи обробки результатів. **Результати.** Показано, що в гібридів кукурудзи 'Переяславський' та 'Яхта' експресія *PIP2;1* знижувалася, а в 'Достаток' та 'Флагман', навпаки, підвищувалася. У коренях 'Достаток' і 'Флагман' в умовах зниженої вологості субстрату фіксували менший дефіцит води порівняно з 'Переяславський' та 'Яхта'. Крім того, у цитоплазматичній мембрані всіх гібридів збільшувалася кількість стеринів і фосфоліпідів. **Висновки.** Зниження експресії *PIP2;1*, відзначене в 'Переяславський' та 'Яхта', є характерним для нестійких рослин і свідчить про їхню реакцію на зниження вологості субстрату та протидію зневодненню, оскільки менша кількість аквапоринів забезпечує утримання води в клітинах. Водночас, за вологості субстрату 30% експресія *PIP2;1* у посухостійких гібридів 'Достаток' та 'Флагман', навпаки, підвищувалася на фоні меншого водного дефіциту коренів (порівняно з 'Переяславський' та 'Яхта'). Цілком імовірно, що посилена експресія ізоформи *PIP2;1* саме в 'Достаток' та 'Флагман' є специфічним індикатором посухостійкості гібридів. Отримані дані є важливими для вдосконалення селекції посухостійких гібридів кукурудзи.

**Ключові слова:** кукурудза; аквапорин *PIP2;1*; стерини; фосфоліпіди; ненасичені жирні кислоти; корені; водний дефіцит; посухостійкість.

### Вступ

Дефіцит вологи є одним з основних абіотичних стресів, що впливає на врожайність, тому актуальності набуває дослідження механізмів адаптаційних можливостей рослин, зокрема сільськогосподарських культур. Відомо, що однією з первинних мішеней зовнішнього стресу є цитоплазматична мембрана клітин [1], яка реагує на нестачу вологи біохімічними перебудовами ліпідного бішару та зміною його в'язкості. Плинний стан цитоплазматичної мембрани та активність аквапоринів забезпечують стаке функціонування мембрани в умовах нестачі вологи.

Galina Shevchenko  
<https://orcid.org/0000-0001-5826-025X>

Iryna Ovrutskaya  
<https://orcid.org/0000-0002-5829-1424>

Yuliia Ovcharenko  
<https://orcid.org/0000-0002-5527-504X>

Невеликі гідрофобні білки аквапорини (27–30 кДа) у мембранах клітин організовані у вигляді висококонсервативних тетрамерних структур [2–4]. Аквапорини формують трансмембранні канали, завдяки яким між клітинами відбувається пасивний транспорт води та розчинених речовин, що є основним водним шляхом в умовах посухи [5]. У геномі *Zea mays* L. виявлено 36 генів, які кодуєть аквапорини [6]. Найчисельніша родина аквапоринів рослин – це PIP-аквапорини цитоплазматичної мембрани (plasma membrane intrinsic proteins), яку поділяють на дві групи: PIP1 та PIP2. Аквапорини групи PIP2 експресується переважно в коренях рослин і характеризуються більшою здатністю пропускати воду порівняно з PIP1-аквапоринами [5, 7].

Оскільки PIP2-аквапорини відіграють важливу роль у водному балансі клітин, рівень експресії їхніх генів може змінюватися під час зневоднення ґрунту. Відомо, що дефіцит

вологи посилює функціонування аквапоринів та збільшує кількість їхніх транскриптів [8]. Функціонування аквапоринів залежить також від жорсткості ліпідного бішару цитоплазматичної мембрани клітин, тому для розуміння природи посухостійкості гібридів кукурудзи важливо досліджувати склад ліпідів мембрани, визначати рівень функціонування аквапоринів та виявляти їхню роль у реакції рослин на зниження вологості ґрунту.

**Мета досліджень** – дослідити молекулярні ознаки посухостійкості гібридів кукурудзи, а саме кількісний та якісний склад ліпідів цитоплазматичної мембрани коренів і рівень експресії ізоформи аквапорину *PIP2;1*. В експерименті порівнювали посухостійкі гібриди кукурудзи ('Достаток', 'Флагман') з помірно посухостійкими ('Переяславський', 'Яхта') за умов зниженої вологості субстрату (30%). Поряд із цим, оцінювали морфологічні показники коренів (довжина), визначали водний дефіцит коренів та листків, а також склад жирних кислот цитоплазматичної мембрани.

### Матеріали та методика досліджень

**Умови вирощування рослин.** У вегетаційних дослідках вирощували рослини *Z. mays* чотирьох гібридів: 'Достаток' (посухостійкий та екологічно пластичний), 'Переяславський' (помірно посухостійкий) – оригінатор Інститут фізіології рослин і генетики НАН України (м. Київ), а також 'Флагман' (посухостійкість висока) і 'Яхта' (посухостійкість помірна) – оригінатор Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення (м. Одеса). Зернівки гібридів кукурудзи отримували у 2014–2017 рр., зберігали за температури повітря 12–14 °С у темряві в паперових конвертах із сілікогелем.

Зернівки попередньо замочували водою на фільтрувальному папері в темряві впродовж трьох діб. Субстратом для вирощування було обрано пісок, визначено його повну вологоємність та розраховано необхідну вологість, яка становила 15,9 г води на 100 г сухого субстрату (піску) за 70% від повної вологоємності (контроль) та 6,8 г води на 100 г сухого субстрату за 30% від повної вологоємності (експеримент) [9]. Тридобові проростки кукурудзи висаджували у вегетаційні посудини (діаметром 28 см, по 20 рослин у кожній, заповнені піщаним субстратом з вологістю 70%). Рослини зростали під прозорим тентом упродовж вегетаційного сезону (травень–липень), вологість субстрату моніторили через день. В експерименті

вологість субстрату поступово доводили до 30% від повної вологоємності шляхом припинення поливу й на такому субстраті рослини вирощували впродовж наступних 10 діб. Для експериментів використовували рослини у фазі п'ятого листка (за Ф. М. Куперман), віком 21–22 доби. Матеріал для молекулярно-біологічних реакцій відбирали на 10 годину в день виділення РНК з рослин. Вимірювали довжину головного кореня ( $n = 75$  для кожного зразка) та визначали водний дефіцит листків та коренів ( $n = 30$  для кожного зразка), який розраховували за формулою: водний дефіцит =  $100 \times [( \text{кількість води, яка насичує орган} ) - ( \text{вихідна кількість води} )] / \text{кількість води, яка насичує орган}$  [9]. Експерименти проводили у трьох біологічних повторях.

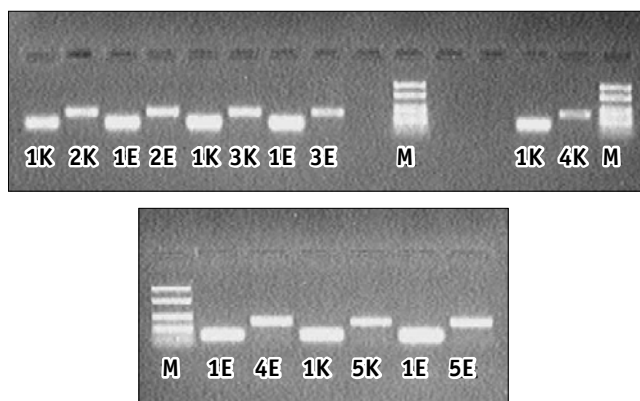
**Дослідження експресії гена *PIP2;1*.** Пошук гена аквапорину *PIP2;1* здійснювали за допомогою програми BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) у міжнародній базі даних GenBank, під час добору та перевірки праймерів до ділянки ДНК, яка кодує консервативну частину білка *PIP2;1*, використовували сервіс BLAST on-line (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). Праймери синтезували на замовлення комерційною компанією Metabion International AG (Germany).

Експресію гена аквапорину *PIP2;1* оцінювали методом напівкількісної зворотно-транскрипційної полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) на підставі накопичення продуктів ПЛР (ампліконів). Для ізолювання загальної РНК брали наважку 100 мг коренів досліджуваних рослин, гомогенізували в ступці на льоду й проводили виділення, застосовуючи реактиви набору innuPREP Plant RNA kit («AJ Innuscreen GmbH», Germany) згідно з методикою виробника. Кількісний аналіз РНК здійснювали спектрофотометричним методом (ураховували показники за довжини хвилі 260 та 280 нм), а перевірку цілісності РНК – через електрофорез в 1%-му агарозному гелі. РНК зберігали за -70 °С щонайдовше впродовж трьох діб. Зворотну транскрипцію РНК (1  $\mu\text{g}$ ) проводили на ампліфікаторі «Терцик» (ДНК-технологія, Росія), використовуючи набір Revert AidH Minus First Strand cDNA Synthesis Kit (Thermo Fisher Scientific).

Для визначення експресії гена аквапорину *PIP2;1* застосовували специфічні праймери: 5'- GTT CCA GAG CGC CTA CTT C -3', 5'- GGG CTT GTC CTT GTT GTA GAT -3' (довжина продукту – 297 пар нуклеотидних послідовностей). Щільність амплікону аквапорину *PIP2;1* порівнювали з такою гена *18S rRNA*

(internal control) із праймерами: 5'- GCG AAA GCA TTT GCC AAG G - 3', 5'- ATT CCT GGT CGG CAT CGT TTA - 3' (довжина продукту – 104 пари нуклеотидних послідовностей). Програма ампліфікації включала такі етапи: початкова денатурація – 95 °С, 3 хв, 25 циклів: 95 °С, 30 с; асоціація праймерів: 59 °С, 30 с; синтез: 72 °С, 30 с; інкубація: 72 °С, 1 хв. Зупиняли реакцію, охолоджуючи зразки до 4 °С. За негативний контроль брали розчин для ампліфікації без кодуєчої ДНК зразка. Продукт ампліфікації розділяли у 1,5%-му агарозному гелі з TRIS-ацетатним буфером у присутності бромистого етидію та візуалізували в ультрафіолетовому світлі за допомогою системи Bio-Vision (Vilber Lourmat). Маркер для ДНК – 1 Kb Plus DNA Ladder, Thermo Fisher Scientific. Щільність ампліконів вимірювали за допомогою програми GelAnalyzer2010a (www.GelAnalyzer.exe). Рівень відносної експресії аквапорину *PIP2;1* розраховували, зважаючи на співвідношення щільності в гелі продуктів зразків зі щільністю продукту гена *18S rRNA* у зразках, який брали за одиницю (рис. 1).

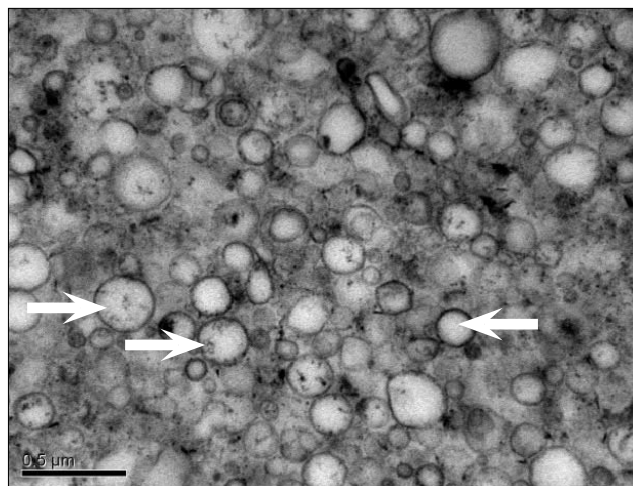
**Дослідження фракції цитоплазматичної мембрани.** Мікросомальну фракцію, збагачену фрагментами плазмалеми, отримували з коренів кукурудзи методом двофазної водно-полімерної системи [10] із використанням центрифуги Optima L-90K (Beckman). Чистоту фракції перевіряли за допомогою електронної мікроскопії після специфічного забарвлення везикул цитоплазматичної мембрани фосфорно-вольфрамовою кислотою (ФВК) [11]. Для цього фракцію плазмалеми фіксували глютаровим альдегідом та обробляли



**Рис. 1.** Агарозний гел-електрофорез продуктів реакції зворотної транскрипції аквапорину *PIP2;1*:

М – молекулярний маркер; 1 – *18S rRNA* – внутрішній контроль для усіх гібридів; 2 – *PIP2;1* гібрида 'Переяславський'; 3 – *PIP2;1* гібрида 'Достаток'; 4 – *PIP2;1* гібрида 'Яхта'; 5 – *PIP2;1* гібрида 'Флагман'. К – контроль, вологість субстрату 70%; Е – експеримент, вологість субстрату 30%

згідно зі стандартною методикою для електронної мікроскопії. На ультратонких зрізах підраховували відношення пофарбованих ФВК везикул до непофарбованих (рис. 2). Чистота фракції становила в середньому 52–55% (n = 5).



**Рис. 2.** Мікросомальна фракція коренів кукурудзи, збагачена фрагментами плазмалеми (Стрілкою позначені везикули плазмалеми. Масштаб: 0,5 мкм)

Ліпідний склад фракції цитоплазматичної мембрани аналізували за допомогою вискоєфективної фазової рідинної хроматографії на системі Agilent 1100 в центрі ВЕРХ, Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України (м. Київ). Для виділення ліпідних складників відокремлені від буферу препарати цитоплазматичної мембрани екстрагували ізопропанолом з розрахунку 2 мл на 50 мг маси виділеної мембрани. Середньо-, мало- та неполярні метаболіти, зокрема стерини та фосфоліпіди, оцінювали напівкількісно (загальний пул, хроматографічний профіль).

Для отримання ліпідних профілів, що включають стерини та їхні ефіри з ЖК, та фосфоліпіди застосовували триелюентну схему (елюент А = 0,01 М водний розчин ортофосфорної кислоти; В не використовувався; С = ацетонітрил; D = ізопропанол) на колонці Thermo Scientific Hypersil™ BDS C18, 3µm, 2.1 × 100 mm. Текстове та графічне оформлення даних виконувалося в MS Word 2010, MS Excel 2010 та Corel Draw X3. Положення фосфоліпідів на хроматограмі визначали за стандартним препаратом фосфоліпідів насіння сої (Sigma), а стеринів – за стандартом стігмастеролу (стандартний розчин стігмастеролу 10 мкг/мл, у хлороформі, Supelco) (рис. 3).

Аналіз жирних кислот (ЖК) проводили після лужного гідролізу мембранних фосфо-

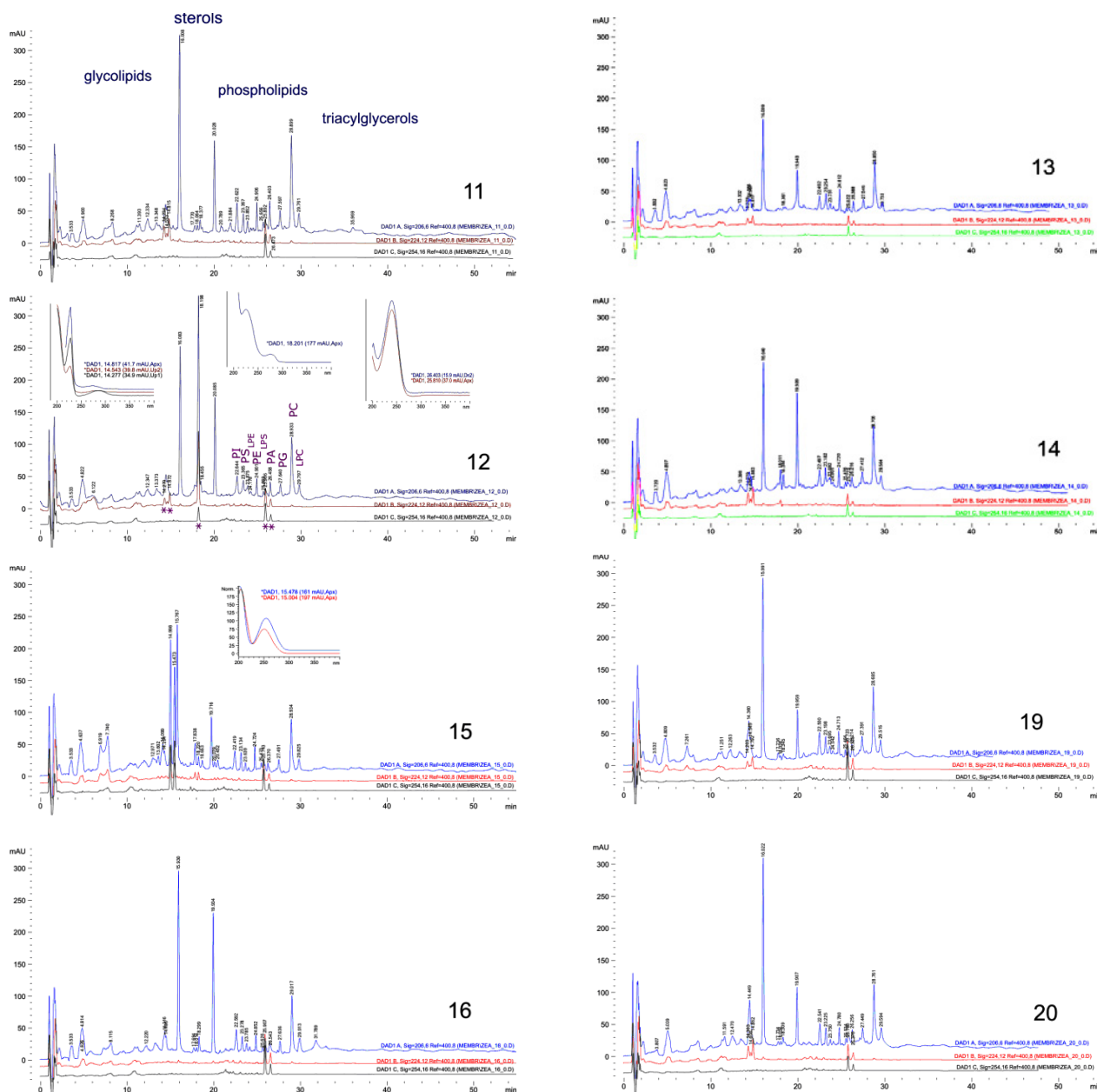


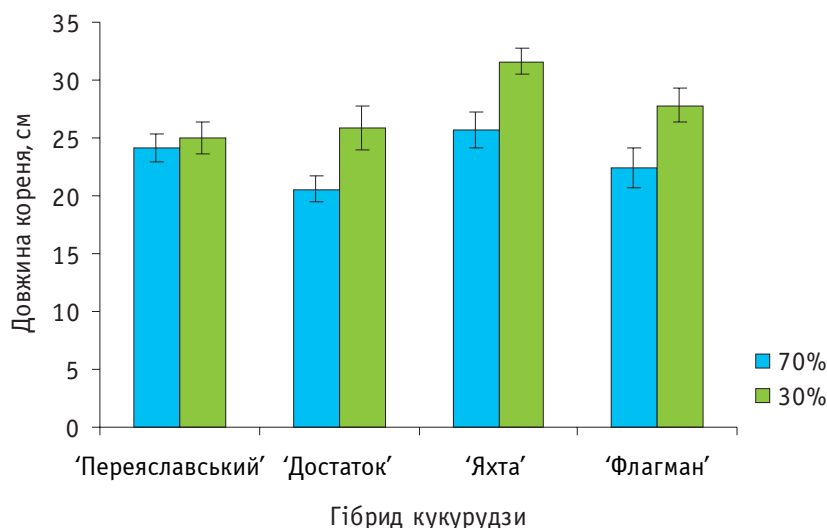
Рис. 3. Хроматографічні профілі ліпідів плазмалеми, включно зі стеринами та фосфоліпідами гібридів кукурудзи: 'Переяславський' (11 – контроль: 70% вологості субстрату, 12 – дослід: 30% вологості субстрату); 'Яхта' (13 – контроль, 14 – дослід); 'Достаток' (15 – контроль, 16 – дослід); 'Флагман' (19 – контроль, 20 – дослід)

ліпідів у вигляді n-бромфенацилових похідних за допомогою обернено-фазової високо-ефективної рідинної хроматографії на системі Angilent 1100. Використовували двоелюентну систему (елюент А – 0,05 М водний розчин ортофосфорної кислоти; елюент В – метанол) на колонці Angilent ZORBAX Esclipse XDB-C18, 5 мкм, 4,6 × 250 мм. Базове детектування ЖК проводили на 258 нм, поріг виявлення ЖК > 0,02–0,03-мольних %, аналітична похибка < 2%. Жирині кислоти ідентифікували, порівнюючи відносний час утримання піків зі стандартами [12]. Коефіцієнт ненасиченості (К) ЖК визначали як відношення:  $\sum$  ненасичених ЖК /  $\sum$  насичених ЖК.

Експерименти виконували в трьох біологічних повторях. Статистично отримані дані обробляли за допомогою програми Microsoft Excel 2013. Для кожного показника визначали його середнє значення та стандартне відхилення від середнього значення.

### Результати досліджень

Дослідження ростових параметрів коренів гібридів кукурудзи виявили тенденцію до збільшення загальної довжини головного кореня як у посухостійких гібридів – 'Достаток' та 'Флагман', так і в помірно посухостійкого гібрида 'Яхта' за умов вологості субстрату 30% (рис. 4).



**Рис. 4. Середня довжина коренів гібридів *Z. mays* L. за умов вологості субстрату 70 та 30% (n = 75 для кожного зразка)**

Збільшення довжини головного кореня є неспецифічною реакцією рослин на умови зменшення вологості субстрату, адже довша та розлогіша коренева система забезпечує виживання в умовах дефіциту води [13]. У зв'язку із цим, цікавим виявляється майже стала довжина головного кореня гібрида 'Переяславський' (рис. 4).

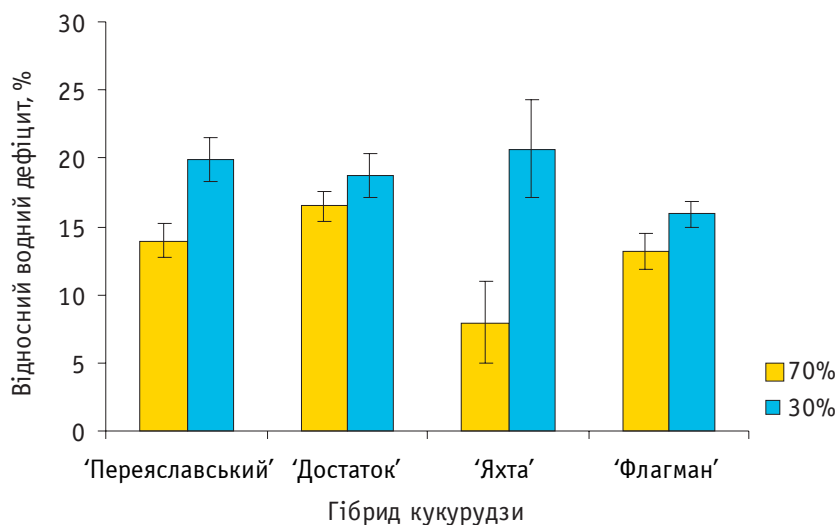
Дослідження водного дефіциту коренів виявили підвищення цього показника в помірно посухостійких гібридів 'Переяславський' та 'Яхта' (у 'Яхта' – істотно), що свідчить про реакцію рослин на стресові умови (рис. 5).

У посухостійких гібридів 'Достаток' та 'Флагман' водний дефіцит коренів за вологості субстрату 30% був незначним, що доводить стійкість рослин до таких умов. Ви-

міри водного дефіциту листків, навпаки, не виявили достовірної зміни в усіх гібридів кукурудзи (не показано), що свідчить про той факт, що 30%-ва вологість субстрату впродовж 10 діб помітно не впливає на стан листків досліджуваних гібридів.

Визначення відносної експресії аквапорину *PIP2;1* виявило її зниження в помірно посухостійких гібридів 'Переяславський' та 'Яхта' (рис. 6), що є результатом протидії рослин утраті води.

Це є неспецифічною ознакою нестійких до посухи рослин, оскільки аналогічні спостереження були зроблені для багатьох сільськогосподарських культур [14]. Згідно з [15], і в *Arabidopsis thaliana* шість генів *PIP2*-групи, які експресуються в коренях, під впливом посухи виявляли суттєве зниження накопи-



**Рис. 5. Водний дефіцит коренів гібридів *Z. mays* L. за умов вологості субстрату 30 та 70% (n = 30 для кожного зразка)**



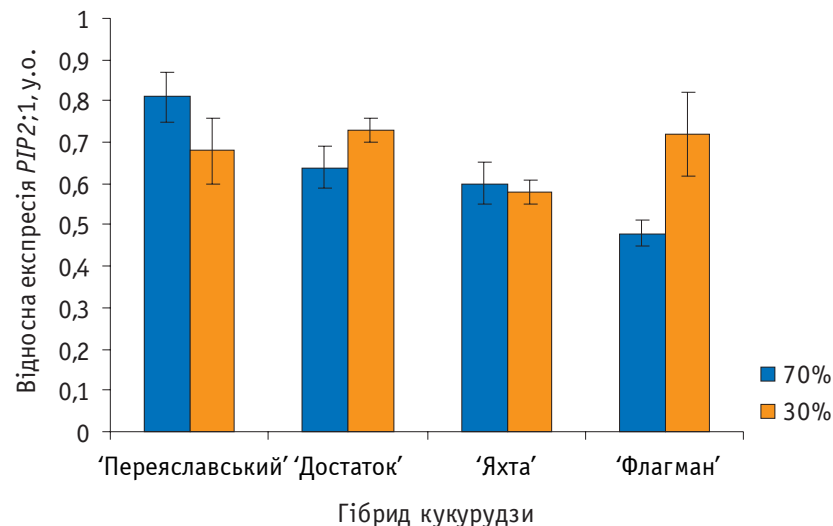


Рис. 6. Відносний рівень експресії *PIP2;1* у коренях гібридів *Z. mays* L. за умов вологості субстрату 30 та 70%

чення mRNA. Аналогічно, у *Nicotiana tabacum*, експресія аквапоринів PIP-родини знижувалася згідно з рівнем посухи [8], що також притаманне таким видам, як *Fragaria vesca* [16] та *Camellia sinensis* [17].

Штучне моделювання стресу за допомогою 250 мМ розчину манітолу також позначалося на швидкому зниженні майже вдвічі експресії *PIP2;2*, *PIP2;3* та *PIP2;6* і пролонгованому зниженні експресії *PIP2;7* та *PIP2;8* у рослин *A. thaliana* L. [18]. Своєю чергою, ектопічна надекспресія *PIP2;5* у *N. tabacum* призвела до посиленої втрати води за дегідратії [19].

Згідно з нашими дослідженнями, за умов зниженої вологості субстрату (30%) у посухостійких гібридів 'Достаток' та 'Флагман', на противагу помірно посухостійким гібридам ('Переяславський' та 'Яхта'), виявилось посилення експресії *PIP2;1* (рис. 6). Слід зазначити, що в рослин не підвищувався рівень втрати води (рис. 5), що доводить їх стійкість до цих умов. Виявлена підвищена експресія *PIP2;1* у посухостійких гібридів кукурудзи дещо суперечить загальній тенденції зниження кількості білків аквапоринів у рослин за умов зневоднення та посухи [8, 14–17]. Тому не виключено, що підвищена експресія *PIP2;1* за умов зниження вологості субстрату є характерною рисою саме посухостійких гібридів 'Достаток' та 'Флагман' і може бути специфічною ознакою посухостійкості гібридів кукурудзи загалом.

Посилення експресії *PIP2;1* відмічали також під час відповіді дикорослих рослин на різну вологість ґрунту. Зокрема, значну відмінність в експресії *PIP2;1* виявили в суходільного *Sium latifolium* L., у якого експресія *PIP2;1* зберігалася підвищеною протя-

гом онтогенезу порівняно з такою в повітряно-водних рослин *Sium sizaroideum* L. [20]. Підвищення рівня експресії *PIP2;1* у суходільного *S. latifolium* L., можливо, є видовою ознакою адаптації рослин до суходолу. Це узгоджується з повідомленнями [21] про те, що експресія гена аквапорину *TaAQP7* із *Triticum aestivum*, який також відносять до підгрупи PIP2, визначав стійкість до посухи трансгенного *N. tabacum*, при цьому рослини характеризувалися стійким водний статусом, зниженням накопичення активних форм кисню й упередженням руйнування мембрани [21]. Слід зазначити, що попри достатньо довгу історію досліджень аквапоринів, багато механізмів посухостійкості за їхньої участі досі залишаються нерозкритими. Різна експресія генів аквапоринів підгрупи PIP2 у відповідь на водний стрес припускає, що різні ізоформи аквапоринів відіграють різну роль у регуляції водного транспорту [22], що, загалом, значно розширює адаптаційні можливості рослин.

Відомо [23, 24], що транспорт води через аквапорини регулюється фізичними властивостями цитоплазматичної мембрани, а саме її жорсткістю/плинністю, що сприяє функціонуванню білків. Фізичний стан мембрани впливає також на дифузюю води через ліпідний бішар, а дифузія, своєю чергою, визначається змінами складу ліпідів (кількістю фосфоліпідів, стеринів та ненасичених жирних кислот) та їх пакуванням у мембрані [25]. Деякі автори [26] припускають, що зміни композиції ліпідів мембрани призводять до змін у проникності через аквапорини.

Наші дослідження виявили підвищений рівень стеринів в усіх гібридів за умов 30%-ї

вологості субстрату, що свідчить про реакцію плазмалеми клітин коренів на зовнішній стрес, а саме про послаблення плинності та деяке «загустіння» мембрани. Відомо, що функціонування стеринів безпосередньо пов'язане з їхньою здатністю впливати на структуру мембрани та її водопроникність. Через взаємодію з боковими ланцюгами жирних кислот фосфоліпідів та інтегральними білками мембрани стерини впливають на пакування мембранного бішару, змінюючи при цьому плинність мембрани [27]. Виявлено, що посилення жорсткості мембрани через збільшення кількості стеринів сприяє посиленню водопроникності й газообміну саме через білки аквапорини. Зокрема, вважають, що ефективність функціонування аквапоринів тісно пов'язана з їхньою взаємодією з доменами мембрани, збагаченими стеролами [28]. Це твердження базується на тому факті, що висока локальна концентрація аквапоринів мембрани спостерігається у збагачених стеринами доменах з характерною високою водопроникністю [29]. Крім того, повідомлялося, що збільшення частки аквапоринів у детергент-стійких фракціях мембрани (DRM-detergent-resistant plasma membrane fraction), які є збагаченими на стерини і суттєво відрізняються від загальної фракції плазматичної мембрани, збільшує осмотичне проникнення води в плазмалемі за низьких температур та заморозків, підвищуючи тим самим виживання організму [30].

Дослідження регуляції внутрішньоклітинного транспорту аквапоринів та їх субклітинної локалізації у відповідь на зовнішні стреси, наприклад, зневоднення та сольовий стреси, виявили, що домени, збагачені на стероли, є ключовими в динаміці клітинної поверхні та ендоцитозі аквапоринів плазматичної мембрани [28, 31]. Зокрема, уміст стеринів пов'язують із посиленою або послабленою стійкістю до сольового стресу, до якої також залучені аквапорини [26, 32]. Показано, що підвищений уміст солі, зазвичай, зумовлює збільшення загальної кількості стеринів [26, 33].

Спираючись на зв'язок зниження плинності мембрани з посиленням функціонування аквапоринів, Frick та ін. [24] припустили, що жорсткість мембрани може впливати на конформаційний стан *PIP2;1*, зсуваючи рівновагу в бік його відкритої конформації, що й сприяє проходженню води. Також виявлено, що гідратація мембрани збільшує простір між ацильними ланцюгами жирних кислот [34]. Таким чином, через збільшену кількість молекул води на межі

з'єднання ліпід/білок, унаслідок збільшеної ненасиченості жирних кислот, спостерігали збільшення проникності через аквапорини [35]. У наших дослідженнях виявлено, що вологість субстрату 30%, за якої посилюється експресія *PIP2;1* загалом, не впливає на втрату води в коренях посухостійких гібридів 'Достаток' та 'Флагман'. Не виключено, що в цих гібридів ізоформа *PIP2;1* бере участь у регулюванні іншої функції, пов'язаної з транспортом розчинних речовин крізь мембрану під час зневоднення. Тому, можливо, що підвищена експресія *PIP2;1* є специфічною ознакою посухостійкості саме гібридів 'Достаток' та 'Флагман' і відрізняється від такої в помірно посухостійких 'Переяславський' та 'Яхта'.

В усіх досліджуваних гібридів збільшувалася кількість фосфоліпідів, які також структурно і функціонально залучені до реакції рослин на зовнішній стрес. Відомо, що склад фосфоліпідів, їхні головні групи та ацил-ланцюги впливають на фізичні властивості плазмалеми, що є суттєвим для функціонування білків. Показовим є співвідношення фосфатидилхоліну (ФХ) до фосфатидилетаноламіну (ФЕ). Вважають, що збільшення співвідношення ФХ/ФЕ є ознакою збереження інтегральності мембрани й нормалізації функціонування білків [36].

В експериментах співвідношення ФХ/ФЕ суттєво збільшувалося в помірно посухостійких гібридів 'Переяславський' та 'Яхта', а в посухостійких навпаки: не зазнавало змін у гібрида 'Достаток' або навіть знижувалося в гібрида 'Флагман' (табл. 1).

Збільшення співвідношення ФХ/ФЕ є неспецифічною реакцією і свідчить про реагування рослин на знижену вологість ґрунту. Зокрема, дослідження складу плазмалеми пшениці в умовах посухи виявили підвищення співвідношення ФХ/ФЕ та рівня ненасиченості жирних ацильних ланцюгів фосфоліпідів. Вважають, що це забезпечує більш плинний матрикс, що зберігає фізіологічні функції ліпідного бішару [36]. Збільшення показника ФХ/ФЕ спостерігали також у цитоплазматичній мембрані соняшнику в умовах водного стресу [37]. У нашому випадку, збільшення співвідношення ФХ/ФЕ в помірно посухостійких гібридів 'Переяславський' та 'Яхта' може свідчити про протидію зневодненню неадаптованих до посухи рослин, що спрямоване на поліпшення плинності мембрани та збереження її функціональності. Проте, незважаючи на те, що склад фосфоліпідів може модулювати функціонування аквапоринів через вплив

Таблиця 1

**Уміст фосфотидилхоліну та фосфотидилетаноламіну у фракції плазмалеми коренів гібридів кукурудзи за умов зниженої вологості субстрату**

Гібрид кукурудзи	Вологість субстрату, %	Уміст фосфоліпідів, мкг/мл		Співвідношення ФХ/ФЕ
		фосфатидилхолін (ФХ)	фосфатидилетаноламін (ФЕ)	
'Переяславський'	70	26,10	14,20	1,80
	30	26,4	6,90	3,80
'Достаток'	70	34,0	4,70	7,20
	30	16,40	5,20	3,20
'Яхта'	70	0,64	3,32	0,19
	30	0,45	0,51	0,88
'Флагман'	70	0,77	0,13	5,90
	30	0,57	0,77	0,74

на плинність плазмалеми, загалом вважають, що адаптація рослин до стресу залежить більшою мірою від аквапоринів, ніж від ліпідного складу [23].

Підтримання функціонального стану плазмалеми в умовах зневоднення забезпечує також і склад жирних кислот, особливо ненасичених (табл. 2).

Таблиця 2

**Якісний та кількісний склад жирних кислот фракції плазмалеми коренів гібридів кукурудзи за умов зниженої вологості субстрату**

Уміст фосфоліпідів, мкг/мл	Гібрид кукурудзи							
	'Переяславський'		'Достаток'		'Яхта'		'Флагман'	
	Вологість субстрату, %							
	70	30	70	30	70	30	70	30
Насичені жирні кислоти								
Пальмітинова 16:0	34,1	34,6	36,9	36,4	25,5	25,3	30,6	29,7
Стеаринова 18:0	10,4	8,9	8,1	9,3	4,4	2,9	4,2	6,1
$\Sigma$	44,6	43,5	45,0	45,7	29,9	28,2	34,8	35,8
Ненасичені жирні кислоти								
Олеїнова 18:1	4,5	5,0	6,6	6,0	6,3	3,7	4,2	4,9
Лінолева 18:2	34,1	23,8	40,5	39,3	32,4	45,5	34,1	23,8
Ліноленова 18:3	1,9	1,7	2,2	2,8	2,6	2,8	1,9	1,7
$\Sigma$	40,9	30,4	49,3	48,1	41,3	52,0	40,9	30,4
Коефіцієнт ненасиченості	1,2	0,8	1,1	1,0	1,4	1,8	1,2	0,8

В усіх гібридів (окрім 'Яхта') коефіцієнт ненасиченості був близьким до 1, хоча кількість деяких кислот змінювалася (табл. 2). У помірно посухостійкого гібриду 'Яхта' коефіцієнт ненасиченості був близьким до 2, що свідчить про посилення плинності мембрани коренів, як реакцію на зниження вологості субстрату. Варто зазначити, що гібрид 'Яхта' характеризувався також найбільшим водним дефіцитом у коренях (рис. 5), що є характерним для реакцій на водний стрес неадаптованих рослин.

### Висновки

Зниження експресії *PIP2;1* є відмітною рисою помірно посухостійких гібридів кукурудзи 'Переяславський' та 'Яхта' і свідчить про реакцію рослин на зниження вологості субстрату до 30%. Це може відбуватися через зменшену кількість білка *PIP2;1* і результуючу протидію втраті води крізь мембрану. Про реакцію коренів на ці умови вказує також збільшення їхньої до-

вжини, кореневого водного дефіциту та деяке посилення жорсткості цитоплазматичної мембрани.

Водночас, за вологості субстрату 30% експресія *PIP2;1* у посухостійких гібридів кукурудзи 'Достаток' та 'Флагман' навпаки посилювалася. При цьому водний дефіцит коренів був меншим, ніж у помірно посухостійких гібридів. Це дає змогу припустити, що така ознака як експресія саме *PIP2;1* може бути однією з визначальних ознак посухостійкості зазначених гібридів кукурудзи. Не виключено, що ізоформа *PIP2;1* виконує певну специфічну функцію в забезпеченні посухостійкості рослин. Цілком очевидно, що посухостійкість гібридів кукурудзи є комплексним механізмом і опосередковується також багатьма іншими молекулярними чинниками.

Виявлені молекулярні ознаки посухостійкості можуть використовуватися для поліпшення селекції кукурудзи, спрямованої на адаптацію до посухи.

## Використана література

- Gronnier J., Crowe J.-M., Habenstein B. et al. Structural basis for plant plasma membrane protein dynamics and organization into functional nanodomains. *eLife*. 2017. Vol. 6. e26404. doi: 10.7554/eLife.26404
- Luu D. T., Maurel C. Aquaporins in a challenging environment: molecular gears for adjusting plant water status. *Plant Cell Environ.* 2005. Vol. 28, Iss. 1. P. 85–96. doi: 10.1111/j.1365-3040.2004.01295.x
- Reizer J., Reizer A., Saier M. The MIP family of integral membrane channel proteins: sequence comparisons, evolutionary relationships, reconstructed pathway of evolution, and proposed functional differentiation of the two repeated halves of the proteins. *Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol.* 1993. Vol. 28, Iss. 3. P. 235–257. doi: 10.3109/10409239309086796
- Maurel C., Verdoucq L., Luu D. T., Santoni V. Plant aquaporins: membrane channels with multiple integrated functions. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2008. Vol. 59, Iss. 1. P. 595–624. doi: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092734
- Chaumont F., Tyerman S. D. Aquaporins: highly regulated channels controlling plant water relations. *Plant Physiol.* 2014. Vol. 164, Iss. 4. P. 1600–1618. doi: 10.1104/pp.113.233791
- Chaumont F., Barrieu F., Wojcik E. et al. Aquaporins constitute a large and highly divergent protein family in maize. *Plant Physiol.* 2001. Vol. 125, Iss. 3. P. 1206–1215. doi: 10.1104/pp.125.3.1206
- Chaumont F., Barrieu F., Jung R., Chrispeels M. J. Plasma membrane intrinsic proteins from maize cluster in two sequence subgroups with differential aquaporin activity. *Plant Physiol.* 2000. Vol. 122, Iss. 4. P. 1025–1034. doi: 10.1104/pp.122.4.1025
- Mahdieh M., Mostajeran A., Horie N., Katsuhara M. Drought stress alters water relations and expression of PIP-type aquaporin genes in *Nicotiana tabacum* plants. *Plant Cell Physiol.* 2008. Vol. 49, Iss. 5. P. 801–813. doi: 10.1093/pcp/pcn054
- Войцехівська О. В., Капустян А. В., Косик О. І. та ін. Фізіологія рослин. Практикум / за ред. Т. В. Паршикової. Луцьк : Терен, 2010. С. 75–77.
- Larsson C., Sommarin M., Widell S. Isolation of highly purified plant plasma membranes and separation of inside-out and right-side-out vesicles. *Methods Enzymol.* 1994. Vol. 228. P. 451–469. doi: 10.1016/00766879(94)28046-0
- Carde J.-P. Electron microscopy of plant cell membranes. *Methods Enzymol.* 1987. Vol. 148. P. 599–622. doi: 10.1016/0076-6879(87)48058-0
- Chen S.-H. S., Kou A. Y. Improved procedure for the separation of phospholipids by high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr. B Biomed. Sci. Appl.* 1982. Vol. 227, Iss. 1. P. 25–31. doi: 10.1016/S0378-4347(00)80352-7
- Subbarao G. V., Nam N. H., Chauhan Y. S., Johansen C. Osmotic adjustment, water relations and carbohydrate remobilization in pigeonpea under water deficits. *J. Plant Physiol.* 2000. Vol. 157, Iss. 6. P. 651–659. doi: 10.1016/S0176-1617(00)80008-5
- Moshelion M., Halperin O., Wallach R. et al. Role of aquaporins in determining transpiration and photosynthesis in water-stressed plants: crop water-use efficiency, growth and yield. *Plant Cell Environ.* 2015. Vol. 38, Iss. 9. P. 1785–1793. doi: 10.1111/pce.12410
- Jang J. Y., Kim D. G., Kim Y. O. et al. An expression analysis of a gene family encoding plasma membrane aquaporins in response to abiotic stresses in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Mol. Biol.* 2004. Vol. 54, Iss. 5. P. 713–725. doi: 10.1023/B:PLAN.0000040900.61345.a6
- Surbanovski N., Sargent D. J., Else M. A. et al. Expression of *Fragaria vesca* PIP aquaporins in response to drought stress: PIP down-regulation correlates with the decline in substrate moisture content. *PLoS One*. 2013. Vol. 8, Iss. 9. e74945. doi: 10.1371/journal.pone.0074945
- Yue C., Cao H., Wang L. et al. Molecular cloning and expression analysis of tea plant aquaporin (AQP) gene family. *Plant Physiol. Biochem.* 2014. Vol. 83. P. 65–76. doi: 10.1016/j.plaphy.2014.07.011
- Morillon R., Chrispeels M. J. The role of ABA and the transpiration stream in the regulation of the osmotic water permeability of leaf cells. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 2001. Vol. 98, Iss. 24. P. 14138–14143. doi: 10.1073/pnas.231471998
- Jang, J. Y., Lee, S. H., Rhee, J. Y. et al. Transgenic *Arabidopsis* and tobacco plants overexpressing an aquaporin respond differently to various abiotic stresses. *Plant Mol. Biol.* 2007. Vol. 64, Iss. 6. P. 621–632. doi: 10.1007/s11103-007-9181-8
- Блюма Д. А. Експресія генів аквапоринів підгрупи PIP2 в рослинах *Sium latifolium* L. в умовах різного водного режиму. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер. : Біол.* 2010. Т. 45, № 4. С. 3–8.
- Zhou S., Hu W., Deng X. et al. Overexpression of the wheat aquaporin gene, TaAQP7, enhances drought tolerance in transgenic tobacco. *PLoS One*. 2012. Vol. 7, Iss. 12. e52439. doi: 10.1371/journal.pone.0052439
- Hachez C., Zelazny E., Chaumont F. Modulating the expression of aquaporin genes in planta: a key to understand their physiological functions? *Biochim. Biophys. Acta*. 2006. Vol. 1758, Iss. 8. P. 1142–1156. doi: 10.1016/j.bbamem.2006.02.017
- Carvajal M., Cooke D. T., Clarkson D. T. Response of wheat plants to nutrient deprivation may involve the regulation of water uptake. *Planta*. 1996. Vol. 199, Iss. 3. P. 372–381. doi: 10.1007/BF00195729
- Frick A., Järvä M., Ekvall M. et al. Mercury increases water permeability of a plant aquaporin through a non-cysteine-related mechanism. *Biochem. J.* 2013. Vol. 454, Iss. 3. P. 491–499. doi: 10.1042/BJ20130377
- Ho C., Kelly M. B., Stubbs C. D. The effects of phospholipid unsaturation and alcohol perturbation at the protein/lipid interface probed using fluorophore lifetime heterogeneity. *Biochem. Biophys. Acta*. 1994. Vol. 1193, Iss. 2. P. 307–315. doi: 10.1016/0005-2736(94)90167-8
- López-Pérez L., Martínez-Ballesta M. C., Carvajal M. Changes in plasma membrane lipids, aquaporins and proton pump of broccoli roots, as an adaptation mechanism to salinity. *Phytochem.* 2009. Vol. 70, Iss. 4. P. 492–500. doi: 10.1016/j.phytochem.2009.01.014
- Da Silveira M. G., Golovina E. A., Hoekstra F. A. et al. Membrane fluidity adjustments in ethanol-stressed *Oenococcus oeni* cells. *Appl. Environ. Microbiol.* 2003. Vol. 69, Iss. 10. P. 5826–5832. doi: 10.1128/AEM.69.10
- Luu D. T., Maurel C. Aquaporin trafficking in plant cells: an emerging membrane-protein model. *Traffic*. 2013. Vol. 14, Iss. 6. P. 629–635. doi: 10.1111/tra.12062
- Belugin B. V., Zhestkova I. M., Trofimova M. S. Affinity of PIP aquaporins to sterol enriched domains in plasma membrane of the cells of etiolated pea seedlings. *Biochem. (Mosc.) Suppl. Ser. A Membr. Cell Biol.* 2011. Vol. 5, Iss. 1. P. 56–63. doi: 10.1134/S1990747810051010
- Minami A., Fujiwara M., Furuto A. et al. Alterations in detergent-resistant plasma membrane microdomains in *Arabidopsis thaliana* during cold acclimation. *Plant Cell Physiol.* 2009. Vol. 50, Iss. 2. P. 341–359. doi: 10.1093/pcp/pcn202
- Hachez C., Besserer A., Chevalier A. S., Chaumont F. Insights into plant plasma membrane aquaporin trafficking. *Trends Plant Sci.* 2013. Vol. 18, Iss. 6. P. 344–352. doi: 10.1016/j.tplants.2012.12.003
- Chalbi N., Martínez-Ballesta M. C., Youssef N. B., Carvajal M. Intrinsic stability of Brassicaceae plasma membrane in relation to changes in proteins and lipids as a response to salinity. *J. Plant Physiol.* 2015. Vol. 175. P. 148–156. doi: 10.1016/j.jplph.2014.12.003
- Silva C., Aranda F. J., Ortiz A. et al. Root plasma membrane lipid changes in relation to water transport in pepper: a response to NaCl and CaCl<sub>2</sub> treatment. *J. Plant Biol.* 2007. Vol. 50, Iss. 6. P. 650–657. doi: 10.1007/BF03030609

34. Disalvo E. A. Membrane hydration: a hint to a new model for biomembranes. *Subcell Biochem.* 2015. Vol. 71. P. 1–16. doi: 10.1007/978-3-319-19060-0\_1
35. Lee A. G. How lipids affect the activities of integral membrane proteins. *Biochim. Biophys. Acta.* 2004. Vol. 1666, Iss. 1–2. P. 62–87. doi: 10.1016/j.bbamem.2004.05.012
36. Vigh L., Huitema H., Woltjes J., van Hasselt P. R. Drought stress-induced changes in the composition and physical state of phospholipids in wheat. *Physiol. Plant.* 1986. Vol. 67, Iss. 1. P. 92–96. doi: 10.1111/j.1399-3054.1986.tb01268.x
37. Navarri-Izzo F., Quartacci M. F., Melfi D., Izzo R. Lipid composition of plasma membranes isolated from sunflower seedlings grown under water stress. *Physiol. Plant.* 1993. Vol. 87, Iss. 4. P. 508–514. doi: 10.1111/j.1399-3054.1993.tb02500.x
- ## References
1. Gronnier, J., Crowet, J.-M., Habenstein, B., Nasir, M. N., Bayle, V., Hosy, E., ... Mongrand, S. (2017). Structural basis for plant plasma membrane protein dynamics and organization into functional nanodomains. *eLife*, 6, e26404. doi: 10.7554/eLife.26404
2. Luu, D. T., & Maurel, C. (2005). Aquaporins in a challenging environment: molecular gears for adjusting plant water status. *Plant Cell Environ.*, 28(1), 85–96. doi: 10.1111/j.1365-3040.2004.01295.x
3. Reizer, J., Reizer, A., & Saier, M. (1993). The MIP family of integral membrane channel proteins: sequence comparisons, evolutionary relationships, reconstructed pathway of evolution, and proposed functional differentiation of the two repeated halves of the proteins. *Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol.*, 28(3), 235–257. doi: 10.3109/10409239309086796
4. Maurel, C., Verdoucq, L., Luu, D. T., & Santoni, V. (2008). Plant aquaporins: membrane channels with multiple integrated functions. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59(1), 595–624. doi: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092734
5. Chaumont, F., & Tyerman, S. D. (2014). Aquaporins: highly regulated channels controlling plant water relations. *Plant Physiol.*, 164(4), 1600–1618. doi: 10.1104/pp.113.233791
6. Chaumont, F., Barrieu, F., Wojcik, E., Chrispeels, M. J., & Jung, R. (2001). Aquaporins constitute a large and highly divergent protein family in maize. *Plant Physiol.*, 125(3), 1206–1215. doi: 10.1104/pp.125.3.1206
7. Chaumont, F., Barrieu, F., Jung, R., & Chrispeels, M. (2000). Plasma membrane intrinsic proteins from maize cluster in two sequence subgroups with differential aquaporin activity. *Plant Physiol.*, 122(4), 1025–1034. doi: 10.1104/pp.122.4.1025
8. Mahdieh, M., Mostajeran, A., Horie, N., & Katsuhara, M. (2008). Drought stress alters water relations and expression of PIP-type aquaporin genes in *Nicotiana tabacum* plants. *Plant Cell Physiol.*, 49(5), 801–813. doi: 10.1093/pcp/pcn054
9. Voitsekhivska, O. V., Kapustian, A. V., Kosyk, O. I., Musiienko, M. M., Olkhovych, O. P., Paniuta, O. O., Parshykova, T. V., & Slavny, P. S. (2010). *Fiziolohiia roslin. Praktykum* [Plant Physiology. Workshop] (pp. 75–77). T. V. Parshykova (Ed.). Lutsk: Teren. [in Ukrainian]
10. Larsson, C., Sommarin, M., & Widell, S. (1994). Isolation of highly purified plant plasma membranes and separation of inside-out and right-side-out vesicles. *Methods Enzymol.*, 228, 451–469. doi: 10.1016/0076-6879(94)28046-0
11. Carde, J.-P. (1987). Electron microscopy of plant cell membranes. *Methods Enzymol.*, 148, 599–622. doi: 10.1016/0076-6879(87)48058-0
12. Chen, S.-H. S., & Kou, A. Y. (1982). Improved procedure for the separation of phospholipids by high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr. B Biomed. Sci. Appl.*, 227(1), 25–31. doi: 10.1016/S0378-4347(00)80352-7
13. Subbarao, G. V., Nam, N. H., Chauhan, Y. S., & Johansen, C. (2000). Osmotic adjustment, water relations and carbohydrate remobilization in pigeonpea under water deficits. *J. Plant Physiol.*, 157(6), 651–659. doi: 10.1016/S0176-1617(00)80008-5
14. Moshelion, M., Halperin, O., Wallach, R., Oren, R., & Way, D. A. (2015). Role of aquaporins in determining transpiration and photosynthesis in water-stressed plants: crop water-use efficiency, growth and yield. *Plant Cell Environ.*, 38(9), 1785–1793. doi: 10.1111/pce.12410
15. Jang, J. Y., Kim, D. G., Kim, Y. O., Kim, J. S., & Kang, H. (2004). An expression analysis of a gene family encoding plasma membrane aquaporins in response to abiotic stresses in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Mol. Biol.*, 54(5), 713–725. doi: 10.1023/B:PLAN.0000040900.61345.a6
16. Surbanovski, N., Sargent, D. J., Else, M. A., Simpson, D. W., Zhang, H., & Grant, O. M. (2013). Expression of *Fragaria vesca* PIP aquaporins in response to drought stress: PIP down-regulation correlates with the decline in substrate moisture content. *PLoS One*, 8(9), e74945. doi: 10.1371/journal.pone.0074945
17. Yue, C., Cao, H., Wang, L., Zhou, Y., Hao, X., Zeng, J., Wang, X., & Yang, Y. (2014). Molecular cloning and expression analysis of tea plant aquaporin (AQP) gene family. *Plant Physiol. Biochem.*, 83, 65–76. doi: 10.1016/j.plaphy.2014.07.011
18. Morillon, R., & Chrispeels, M. J. (2001). The role of ABA and the transpiration stream in the regulation of the osmotic water permeability of leaf cells. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.*, 98(24), 4138–4143. doi: 10.1073/pnas.231471998
19. Jang, J. Y., Leem, S. H., Rhee, J. Y., Chung, G. C., Ahn, S. J., & Kang, H. (2007). Transgenic *Arabidopsis* and tobacco plants overexpressing an aquaporin respond differently to various abiotic stresses. *Plant Mol. Biol.*, 64(6), 621–632. doi: 10.1007/s11103-007-9181-8
20. Bliuma, D. (2010). Gene expression of the PIP2 subgroup aquaporins in *Sium latifolium* L. under different water regimes. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriya: Biolohiia* [Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology], 45(4), 3–8. [in Ukrainian]
21. Zhou, S., Hu, W., Deng, X., Ma, Z., Chen, L., Huang, C., ... He, G. (2012). Overexpression of the wheat aquaporin gene, TaAQP7, enhances drought tolerance in transgenic tobacco. *PLoS One*, 7(12), e52439. doi: 10.1371/journal.pone.0052439
22. Hachez, C., Zelazny, E., & Chaumont, F. (2006). Modulating the expression of aquaporin genes in planta: a key to understand their physiological functions? *Biochim. Biophys. Acta.*, 1758(8), 1142–1156. doi: 10.1016/j.bbamem.2006.02.017
23. Carvajal, M., Cooke, D. T., & Clarkson, D. T. (1996). Response of wheat plants to nutrient deprivation may involve the regulation of water uptake. *Planta*, 199(3), 372–381. doi: 10.1007/BF00195729
24. Frick, A., Järvä, M., Ekvall, M., Uzdaviny, P., Nyblom, M., & Törnroth-Horsefield, S. (2013). Mercury increases water permeability of a plant aquaporin through a non-cysteine-related mechanism. *Biochem. J.*, 454(3), 491–499. doi: 10.1042/BJ20130377
25. Ho, C., Kelly, M. B., & Stubbs, C. D. (1994). The effects of phospholipid unsaturation and alcohol perturbation at the protein/lipid interface probed using fluorophore lifetime heterogeneity. *Biochem. Biophys. Acta*, 1193(2), 307–315. doi: 10.1016/0005-2736(94)90167-8
26. López-Pérez, L., Martínez-Ballesta, M. C., Maurel, C., & Carvajal, M. (2009). Changes in plasma membrane lipids, aquaporins and proton pump of broccoli roots, as an adaptation mechanism to salinity. *Phytochem.*, 70(4), 492–500. doi: 10.1016/j.phytochem.2009.01.014
27. Da Silveira, M. G., Golovina, E. A., Hoekstra, F. A., Rombouts, F. M., & Abee, T. (2003). Membrane fluidity adjustments in ethanol-stressed *Oenococcus oeni* cells. *Appl. Environ. Microbiol.*, 69(10), 5826–5832. doi: 10.1128/AEM.69.10.5826-5832.2003
28. Luu, D. T., & Maurel, C. (2013). Aquaporin trafficking in plant cells: an emerging membrane-protein model. *Traffic*, 14(6), 629–635. doi: 10.1111/tra.12062

29. Belugin, B. V., Zhestkova, I. M., & Trofimova, M. S. (2011). Affinity of PIP aquaporins to sterol enriched domains in plasma membrane of the cells of etiolated pea seedlings. *Biochem. (Mosc.) Suppl. Ser. A Membr. Cell Biol.*, 5(1), 56–63. doi: 10.1134/S1990747810051010
30. Minami, A., Fujiwara, M., Furuto, A., Fukao, Y., Yamashita, T., Kamo, M., Kawamura, Y., & Uemura, M. (2009). Alterations in detergent-resistant plasma membrane microdomains in *Arabidopsis thaliana* during cold acclimation. *Plant Cell Physiol.*, 50(2), 341–359. doi: 10.1093/pcp/pcn202
31. Hachez, C., Besserer, A., Chevalier, A. S., & Chaumont, F. (2013). Insights into plant plasma membrane aquaporin trafficking. *Trends Plant Sci.*, 18(6), 344–352. doi: 10.1016/j.tplants.2012.12.003
32. Chalbi, N., Martinez-Ballesta, M. C., Youssef, N. B., & Carvajal, M. (2015). Intrinsic stability of Brassicaceae plasma membrane in relation to changes in proteins and lipids as a response to salinity. *J. Plant Physiol.*, 175, 148–156. doi: 10.1016/j.jplph.2014.12.003
33. Silva, C., Aranda, F. J., Ortiz, A., Carvajal, M., Martínez, V., & Teruel, J. A. (2007). Root plasma membrane lipid changes in relation to water transport in pepper: a response to NaCl and CaCl<sub>2</sub> treatment. *J. Plant Biol.*, 50(6), 650–657. doi: 10.1007/BF03030609
34. Disalvo, E. A. (2015). Membrane hydration: a hint to a new model for biomembranes. *Subcell Biochem.*, 71, 1–16. doi: 10.1007/978-3-319-19060-0\_1
35. Lee, A. G. (2004). How lipids affect the activities of integral membrane proteins. *Biochim. Biophys. Acta.*, 1666(1–2), 62–87. doi: 10.1016/j.bbamem.2004.05.012
36. Vigh, L., Huitema, H., Woltjes, J., & van Hasselt, P. R. (1986). Drought stress-induce changes in the composition and physical state of phospholipids in wheat. *Physiol. Plant.*, 67(1), 92–96. doi: 10.1111/j.1399-3054.1986.tb01268.x
37. Navarri-Izzo, F., Quartacci, M. F., Melfi, D., & Izzo, R. (1993). Lipid composition of plasma membranes isolated from sunflower seedlings grown under water stress. *Physiol. Plant.*, 87(4), 508–514. doi: 10.1111/j.1399-3054.1993.tb02500.x

УДК 577.218: 577.115: 582.542.11: 581.43: 58.032.3

**Шевченко Г. В.\***, **Овруцкая И. И.**, **Овчаренко Ю. В.** Экспрессия аквапорина *PIP2;1* как признак засухоустойчивости гибридов *Zea mays* L. при пониженной влажности почвы // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 2. С. 188–199. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173572>

*Институт ботаники имени Н. Г. Холодного НАН Украины, ул. Терещенковская, 2, г. Киев, 01601, Украина, \*e-mail: galli.shevchenko@gmail.com*

**Цель.** Исследовать экспрессию аквапорина *PIP2;1* у гибридов кукурузы 'Достаток' и 'Флагман' (засухоустойчивые), 'Переяславський' и 'Яхта' (умеренно засухоустойчивые), которые 10 суток росли при пониженной влажности субстрата (30%). Оценить возможное влияние состава липидов и жирных кислот на функциональную активность *PIP2;1* в данных условиях. **Методы.** Биохимические: исследование состава липидов и жирных кислот фракции цитоплазматической мембраны корней (жидкостная хроматография); молекулярно-биологические: выявление относительной экспрессии аквапорина *PIP2;1* в корнях (полимеразная цепная реакция, ПЦР); морфометрические измерения и статистические методы обработки результатов. **Результаты.** Показано, что у гибридов кукурузы 'Переяславський' и 'Яхта' экспрессия *PIP2;1* снижалась, а у гибридов 'Достаток' и 'Флагман', наоборот, повышалась. В корнях 'Достаток' и 'Флагман' в условиях пониженной влажности субстрата отмечали сниженный дефицит воды по сравнению с 'Переяславський' и 'Яхта'. Кроме того, в цитоплазматической мембране всех гибри-

дов увеличивалось количество стероидов и фосфолипидов. **Выводы.** Снижение экспрессии *PIP2;1*, отмеченное у гибридов 'Переяславський' и 'Яхта' является характерным для нестойких к засухе растений и свидетельствует об их реакции на снижение влажности субстрата, а также, противодействие обезвоживанию, поскольку меньшее количество аквапоринов обеспечивает задержку воды в клетках. В то же время, при влажности субстрата 30% экспрессия *PIP2;1* у засухоустойчивых гибридов 'Достаток' и 'Флагман', наоборот, усиливалась на фоне меньшего водного дефицита корней (по сравнению с гибридами 'Переяславський' и 'Яхта'). Не исключено, что усиленная экспрессия *PIP2;1* именно у данных гибридов 'Достаток' и 'Флагман' является специфическим индикатором засухоустойчивости. Полученные данные вносят существенный вклад в совершенствование селекции засухоустойчивых гибридов кукурузы.

**Ключевые слова:** кукуруза; аквапорин *PIP2;1*; стероиды; фосфолипиды; ненасыщенные жирные кислоты; корни; водный дефицит; засухоустойчивость.

UDC 577.218: 577.115: 582.542.11: 581.43: 58.032.3

**Shevchenko, H. V.\***, **Ovrukska, I. I.**, & **Ovcharenko, Yu. V.** (2019). Expression of aquaporin *PIP2;1* as an indicator of *Zea mays* L. cultivar tolerance to reduced soil moisture. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 188–199. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173572>

*Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2 Tereshchenkivska St., Kyiv, 01601, Ukraine, \*e-mail: galli.shevchenko@gmail.com*

**Purpose.** To investigate expression of aquaporin *PIP2;1* in maize cultivars 'Pereiaslavskyi' and 'Dostatok', (moderately drought-resistant) and 'Yachta' and 'Flahman' (drought-resistant), which grew for 10 days in low humidity substrate (30%). To evaluate possible influence of lipids and fatty acids on the functional activity of *PIP2;1* under above humidity conditions. **Methods.** Biochemical: study of lipids and fatty acids in cytoplasmic membrane fraction from the roots (liquid chromatography); molecular: detection of the relative expression of aquaporin *PIP2;1* in the roots (polymerase chain reaction,

PCR); morphometric measurements and statistical methods for result processing. **Results.** Studies showed that in moderately drought-tolerant maize cultivars 'Pereiaslavskyi' and 'Yachta', *PIP2;1* expression decreased, while in drought-tolerant 'Dostatok' and 'Flahman', on the contrary, it increased. In 'Dostatok' and 'Flahman' smaller root water deficit compared with 'Pereiaslavskyi' and 'Yachta' in conditions of low humidity of the substrate was recorded. In addition, the quantity of sterols and phospholipids increased in the plasma membrane of all hybrids. **Conclusions.** Reduced expression of *PIP2;1*

observed in 'Pereiaslavskiy' and 'Yachta', is a characteristic feature of not drought tolerant plants and indicates reaction to a decrease in substrate moisture and counteraction to dehydration, since a smaller amount of aquaporins ensures water retention in the cells. Contrary, at a substrate moisture content of 30%, *PIP2;1* expression in drought-resistant hybrids 'Dostatok' and 'Flahman' increased which was accompanied by lesser root water deficiency (comparing to that of

'Pereiaslavskiy' and 'Yachta'). It is quite probable that the enhanced expression of the *PIP2;1* isoform in cultivars 'Dostatok' and 'Flahman' is a specific indicator of hybrids drought resistance. The obtained data are important for improving the selection of drought resistant maize hybrids.

**Keywords:** corn; aquaporin *PIP2;1*; sterols; phospholipids; unsaturated fatty acids; roots; water deficiency; drought tolerance.

Надійшла / Received 19.04.2019

Погоджено до друку / Accepted 21.06.2019

# Біохімічні особливості інтродукованої популяції *Serratula coronata* L. (Asteraceae) у Центральному Поліссі України

І. В. Іващенко<sup>1</sup>, Д. Б. Рахметов<sup>2\*</sup>, О. М. Вергун<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Житомирський національний агроекологічний університет, Старий бульвар, 7, м. Житомир, 10008, Україна, e-mail: kalateja@ukr.net

<sup>2</sup>Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України, вул. Тимірязєвська, 1, м. Київ, 01014, Україна, \*e-mail: jamal\_r@bigmir.net

**Мета.** Установити біохімічний склад наземної частини *Serratula coronata* L. (серпій увінчаний) за інтродукції в Центральному Поліссі України. **Методи.** Об'єктом досліджень слугували рослини *S. coronata* з колекції ботанічного саду Житомирського національного агроекологічного університету. Фітосировину оцінювали у фазі квітання в біохімічній лабораторії відділу культурної флори Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України за відповідними методиками впродовж 2014–2016 рр. **Результати.** Наведено результати вивчення фітохімічних особливостей рослин *S. coronata* за умов інтродукції в Центральному Поліссі України у фазі квітання. Установлено кількісний уміст у сировині сухої речовини, загальних цукрів, каротину, аскорбінової кислоти, дубильних речовин, жирів, вільних кислот, макроелементів фосфору, кальцію та мікроелементів заліза, міді, цинку, мангану. **Висновки.** Уперше в умовах інтродукції в Центральному Поліссі України визначено біохімічний склад наземної частини рослин *S. coronata*. З'ясовано особливості залежності вмісту біохімічних сполук та макроелементів від вікових особливостей рослин. Рослини *S. coronata* третього року життя вирізнялися найбільшим умістом аскорбінової кислоти, каротину та сухої речовини; дворічні – органічних кислот, фосфору, золи, загальних цукрів; четвертого року життя – умістом жирів та кальцію. У сировині виявлено значну кількість вітаміну С та заліза. Отримані результати свідчать про перспективність подальшого вивчення фармакологічних властивостей *S. coronata* з метою отримання нових харчових продуктів, біодобавок і фітопрепаратів, збагачених біологічно активними речовинами і необхідних для життєдіяльності людини.

**Ключові слова:** інтродукція; біохімічні сполуки; сировина; біологічно активні речовини.

## Вступ

Збереження, збагачення та ефективне використання рослинних ресурсів має важливе наукове та практичне значення. Зважаючи на це, інтродукція нових нетрадиційних малопоширених видів рослин і розроблення біологічних, біохімічних, біотехнологічних основ введення їх у промислову та аматорську культуру є надзвичайно важливим завданням. До перспективних для інтродукції видів рослин належать представники роду *Serratula* L., що нараховує приблизно 70 видів, поширених у Євразії і Північній Африці [1]. В Україні трапляються п'ять видів роду *Serratula* [2]. Види роду *Serratula* L., насамперед *Serratula coronata* L., відзначаються високоцінною фітосировиною, а тому є перспективними для використання в медицині через виявлені в них біологічно активні речовини – фітоекдистероїди. Вивчення біохімічних осо-

бливостей рослин та визначення динаміки накопичення біологічно активних і структурно-функціональних сполук у біомасі дає змогу з'ясувати закономірності перебігу продукційного процесу, кількісні та якісні параметри фітомаси, оптимальні періоди заготівлі сировини та напрями її використання.

*Serratula coronata* L. (серпій увінчаний) – багаторічна трав'яна рослина родини Asteraceae, триби Cynareae Less. [3], поширена в Середній Азії, Східній Європі, Східному й Західному Сибіру, на південному заході європейської частини Росії, Кавказі, на Далекому Сході, у Середній Азії, Монголії, Японії [1, 4, 5]; в Україні – у південній частині Полісся, у Лісостепу, за винятком крайнього заходу, та північній частині Степу [3]. Зарості *Serratula coronata* трапляються на сухих луках, у чагарниках, узліссях у південних районах Рівненської, Житомирської, Київської, Сумської, Чернігівської областей [2]. Серпій увінчаний містить складний комплекс біологічно активних речовин: вітаміни, макро- й мікроелементи, незамінні амінокислоти, флавоноїди, дубильні речовини [6–10]. У рослині виявлено фітоекдистероїди (понад 20 сполук) – рослинні фітогормони, які мають анаболічну, адаптогенну, антиоксидантну, мембраноста-

Iryna Ivashchenko

<http://orcid.org/0000-0003-1588-3718>

Dzhamal Rakhmetov

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

Olena Vergun

<https://orcid.org/0000-0003-2924-1580>



білізуючу, гепато-, нейро- та нефропротекторну, антиаритмічну, імуномодулювальну, гіпоглікемічну і гіпохолестеролемічну дію [11, 12]. Серпій увінчаний використовують у разі епілепсії, неврозів, психічних захворювань, паралічів, злоякісних пухлин, анемії, гемоурою, гриж, ангіни, ларингіті, фарингіті, тонзиліті, блювоті, пропасниці, як седативного, протизапального, ранозагоювального, антимікробного засобу [13]. Згідно з даними літератури [14, 15], серпій увінчаний має антимікробні, антидепресантні властивості, поліпшує пам'ять.

Серпій увінчаний як джерело рідкісних біологічно активних речовин є перспективною культурою для застосування у фармації з метою створення нових адаптогенних лікарських препаратів, що значною мірою відновлюють і підвищують працездатність у разі розумових і фізичних перевтом.

Упродовж останніх 25 років у Росії, Угорщині, Кореї, Казахстані та Україні ведуться дослідження щодо введення *S. coronata* в культуру [1, 8, 11, 16, 17]. У ботанічному саду Житомирського національного агроекологічного університету також проводяться інтродукційні дослідження *S. coronata* і для з'ясування можливості використання його у фармації потрібне фітохімічне дослідження сировини.

**Мета досліджень** – установити біохімічний склад наземної частини *Serratula coronata* L. (серпій увінчаний) за інтродукції в Центральному Поліссі України.

### Матеріали та методика досліджень

Насіннєвий матеріал *S. coronata* отримано з ботанічної колекції відділу культурної флори Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України (НБС). Рослини зростали на експериментальних ділянках ботанічного саду Житомирського національного агроекологічного університету. Аналіз фітосировини здійснювали в біохімічній лабораторії відділу культурної флори НБС упродовж 2014–2016 рр.

Ґрунт ботанічного саду – дерново-карбонатний. Уміст гумусу (за Тюрнімом) –  $2,39 \pm 0,01\%$ ,  $\text{pH}_{\text{сольове}}$  гумусового горизонту – від  $7,2 \pm 0,10$ ; уміст  $\text{P}_2\text{O}_5$  –  $332,67 \pm 18,87$  мг/кг;  $\text{K}_2\text{O}$  –  $128,67 \pm 26,9$  мг/кг (за Кірсановим),  $\text{N}_k$  (за Корнфілдом) – від  $63,0 \pm 10,1$  мг/кг ґрунту. Екологічні умови району ботанічного саду типові як для Центрального Полісся України. Помірно-континентальний клімат загалом сприятливий для вирощування різноманітних видів рослин.

Проби відбирали з 30 типових модельних рослин у фазі масового квітання. Абсо-

лютно суху речовину, аскорбінову кислоту, загальний уміст цукрів, жирів, титровану кислотність та дубильні речовини визначали за В. П. Крищенко [18]; каротин – спектрофотометрично [19]; кальцій – трилонометричним методом [20]; фосфор – за Х. Н. Починком [21]; сухе озолення рослинного матеріалу проводили за З. М. Грицаєнко [22]; уміст міді, цинку, марганцю визначали атомно-абсорбційним методом згідно з ГОСТ 30692-2000 [23]; заліза – атомно-абсорбційним методом згідно з ГОСТ 27998-88 [24].

Отримані дані обраховані статистично з використанням програми Microsoft Excel 10. Розраховували середні значення величин і стандартної похибки ( $\bar{x} \pm \text{SE}$ ,  $n = 3$ ). Різницю результатів оцінювали за рівня значущості  $P < 0,05$  згідно з критерієм Стьюдента.

### Результати досліджень

У результаті проведених досліджень визначено біохімічний склад фітосировини *S. coronata* за умов зростання в Центральному Поліссі України. За критерієм Стьюдента ( $P < 0,05$ ) виявлено статистично значущі розбіжності між рослинами різного віку щодо вмісту сухої речовини, загальних цукрів, каротину, аскорбінової кислоти, жирів, вільних органічних кислот, макроелементів (див. табл. 1).

Сировина *Serratula coronata* характеризується значним умістом аскорбінової кислоти:  $125,9 \pm 13,33$ – $348,9 \pm 7,67$  мг%, при цьому найвищими показниками вирізнялися рослини третього року зростання –  $348,9 \pm 7,67$  мг%, що у 2,3 рази переважає цей показник у рослин другого року та у 2,8 рази – у рослин четвертого року життя. Аскорбінова кислота є потужним антиоксидантом, стимулює синтез інтерферону, підвищує стійкість організму до інфекцій, активізує ферменти, які забезпечують перебіг процесів обміну вуглеводів і функціонування залоз внутрішньої секреції [25, 26]. Каротину в сировині значно менше –  $1,46 \pm 0,30$ – $3,41 \pm 0,02$  мг%, у рослин третього року життя показники були вищі порівняно з дворічними у 2,29 рази, з чотирирічними рослинами – у 2,34 рази. Каротин є важливою поліфункціональною групою біологічно активних сполук, які виявляють антиоксидантну й фотопротекторну функції в рослинному організмі [27]. Із декількох ізомерів каротину для людини має найбільше значення  $\beta$ -каротин, з якого утворюється вітамін А, що забезпечує нормальний фізіологічний стан шкіри, стимулює утворення слизу епітеліальними клітинами слизових оболонок, відіграє важливу роль у функціонуванні органів зору. Уміст дубильних речовин у сировині незна-

**Біохімічна характеристика наземної маси *Serratula coronata* у фазі квітучання (2014–2016 рр.) ( $\bar{x} \pm SE, n = 3$ )**

№ з/п	Біохімічні показники	Рік життя		
		другий	третій	четвертий
1	Суша речовина, %	20,45 ± 0,50	36,12 ± 0,06*	31,76 ± 0,61*
2	Загальний уміст цукрів, %	21,38 ± 0,65	8,54 ± 0,17*	9,86 ± 0,11*
3	Каротин, мг/100 г	1,49 ± 0,02	3,41 ± 0,02*	1,46 ± 0,30
4	Аскорбінова кислота, мг/100 г	149,32 ± 21,49	348,89 ± 7,67*	125,95 ± 13,33
5	Фосфор, %	0,134 ± 0,008	0,099 ± 0,002*	0,088 ± 0,057
6	Кальцій, %	0,615 ± 0,012	1,59 ± 0,09*	2,32 ± 0,04*
7	Зола, %	7,20 ± 0,51	5,30 ± 0,06*	5,59 ± 0,55
8	Дубильні речовини, %	1,14 ± 0,53	1,61 ± 0,30	0,733 ± 0,338
9	Уміст органічних кислот, %	7,53 ± 0,26	2,59 ± 0,29*	2,25 ± 0,23*
10	Жири, %	1,78 ± 0,27	3,01 ± 0,02*	6,57 ± 0,16*

\*достовірно за  $P < 0,05$  порівняно з другим роком зростання.

чний –  $0,733 \pm 0,338$ – $1,61 \pm 0,30\%$ , статистично значущих розбіжностей за цим показником між різновіковими рослинами не виявлено. У медичній практиці їх використовують як в'яжучі, протизапальні, антисептичні, кровоспинні, радіопротекторні засоби в разі опіків, гнійних процесів, отруєння алкалоїдами чи солями важких металів.

Важливим показником є вміст органічних кислот – кількість вільних кислот, їх кислих солей, які містяться в сировині. Уміст органічних кислот варіював від  $2,3 \pm 0,23$  до  $7,6 \pm 0,26\%$  і був найвищим у дворічних рослин.

Уміст фосфору у фітосировині становив  $0,09 \pm 0,06$ – $0,13 \pm 0,01\%$ ; кальцію –  $0,62 \pm 0,01$ – $2,32 \pm 0,04\%$ . За даними А. В. Мягчилова [29] встановлено значно вищі показники вмісту кальцію в рослині в умовах Приморського краю –  $10,9\%$ , що, імовірно, пов'язано з розбіжністю екологічних умов оселищ у місцях збору сировини. Біологічна роль фосфору визначається його участю у формуванні й регенерації клітин, засвоєнні вітамінів та розвитку зубів і кісток, в обміні енергії, регуляції кислотно-лужного балансу, функціонуванні нирок, нервів, м'язів серця. Кальцій виконує важливу біологічну роль в організмі: бере участь у формуванні скелета, скороченні м'язів, розщепленні глікогену, сприяє згортанню крові. Максимальними показниками вмісту фосфору, золи та загальних цукрів вирізнялися рослини другого року зростання:  $0,13 \pm 0,01$ ;  $7,20 \pm 0,51$ ;  $21,4 \pm 0,65\%$  відповідно. За вмістом жирів та кальцію переважали рослини четвертого року зростання –  $6,6 \pm 0,16$  та  $2,3 \pm 0,04\%$  відповідно.

Отже, уміст біохімічних сполук у сировині серпію увінчаного змінювався за роками досліджень і залежав від вікових особливостей рослин. Відомо, що вміст первинних і вторинних метаболітів у наземній масі інтродуцен-

тів залежить від видових, генотипових, вікових особливостей і фази розвитку рослин [30].

Отримані нами результати досліджень щодо вмісту аскорбінової кислоти та каротину відрізняються від даних інших дослідників. Зокрема, уміст аскорбінової кислоти в зразках серпію увінчаного, культивованого в Нечорноземній Зоні РФ та в Томській області, значно нижчий –  $21,0$  та  $20$  мг/100 г, проте каротину вищий –  $113,0$  та  $135$  мг/100 г відповідно [7]. Згідно з даними О. Л. Апихтіної та ін. [31], уміст аскорбінової кислоти в сировині серпію увінчаного становив  $120$  мг/100 г. За повідомленням Г. Я. Степанюк і Т. Г. Хариної [32] аскорбінова кислота та дубильні речовини в наземній частині рослин містяться в слідових кількостях; отримані нами показники значно вищі:  $125,9 \pm 13,33$ – $348,9 \pm 7,67$  мг/100 г;  $0,73 \pm 0,338$ – $1,6 \pm 0,30\%$  відповідно.

Поряд з макроелементами істотне значення в життєдіяльності рослин мають і мікроелементи. Вони є складовою частиною багатьох біологічно активних сполук – білків, ферментів, гормонів, пігментів. Виявлено, що рослини *Serratula coronata* другого року зростання мають здатність накопичувати в наземних органах значну кількість заліза –  $451,3 \pm 45,1$  мг/кг (табл. 2). Уміст інших мікроелементів у сировині незначний: мідь –  $6,5 \pm 0,6$ , цинк –  $4,7 \pm 1,5$ , марганець –  $54,5 \pm 5,5$  мг/кг на абсолютно суху речовину.

Мінеральні речовини, які вибірково накопичують рослини, можуть впливати на їхню

Таблиця 2

**Уміст мікроелементів у наземній масі *Serratula coronata* у фазі квітучання (2014 р.) ( $\bar{x} \pm SE, n = 3$ )**

Мікроелемент	Уміст, мг/кг сухої речовини
Мідь	6,5 ± 0,6
Цинк	14,7 ± 1,5
Марганець	54,5 ± 5,5
Залізо	451,3 ± 45,1

фармакологічну дію. Важливу роль у рослинному організмі відіграють флавопротеїнові ферменти, в активації яких беруть участь Mn, Fe, Cu. Вважають, що лікарські рослини, які продукують дубильні речовини, вибірково накопичують Mn, Cu, Cr. Високі концентрації Mn забезпечують синтез аскорбінової кислоти й танідів, кількість яких корелює з накопиченням Mn у рослинах. Широкий спектр протизапальної дії серпю увінчаного пояснюється наявністю значної кількості флавоноїдів і може бути пов'язаний з їхньою антиоксидантною активністю, яка посилюється іншими органічними і неорганічними (макро- й мікроелементами – Fe, Mg, Mn, Zn та ін.) сполуками.

### Висновки

Уперше в умовах інтродукції в Центральному Поліссі України визначено біохімічний склад наземної частини рослин *S. coronata*. З'ясовано особливості залежності вмісту біохімічних сполук та макроелементів від вікових особливостей рослин. Рослини *S. coronata* третього року життя вирізнялися найбільшим вмістом аскорбінової кислоти, каротину та сухої речовини; дворічні – вільних органічних кислот, фосфору, золи, загальних цукрів; четвертого року життя – вмістом жирів та кальцію. Установлено, що сировина містить значну кількість вітаміну С та заліза. Отримані результати свідчать про перспективність подальшого вивчення фармакологічних властивостей *S. coronata* з метою отримання нових харчових продуктів, біодобавок і фітопрепаратів, збагачених біологічно активними речовинами і необхідних для життєдіяльності людини.

### Використана література

- Мишуров В. П., Зайнуллин В. Г., Рубан Г. А. и др. Интродукция *Serratula coronata* L. на европейском Северо-Востоке. Сыктывкар, 2008. 192 с.
- Четверня С. О., Джуренко Н. И., Паламарчук О. П., Грахов В. П. Насінна та сировинна продуктивність *Serratula coronata* L. та *Serratula tinctoria* L. *Біологічні системи*. 2015. Т. 7, Вип. 2. С. 222–228.
- Флора УРСР : У 12 т. Т. 4 / за ред. О. Д. Васюліної. Київ : Вид-во АН УРСР, 1962. 589 с.
- Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейство Asteraceae (Compositae) / отв. ред. П. Д. Соколова. Санкт-Петербург : Наука, 1993. 352 с.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. Санкт-Петербург : Мир и семья-95, 1995. 992 с.
- Сидорова Ю. С., Селяскин К. Е., Зорин С. Н. и др. Изучение влияния *in vivo* экстракта серпухи венценосной (*Serratula coronata* L.) на биомаркеры общего адаптационного синдрома. *Традиционная медицина*. 2014. № 1. С. 57–62.
- Латушкина Н. А., Ивановский А. А., Тимкина Е. Ю. Исследование химического состава и токсических свойств фитоконплекса, содержащего биологически активные вещества. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017. № 4. С. 58–62.
- Ivashchenko I., Ivashchenko O., Rakhmetov D. Phenolic Compounds in *Serratula coronata* L. (Asteraceae) Introduced in Ukrainian Polissya. *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality : The scientific proceeding of international network AgroBioNet*. Nitra, 2016. P. 149–154.
- Ангатскиева А. С., Андреева В. Ю., Калинин Г. И. и др. Исследование химического состава серпухи венценосной, культивируемой в Сибири. *Химия растительного сырья*. 2003. № 4. С. 47–50.
- Мягчилов А. В., Гончаренко О. Э., Соколова Л. И. и др. Выделение и идентификация флавоноидов из соцветий серпухи венценосной *Serratula coronata* L. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2011. № 1. С. 53–56.
- Ангатскиева А. С. Фармакологическое исследование серпухи венценосной, культивируемой в Сибири : дис. ... канд. фарм. наук : спец. 15.00.02 «Фармацевтическая химия и фармакогнозия» / Сиб. гос. мед. ун-т. Томск, 2006. 137 с.
- Фитогэкдистероиды / под ред. В. В. Володина. Санкт-Петербург : Наука, 2003. 293 с.
- Лавренов В. К., Лавренова Г. В. Современная энциклопедия лекарственных растений. Санкт-Петербург : Нева, 2006. 272 с.
- Kandilarov I. K., Zlatanova H. I., Georgieva-Kotetarova M. T. et al. Antidepressant effect and recognition memory improvement of two novel plant extract combinations – antistress I and antistress II on rats subjected to a model of mild chronic stress. *Folia Med (Plovdiv)*. 2018. Vol. 60, Iss. 1. P. 110–116. doi: 10.1515/folmed-2017-0073
- Іващенко І. В. Антимікробна активність етанольного екстракту *Serratula coronata* L. (Asteraceae) за інтродукції в Житомирському Поліссі. *Біологічний вісник МДПУ*. 2016. № 1. С. 290–303. doi: 10.15421/201616
- Báthori M., Kalász H., Csikkelné S.A., Mathe I. G. [Components of *Serratula* species; screening for ecdysteroid and inorganic constituents of some *Serratula* plants]. *Acta Pharm. Hung.* 1999. Vol. 69, Iss. 2. P. 72–76.
- Sun Y. G., Han Y. Y., Woo J. H. et al. Effect of pinching and shaded treatments on flowering and growth in *Serratula coronata* var. *insularis*. *RDA J. Hortic. Sci.* 1997. Vol. 39, Iss. 2. P. 80–85.
- Крищенко В. П. Методы оценки качества растительной продукции. Москва : Колос, 1983. 192 с.
- Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. Москва : Колос, 1985. 256 с.
- Ермаков А. И., Арасимович В. В., Смирнова-Иконникова М. И. Методы биохимического исследования растений. Ленинград : Колос, 1985. 455 с.
- Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. Киев : Наукова думка, 1976. 336 с.
- Грицаенко З. М., Грицаенко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : НІЧЛАВА, 2003. 320 с.
- Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Атомно-абсорбционный метод определения содержания меди, свинца, цинка и кадмия : ГОСТ 30692-2000. [Дата введения 2002-01-01]. Москва, 2002. 8 с.
- Корма растительные. Методы определения железа : ГОСТ 27998-88. [Дата введения 1990-01-01]. Москва, 2002. 10 с.
- Соколова Л. В. Визначення кількісного вмісту кислоти аскорбінової в сублімованих порошках рослин. *Український медичний альманах*. 2010. Т. 13, № 6. С. 133–136.
- Цимбал О. М., Матенчук Л. Ю., Щербак Н. А. Хіміко-технологічна оцінка плодів представників роду *Sorbus* L. *Автохтонні та інтродуковані рослини*. 2011. Т. 7. С. 124–127.
- Варанкіна О. О. Біологічна дія бета-каротину: позитивні і негативні аспекти. *Харчова наука і технологія*. 2013. № 4. С. 46–49.
- Мягчилов А. В. Флавоноиды растений *Fagopyrum sagittatum* Gilib. (гречихи посевной) и серпухи венценосной (*Serratula coronata* L.) (методы выделения, идентификация веществ, перспективы использования) : дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.02.14 «Биологические ресурсы» / Дальневосточный федеральный ун-т. Владивосток, 2014. 153 с.
- Кукушкин Ю. Н. Химические элементы в организме человека. *Соровский образовательный журнал*. 1998. № 5. С. 54–58.

30. Котюк Л. А. Біолого-екологічні основи інтродукції ароматичних рослин родини Lamiaceae Lindl. в Центральному Поліссі України : дис. ... д-ра біол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаніка» / Нац. бот. сад ім. М. М. Гришка НАН. Київ, 2019. 465 с.
31. Апихтіна О. Л., Коцюруб А. В., Коркач Ю. П. Модулюючий вплив екстракту *Serratula coronata* на обмін оксиду азоту в тканинах аорти щурів при свинцевій інтоксикації. *Укр. біох. журн.* 2007. Т. 79, № 5. С. 204–211.
32. Степанюк Г. Я., Харина Т. Г. Серпуха венценосная как источник получения биологически активных веществ. *Новые лекарственные препараты из растений Сибири и Дальнего Востока* : тезисы докл. Всесоюз. конф. Томск, 1989. Т. 2. С. 167.
- ## References
1. Mishurov, V. P., Zaynullin, V. G., Ruban, G. A., Savinovskaya, N. S., Punegov, V. V., & Bashlykova, L. A. (2008). *Introduktsiya Serratula coronata L. na evropeyskom Suvero-Vostoke* [Introduction of *Serratula coronata* L. in the European North-East]. *Syktuykar*: N.p. [in Russian]
2. Chetvernia, S. O., Dzhurenko, N. I., Palamarchuk, O. P., & Hrachov, V. P. (2015). Seed and raw-material productivity of *Serratula coronata* L. and *Serratula tinctoria* L. in natural habitats. *Biologični sistemi* [Biological Systems], 7(2), 222–228. [in Ukrainian]
3. Vasiulina, O. D. (Ed.). (1962). *Flora URSS* [Flora of the USSR]. (Vol. 11). Kyiv: Vyd-vo AN URSS. [in Ukrainian]
4. Sokolov, P. D. (Ed.). (1993). *Rastitel'nye resursy SSSR: Tsvetkovye rasteniya, ikh khimicheskiy sostav, ispol'zovanie; Semeystvo Asteraceae (Compositae)* [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Family Asteraceae (Compositae)]. St. Petersburg: Nauka. [in Russian]
5. Cherepanov, S. K. (1995). *Sosudistyje rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv* [Vascular plants of Russia and adjacent states]. St. Petersburg: Mir i sem'ya-95. [in Russian]
6. Sidorova, Yu. S., Selyaskin, K. E., Zorin, S. N., Vasilevskaya, L. S., Volodin, V. V., & Mazo, V. K. (2014). *In vivo* study of *Serratula coronata* L. extract on biomarkers of general adaptation syndrome. *Tradicionnâ medicina* [Traditional medicine], 1, 57–62. [in Russian]
7. Latushkina, N. A., Ivanovskiy, A. A., & Timkina, E. Yu. (2017). Study of chemical composition and toxic properties of phyto-complex containing biologically active substances. *Agrarnaâ nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agrarian Science Euro-North-East], 4, 58–62. [in Russian]
8. Ivashchenko, I., Ivashchenko, O., & Rakhmetov, D. (2016). Phenolic Compounds in *Serratula coronata* L. (Asteraceae) Introduced in Ukrainian Polissya. In *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality: The Scientific Proceeding of International Network AgroBioNet* (pp. 149–154). Nitra: N.p.
9. Angaskieva, A. S., Andreeva, V. Yu., Kalinkina, G. I., Sal'nikova, E. N., Borodysheva, E. A., & Kharina, T. G. (2003). Study of the chemical composition of *Serratula coronata* cultivated in Siberia. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of Plant Raw Materials], 4, 47–50. [in Russian]
10. Myagchilov, A. V., Goncharenko, O. E., Sokolova, L. I., Gorovoy, P. G., & Dmitrenok, P. S. (2011). Extraction and identification of flavonoids from crowned saw-wort inflorescences *Serratula coronata* L. *Izvestiâ vuzov. Prikladnâ himiâ i biotekhnologîâ* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology], 1, 53–56. [in Russian]
11. Angaskieva, A. S. (2006). *Farmakologicheskoe issledovanie serpuhki ventsenosnoy, kul'tiviruemy v Sibiri* [A pharmacological study of *Serratula coronata* cultivated in Siberia] (Cand. Farm. Sci. Diss.). Siberian State Medical University, Tomsk, Russia. [in Russian]
12. Volodin, V. V. (Ed.). (2003). *Fitoekdisteroïdy* [Phytoecdysteroids]. St. Petersburg: Nauka. [in Russian]
13. Lavrenov, V. K., & Lavrenova, G. V. (2006). *Sovremennaya entsiklopediya lekarstvennykh rasteniy* [Modern encyclopedia of medicinal plants]. St. Petersburg: Neva. [in Russian]
14. Kandilarov, I. K., Zlatanova, H. I., Georgieva-Kotetarova, M. T., Kostadinova, I. I., Katsarova, M. N., Dimitrova, S. Z., Lukanov, L. K., & Sadakov, F. (2018). Antidepressant effect and recognition memory improvement of two novel plant extract combinations – antistress I and antistress II on rats subjected to a model of mild chronic stress. *Folia Med* (Plovdiv), 60(1), 110–116. doi: 10.1515/folmed-2017-0073
15. Ivashchenko, I. V. (2016). Antimicrobial activity of ethanolic extracts of *Serratula coronata* L. (Asteraceae) introduced in Zhytomyr Polissya. *Biol. visn. Melitop. derž. pedagog. univ. im. Bogdana Hmel'nic'kogo* [Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University], 1, 290–303. doi: 10.15421/201616
16. Báthori, M., Kalász, H., Csikkelné, S.A., & Mathe, I. G. (1999). [Components of *Serratula* species; screening for ecdysteroid and inorganic constituents of some *Serratula* plants]. *Acta Pharm. Hung.*, 69(2), 72–76.
17. Sun, Y. G., Han, Y. Y., Woo, J. H., Seong, Y. C., Choi, K. B., & Choi, B. S. (1997). Effect of pinching and shaded treatments on flowering and growth in *Serratula coronata* var. *insularis*. *RDA J. Hortic. Sci.*, 39(2), 80–85.
18. Krishchenko, V. P. (1983). *Metody otsenki kachestva rastitel'noy produkcii* [Methods for evaluating quality of plant production]. Moscow: Kolos. [in Russian]
19. Pleshkov, B. P. (1985). *Praktikum po biokhimii rasteniy* [Workshop on plant biochemistry]. Moscow: Kolos. [in Russian]
20. Ermakov, A. I., Arasimovich, V. V., & Smirnova-Ikonnikova, M. I. (1985). *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy* [The methods of biochemical investigations of plants]. Leningrad: Kolos. [in Russian]
21. Pochinok, Kh. N. (1976). *Metody biokhimicheskogo analiza rasteniy* [Methods of biochemical analysis of plants]. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian]
22. Hrytsaienko, Z. M., Hrytsaienko, A. O., & Karpenko, V. P. (2003). *Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv* [Methods of biological and agrochemical investigations of plants and soils]. Kyiv: Nichlava. [in Ukrainian]
23. *Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Atomno-absorbtsionnyy metod opredeleniya soderzhaniya medi, svintsa, tsinka i kadmîya: GOST 30692-2000* [Fodders, mixed fodders and animal raw foodstuff. Atomic absorption method for determination of copper, lead, zinc and cadmium: Interstate standard 30692-2000]. (2002). Moscow: N.p. [in Russian]
24. *Korma rastitel'nye. Metody opredeleniya zheleza: GOST 27998-88* [Vegetable feeds. Methods for determination of iron: Interstate standard 27998-88]. (2002). Moscow: N.p. [in Russian]
25. Sokolova, L. V. (2010). Determination of the quantitative content of ascorbic acid in sublimated plant powders. *Ukrainskij medičnij al'manah* [Ukrainian Medical Almanac], 13(6), 133–136. [in Ukrainian]
26. Tsimbal, O. M., Matenchuk, L. Yu., & Shcherbak, N. A. (2011). Chemical and technological evaluation of fruit, representing the genus *Sorbus* L. *Avtohtonni ta introdukovani roslini* [Autochthonous and Alien Plants], 7, 124–127. [in Ukrainian]
27. Varankina, O. O. (2013). Biological action of beta-carotene: positive and negative aspects. *Harčova nauka i tehnologîâ* [Food Science and Technology], 4, 46–49. [in Russian]
28. Myagchilov, A. V. (2014). *Flavonoidy rasteniy Fagopyrum sagittatum Gilib. (grechikhi posevnoy) i serpuhki ventsenosnoy (Serratula coronata L.) (metody vydeleniya, identifikatsiya veshchestv, perspektivy ispol'zovaniya)* [Flavonoids of plants *Fagopyrum sagittatum* Gilib. (buckwheat) and *Serratula coronata* L. (methods of extraction, identification of substances, prospects of application)] (Cand. Biol. Sci. Diss.). Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia. [in Russian]
29. Kukushkin, Yu. N. (1998). Chemical elements in the human body. *Sorovskiy obrazovatel'nyy zhurnal* [Soros Educational Journal], 5, 54–58. [in Russian]
30. Kotiuk, L. A. (2019). *Bioloho-ekolohichni osnovy introduktsii aro-matychnykh roslyn rodyny Lamiaceae Lindl. v Sentralnomu Polissii Ukrainy* [Biological and ecological foundations of aromatic plants introduction from the Lamiaceae Lindl family in Central

- Polissya of Ukraine] (Dr. Biol. Sci. Diss.). M. M. Hryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
31. Apykhtina, O. L., Kotsuruba, A. V., & Korkach, Yu. P. (2007). Modulating effect of the *Serratula coronata* extract on nitric oxide exchange in aorta tissues of rats under lead intoxication. *Ukr. Biochem. J.*, 79(5), 204–211. [in Ukrainian]
32. Stepanyuk, G. Ya., & Kharina, T. G. (1989). *Serratula coronata* as a source of obtaining biologically active substances. In *Novye lekarstvennye preparaty iz rasteniy Sibiri i Dal'nego Vostoka: tezisy dokl. Vsesoyuz. konf.* [New drugs from plants of Siberia and the Far East: Proc. All-Union Conf.] (Vol. 2, p. 167). Tomsk, Russia. [in Russian]

УДК 582. 998.1 (477.42)

**Иващенко И. В.<sup>1</sup>, Рахметов Д. Б.<sup>2\*</sup>, Вергун О. М.<sup>2</sup>** Биохимические особенности интродуцированной популяции *Serratula coronata* L. (Asteraceae) в Центральном Полесье Украины // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 2. С. 200–205. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173574>

<sup>1</sup>Житомирский национальный агроэкологический университет, Старый бульвар, 7, г. Житомир, 10008, Украина, e-mail: kalateja@ukr.net

<sup>2</sup>Национальный ботанический сад им. Н. Н. Гришка НАН Украины, ул. Тимирязевская, 1, г. Киев, 01014, Украина, \*e-mail: jamal\_r@bigmir.net

**Цель.** Изучение биохимического состава наземной части растений *Serratula coronata* при интродукции в Центральном Полесье Украины. **Методы.** Объектом исследований служили растения *S. coronata* коллекции ботанического сада Житомирского национального агроэкологического университета. Фитосырье оценивали в фазе цветения в биохимической лаборатории отдела культурной флоры Национального ботанического сада им. Н. Н. Гришка НАН Украины по соответствующим методикам на протяжении 2014–2016 гг. **Результаты.** Представлены результаты изучения фитохимических особенностей растений *S. coronata* при интродукции в Центральном Полесье Украины в фазе цветения. Установлено количественное содержание в сырье сухого вещества, общих сахаров, аскорбиновой кислоты, каротина, дубильных веществ, жиров, свободных кислот, макроэлементов фосфора, кальция и микроэлементов железа, меди, цинка, марганца. **Выводы.** Впервые в условиях интродукции в

Центральном Полесье Украины установлено биохимический состав наземной части растений *S. coronata*. Выяснены особенности зависимости содержания биохимических соединений и макроэлементов от возрастных особенностей растений. Растения *S. coronata* третьего года жизни отличались наибольшим содержанием аскорбиновой кислоты, каротина и сухого вещества; двулетние – органических кислот, фосфора, золы, общих сахаров; четвертого года жизни – содержанием жиров и кальция. В сырье выявлено значительное количество витамина С и железа. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности дальнейшего изучения фармакологических свойств *S. coronata* с целью получения новых продуктов питания, биодобавок и фитопрепаратов, обогащенных биологически активными соединениями и необходимыми для жизнедеятельности человека.

**Ключевые слова:** интродукция, биохимические соединения, сырье, биологически активные соединения.

UDC 582. 998.1 (477.42)

**Ivashchenko, I. V.<sup>1</sup>, Rakhmetov, D. B.<sup>2\*</sup>, & Vergun, O. M.<sup>2</sup>** (2019). Biochemical features of the introduced population of *Serratula coronata* L. (Asteraceae) in Central Polissia of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 200–205. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173574>

<sup>1</sup>Zhytomyr National Agroecological University, 7 Staryi Bulvar, Zhytomyr, 10008, Ukraine, e-mail: kalateja@ukr.net

<sup>2</sup>M. M. Hryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine, 1 Tymiriazivska St., Kyiv, 01014, Ukraine, \*e-mail: jamal\_r@bigmir.net

**Purpose.** To establish the biochemical composition of the above ground part of *Serratula coronata* L. (Crowned saw-wort) for introduction in Central Polissia of Ukraine. **Methods.** The object of research was the plants of *S. coronata* from the collection of the Botanical garden of Zhytomyr National Agroecological University. Plant raw material was evaluated in the flowering phase in the biochemical laboratory of the Department of Cultural Flora of the M. M. Hryshko National Botanic Gardens of the National Academy of Sciences of Ukraine according to the relevant methods during 2014–2016. **Results.** The results of the study of phytochemical features of *S. coronata* under conditions of introduction in the Central Polissia of Ukraine in the flowering phase are given. Quantitative content of raw material in dry matter, total sugars, carotene, ascorbic acid, tannins, fats, free acids, macroelements of phosphorus, calcium and trace elements of iron, copper, zinc, manganese was revealed. **Conclusions.** The

biochemical composition of the above ground part of *S. coronata* was determined for the first time in the conditions of introduction in Central Polissia of Ukraine. The peculiarities of the dependence of the content of biochemical compounds and macroelements on age characteristics of plants were determined. Plants of *S. coronata* of the third year of life were distinguished by the highest content of ascorbic acid, carotene and dry matter; two-year – organic acids, phosphorus, ash, common sugars; the fourth year of life – the content of oil and calcium. Significant amounts of vitamin C and iron were found in the raw material. The obtained results testify to the prospect of further study of the pharmacological properties of *S. coronata* in order to obtain new food products, bio-additives and phytopreparations enriched with biologically active substances and essential for human life.

**Keywords:** introduction; biochemical compounds; raw; biologically active substances.

Надійшла / Received 23.05.2019

Погоджено до друку / Accepted 20.06.2019

## Особливості формування ринку національних сортових ресурсів винограду справжнього (*Vitis vinifera* L.)

С. І. Мельник<sup>1</sup>, Н. С. Орленко<sup>1</sup>, В. М. Матус<sup>1\*</sup>, К. М. Мажуга<sup>1</sup>, А. Н. Керімов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна, \*e-mail: matysv@ukr.net

<sup>2</sup>Херсонський державний аграрний університет, вул. Стрітенська, 23, м. Херсон, 73006, Україна

**Мета.** Розкрити особливості формування національних сортових ресурсів винограду, з огляду на сучасний стан ринку, потреби споживачів, проблеми та перспективи галузі виноградарства в Україні. **Результати.** Здійснено моніторинг національних сортових ресурсів винограду справжнього в хронології формування колекції загальновідомих сортів, які використовують як для продовольчих цілей, так і в подальшому селекційному процесі. Станом на початок 2019 р. до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні включено 51 сорт винограду справжнього. Протягом останніх років спостерігається тенденція до зменшення кількості нових сортів, скорочення загальної площі виноградників та закладання молодих насаджень. У Реєстрі сортів рослин України домінують сорти культури технічного напрямку використання, потребує розширення сортименту столової та універсальної групи. Найбільшу частку серед поширених на території України займають сорти вітчизняної селекції. Результати моніторингу динаміки сортооновлення винограду справжнього в Державному реєстрі сортів рослин України за останні п'ять років свідчать про негативну тенденцію: 2013 р. – 11 сортів, 2015 р. – два, 2018 р. – один сорт. Тому питання формування національних сортових ресурсів винограду справжнього є актуальним та потребує наукового підходу до селекційного процесу, державної науково-технічної експертизи заявки на сорт рослин та їх комерційного обігу. Нові сорти винограду справжнього включають до Державного реєстру сортів рослин України на підставі результатів державної науково-технічної експертизи на сорт рослин, яка передбачає встановлення критеріїв відмітності, однорідності та стабільності методом морфологічного опису ідентифікаційних ознак вегетативних і генеративних органів винограду й визначення господарськоцінних показників нових сортів. **Висновки.** Загальна кількість сортів винограду справжнього в Україні за період 2015–2018 рр. зменшилася, що зумовлено низьким рівнем подання заявок на нові сорти як вітчизняної, так і зарубіжної селекції. Резервом розширення сортименту винограду справжнього залишається пошук сучасних методів та напрямів селекції, застосування новітніх методів ідентифікації сортів і клонів культури.

**Ключові слова:** виноград справжній; сорт; клон; урожайність; гроно; ягода; напрям використання; фенотип; ідентифікація; товарність.

### Вступ

Виноградарство є однією з уніфікованих галузей рослинництва, яка потребує ефективних технологічних, селекційних засобів та фінансової підтримки для отримання ви-

соких і сталих урожаїв товарної продукції належної якості [1]. Сорти винограду справжнього всіх напрямів використання, які перебувають у комерційному обігу на території України, мають попит у споживачів та в інших галузях виробництва. Із часу вступу України до Світової організації торгівлі виноградарсько-виноробний підкомплекс опинився в умовах досконалої ринкової конкуренції, що призвело до обмеження державного протекціонізму національних виробників, до того ж більшість із них виявилися з низьким рівнем конкурентоспроможності [2, 3].

Сьогодні у світі зареєстровано й описано понад 3000 клонів винограду, більшість із яких значно переважає за продуктивністю базові сорти. В Україні зі 126 зареєстрованих

Serhii Melnyk

<http://orcid.org/0000-0002-5514-5819>

Nataliia Orlenko

<http://orcid.org/0000-0003-4103-7806>

Valentina Matus

<http://orcid.org/0000-0002-2267-4757>

Kostiantyn Mazhuha

<http://orcid.org/0000-0002-1434-8687>

Ali Kerimov

<https://orcid.org/0000-0001-8549-1547>

сортів винограду 54 мають правову охорону, але, на жаль, клони мають незначну питому вагу [4–6]. У разі клонової селекції винограду за позитивними якостями виділяють окремі рослини, які мають фенотипові відмінності за відповідною ознакою або за їх комплексом.

Виробництво винограду та продуктів його переробки завжди відіграло важливу роль у соціально-економічному розвитку південних областей України та Закарпаття, де ґрунтово-кліматичні умови є сприятливими для ведення виноградарства [7]. Однак, за часів незалежності нашої країни розвиток галузі виноградарства характеризується поступовим зменшенням площ плодоносних виноградників і зниженням темпів оновлення застарілих насаджень.

Сучасний рівень економічного стану виноградарства, як пріоритетної галузі сільського господарства кількох областей України, потребує пошуку шляхів виходу з кризового стану, оптимальнішого використання природного й економічного потенціалу країни для його розвитку. Значимість виноградарства як галузі рослинництва органічно пов'язане з виведенням нових сортів та клонів культури, знаходженням шляхів збільшення площ виноградників, подоланням збитковості виробництва в більшості сільськогосподарських підприємств, які займаються вирощуванням винограду [8, 9]. Це й обумовлює актуальність теми цієї статті.

*Мета досліджень* – розкрити особливості формування національних сортових ресурсів винограду, з огляду на сучасний стан ринку, потреби споживачів, проблеми та перспективи галузі виноградарства в Україні.

### Методи та методика досліджень

Селекціонери-виноградари ведуть науково-селекційну роботу за методикою, затвердженою в 1971 р. на першому Міжнародному симпозіумі з питань клонової селекції, яка розрахована на 20-річне випробування. Формування національних сортових ресурсів винограду справжнього в Україні заклад експертизи проводить відповідно до Методики проведення експертизи сортів винограду справжнього *Vitis L.* на відмінність, однорідність і стабільність [10].

Вихідні дані з морфологічного опису та господарськоцінних характеристик сортів винограду справжнього отримано з джерелознавчої бази даних експертного закладу, статистично опрацьовані та оприлюднені в офіційному виданні компетентного органу у сфері охорони прав на сорти рослин: офіційний бюлетень «Охорона прав на сорти рослин».

Характеристики сортів винограду справжнього за напрямками використання доступні на платформі Довідково-інформаційної системи «Сорт».

### Результати досліджень

Формування національних сортових ресурсів винограду включає загальновідомі сорти й клони, які мали державну реєстрацію і були поширені на території України. Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні станом на січень 2019 р. включає 51 сорт, переважно вітчизняної селекції (99%), по одному сортові молдавської та спільної українсько-молдавської селекції.

Аналітичні дослідження з моніторингу статистичних даних за період 2009–2017 рр. щодо площ, зайнятих під виноградниками, показали значне їх скорочення під сортами та клонами винограду з 91,3 (2009 р.) до 48,7 тис. га (2013 р.) [9].

Починаючи з 2013 р. триває незначене скорочення площ, а впродовж 2016–2017 р. показник залишається сталим – 43,5 тис. га (рис. 1).

Аналіз подання заявок на сорти винограду для державної реєстрації та/або прав на них за період 1939–2017 рр. свідчить, що найбільша кількість заявок – 25 відмічена у 1978, 1990 та 1997 рр. Починаючи з 2001 р. темпи сортооновлення виноградників зменшилися майже вдвічі (рис. 2).

Упродовж 2015–2017 рр. кількість поданих заявок на сорти винограду була мінімальною – лише одна-дві. Виникає загроза порушення сортозміни та сортооновлення новими сортами та клонами винограду. Також зменшилася кількість суб'єктів господарювання, які б підтримували нові сорти в Державному реєстрі сортів рослин України.

Аналіз національних сортових ресурсів винограду показав, що всі загальновідомі сорти представляє селекція України, Молдови (1992 р.), Вірменії (1992 р.) та Росії (1997 р.). Частка подання заявок пострадянськими державами для реєстрації в інших країнах є незначною (табл. 1).

Формування національних сортових ресурсів винограду справжнього відбувається здебільшого за рахунок вітчизняної селекції (рис. 3).

У середньому за рік було зареєстровано чотири сорти. Максимальну кількість сортів (19) було зареєстровано у 2006 р.

За напрямом використання технічні сорти винограду займали 84% площ насаджень.

Розподіл сортів винограду за напрямом використання наведено на рисунку 5.

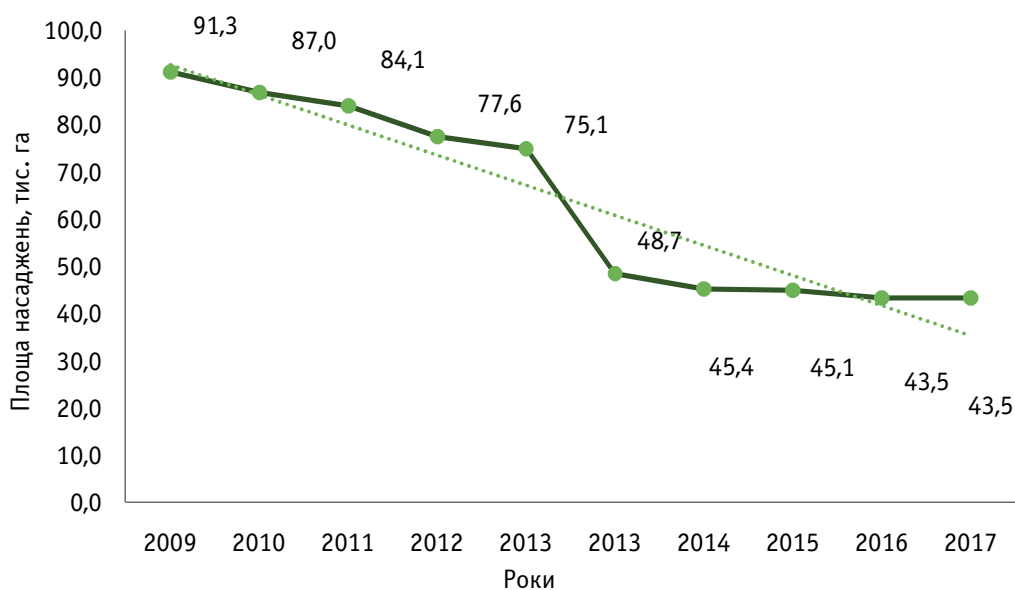


Рис. 1. Загальна площа виноградних насаджень за 2009–2017 рр.

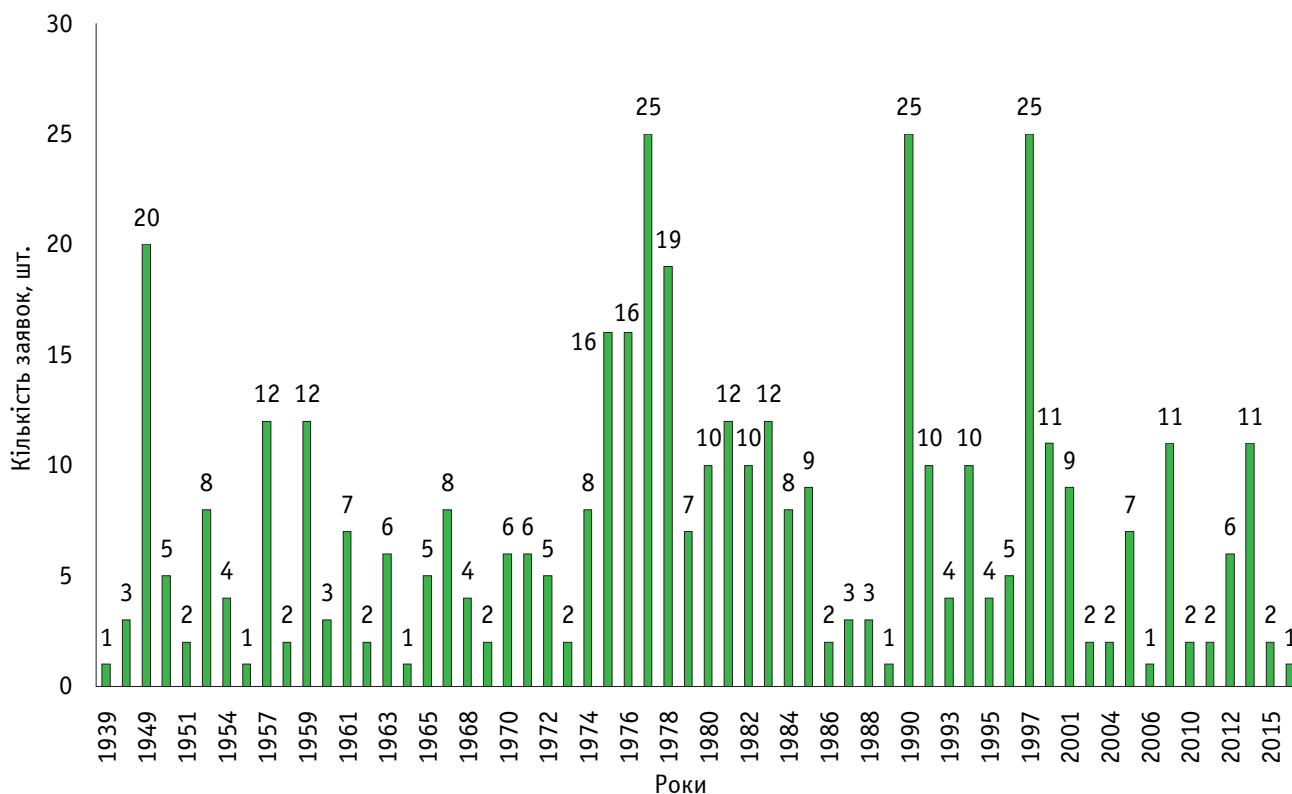


Рис. 2. Динаміка подання заявок на сорти винограду за 1939–2017 рр.

У таблиці 2 наведено колекцію загально-відомих сортів винограду справжнього за напрямками використання.

Група сортів винограду технічного напрямку використання представлена найбільшим асортиментом, що забезпечує стабільне сортооновлення й сортозаміну.

Формування національних сортових ресурсів винограду передбачає комплексну оцінку нових сортів за морфобіологічними характеристиками та господарськоцінними

показниками. Сорти мають бути відмінними, однорідними та стабільними, перевищувати за господарськими показниками загальноприйняті та задовільняти потреби споживачів.

Розширення способів, напрямів та методів селекції винограду дасть змогу стабілізувати формування національних сортових ресурсів для потреб галузі. Одним із резервів створення нових сортів винограду є клонова селекція. Україна, вивчивши передовий досвід



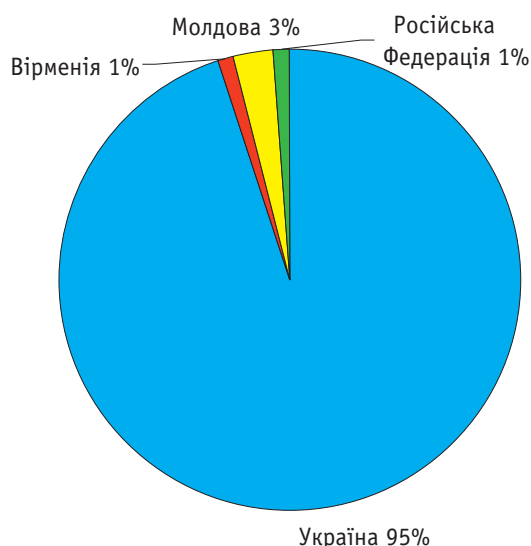


Рис. 3. Структура національних сортових ресурсів винограду за селекційними установами

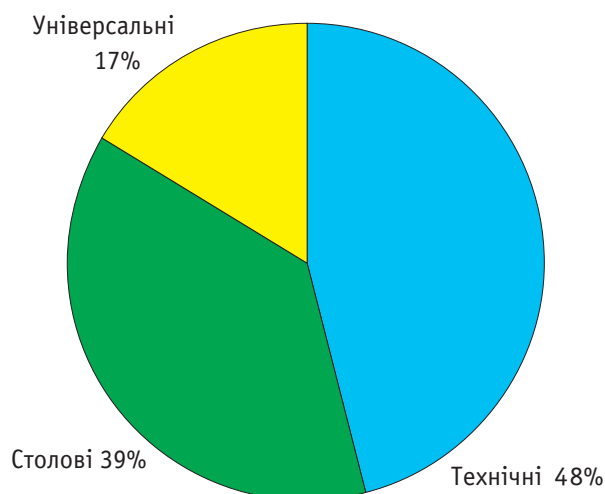


Рис. 5. Частка сортів винограду за напрямками використання (2015–2018 рр.)

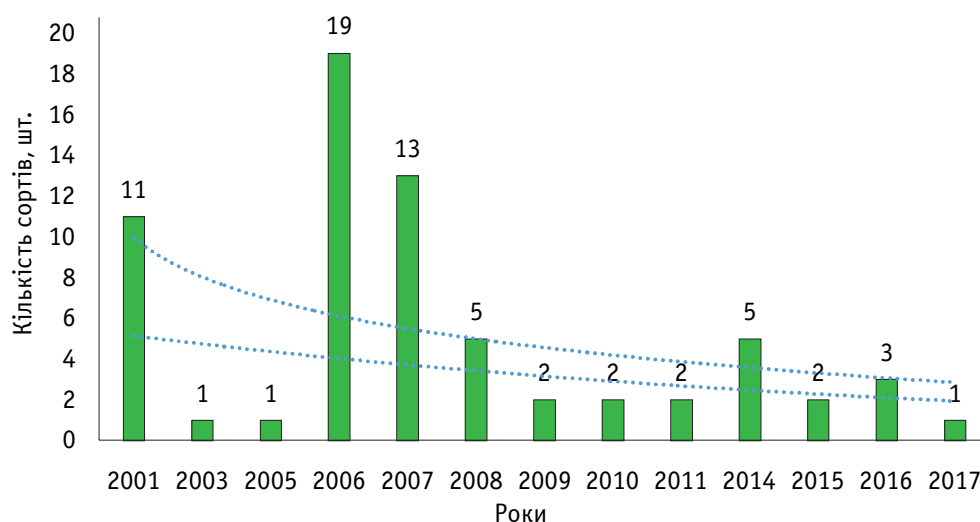


Рис. 4. Гістограма кількості зареєстрованих сортів винограду за період 2001–2017 рр.

Таблиця 1  
Статистика державної реєстрації загальновідомих сортів винограду справжнього за період 1992–2018 рр.

Країна	1992	1993	1994	1995	1996	1997	2000	2001	2002	2004	2005
Вірменія	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Молдова	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Російська Федерація	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Україна	5	4	10	4	5	24	11	9	2	2	7
Усього	10	4	10	4	5	25	11	9	2	2	7

Країна	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2015	2018
Вірменія	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Молдова	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Російська Федерація	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Україна	1	11	0	0	2	2	6	11	2	1
Усього	1	11	0	0	2	2	6	11	2	1

країн Європи (на прикладі Болгарії) із 2015 р. реєструє й клони культури за встановленою процедурою. Державна підтримка виноградарства сприятиме зміні тенденції роз-

витку галузі на позитивну, що забезпечить стабільне формування національних сортових ресурсів винограду за всіма напрямками використання.

Перелік загальновідомих сортів винограду за напрямом використання

Напрямок використання	Сорти
Столові	Академік Авідзба, Ассоль, Восток, Геркулес, Дієтичний, Етюд, Загадка, Інтервітіс Магарача, Кишмиш таїровський, Кобзар, Королева виноградників, Ланжерон, Ланка, Леся, Лівія, Мечта, Мускат, Лівадія, Любительський, Огоньок таїровський, Одеський сувенір, Одісей, Оригінал, Південнобережний, Таїр, Флора, Червоний, Шасла біла, Шоколадний, Ялтинський безнасісний
Технічні	Аліготе, Альмінський, Анателікон, Анчеллотта червона, Біанка, Бордо, Буковинка, Гвієне, Гранатовий Магарача, Гренаш чорний, Данко, Загрей, Іскорка, Каберне Совіньон, Каберне Фран, Князь Кіранов, Лівадійський чорний, Мальбек, Мерло, Олег, Пам'яті Голодриги Первенец Магарача, Подарок Магарача, Ріслінг Магарача, Рісус, Роднічок, Рубін Голодриги, Рубін таїровський, Сіра, Совіньон блан, Спартанець Магарача, Сухолиманський білий, Тавквері Магарача, Тельті курук, Цитронний Магарача, Чорна опіана
Універсальні	Ароматний, Гурзуфський розовий, Дністровський рожевий, Ізабелла, Кокур білий, Комета, Красень, Мускат Голодриги, Мускат Оттонель, Солдайя

## Висновки

Національні сортові ресурси винограду справжнього сьогодні представлені 75-ма загальновідомими сортами й клонами. За напрямом використання переважають технічні сорти (36 шт.).

Сорти та клони винограду справжнього можуть бути поширені на території України, якщо вони є відмітними, однорідними й стабільними, за господарськоцінними показниками задовольняють потреби споживачів та відповідають критеріям заборони на поширення сорту в Україні. Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні станом на січень 2019 р. включає 51 сорт винограду справжнього.

Розширення способів, напрямів та методів селекції винограду дасть змогу стабілізувати формування національних сортових ресурсів для потреб галузі. Одним із резервів створення нових сортів винограду є клонова селекція. Україна, вивчивши передовий досвід країн Європи (на прикладі Болгарії) із 2015 р. реєструє й клони культури за встановленою процедурою.

## Використана література

1. Рослинництво України 2013: статистичний збірник / за ред. Н. С. Власенко. Київ : Державна служба статистики України, 2014. 180 с.
2. Аграрний сектор економіки України (стан і перспективи розвитку) / за ред. М. В. Присяжнюка, М. В. Зубця, В. Я. Месель-Веселяка, М. М. Федорова. Київ : ННЦ ІАЕ, 2011. 1008 с.
3. Гаркуша О. М. Проблеми розвитку виноградарсько-виноробного підкомплексу України. *Економіка АПК*. 2000. № 11. С. 3–5.
4. Закон України «Про виноград та виноградне вино» від 16 черв. 2003 р. № 2662-IV. *Офіційний вісник України*. 2005. № 29. С. 1688.
5. Закон України «Про охорону прав на сорти рослин» від 21.04.1993 № 3116-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3116-12>
6. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 р. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>
7. Галузева Програма розвитку виноградарства та виноробства України на період до 2025 року. URL: <http://consultant.parus.ua/?doc=04YRDDA8D5>

8. Ємність внутрішнього споживчого ринку сільськогосподарської продукції та продовольства / за ред. О. М. Шпичака. Київ : ННЦ ІАЕ, 2013. 186 с.
9. Виноградний кадастр України. Київ, 2010. 97 с.
10. Методика проведення експертизи сортів рослин групи плодкових, ягідних, горіхоплідних та винограду на відмінність, однорідність і стабільність / за ред. С. О. Ткачик. 2-ге вид., випр. і допов. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2016. 849 с.

## References

1. Vlasenko, N. S. (Ed.). (2014). *Roslynnystvo Ukrainy 2013: Statystychnyi shchorichnyk* [Ukraine's Crop Production 2013: Statistical Yearbook]. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. [in Ukrainian]
2. Prysiazhniuk, M. V., Zubets, M. V., Mesel-Veseliak, V. Ya., & Fedorov, M. M. (Eds.). (2011). *Ahrarnyi sektor ekonomiky Ukrainy (stan i perspektyvy rozvytku)* [Agrarian sector of Ukraine's economy (state and prospects of development)]. Kyiv: NNTs IAE. [in Ukrainian]
3. Harkusha, O. M. (2000). Problems of the development of the viticulture and winemaking subcomplex of Ukraine. *Ekonomika APK* [The Economy of Agro-Industrial Complex], 11, 3–5. [in Ukrainian]
4. The Law of Ukraine "On Grapes and Grape Wine" of June 16, 2003, No. 2662-IV. (2005). *Ofitsiynyi visnyk Ukrainy* [Official Bulletin of Ukraine], 29, 1688. [in Ukrainian]
5. *Zakon Ukrainy «Pro okhoronu prav na sorty roslyn» vid 21.04.1993 № 3116-XII* [Law of Ukraine "On the Protection of Rights to Plant Varieties" of April 24, 1993, No. 3116-XII]. (n.d.). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3116-12>
6. *Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2019 rik* [State register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2019]. (2019). Retrieved from <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin> [in Ukrainian]
7. *Haluzeva Prohrama rozvytku vynohradarstva ta vynorobstva Ukrainy na period do 2025 roku* [Branch Program for the development of viticulture and winemaking in Ukraine for the period up to 2025]. (n.d.). Retrieved from <http://consultant.parus.ua/?doc=04YRDDA8D5> [in Ukrainian]
8. Shpychak, O. M. (Ed.). (2013). *Yemnistvnutrishnohospozhyvchoho rynku silskohospodarskoi produktsii ta prodovolstva* [Capacity of the internal consumer market for agricultural products and food]. Kyiv: NNTs IAE. [in Ukrainian]
9. *Vynohradnyi kadastr Ukrainy* [Ukraine's Grape Cadastre]. (2010). Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
10. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy plodovykh, yahidnykh, horikhoplidnykh ta vynohradu na vidminnist, odnoridnist i stabilnist* [Methodology of examination of varieties of plants of the group of fruits, berries, nuts, and grapes on distinctness, uniformity and stability]. (2<sup>nd</sup> ed., rev.). Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian]

УДК 663.62:631.5.9

**Мельник С. И.<sup>1</sup>, Орленко Н. С.<sup>1</sup>, Матус В. М.<sup>1\*</sup>, Мажуга К. Н.<sup>1</sup>, Керимов А. Н.<sup>2</sup>** Особенности формирования рынка национальных сортовых ресурсов винограда культурного (*Vitis vinifera* L.) // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 2. С. 206–211. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173576>

<sup>1</sup>Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина, \*e-mail: matysv@ukr.net

<sup>2</sup>Херсонский государственный аграрный университет, ул. Сретенская, 23, г. Херсон, 73006, Украина

**Цель.** Раскрыть особенности формирования национальных сортовых ресурсов винограда, учитывая современное состояние рынка, потребности потребителей, проблемы и перспективы отрасли виноградарства в Украине.

**Результаты.** Осуществлен мониторинг национальных сортовых ресурсов винограда культурного в хронологии формирования коллекции общеизвестных сортов, которые используют как в продовольственных целях, так и в дальнейшем в селекционном процессе. По состоянию на начало 2019 г. в Государственный реестр сортов растений, пригодных для распространения в Украине, включено 51 сорт винограда культурного. В последние годы наблюдается тенденция к уменьшению количества новых сортов, сокращение общей площади виноградников и закладки молодых насаждений. В Реестре сортов растений Украины доминируют сорта культуры технического направления использования, нуждается в расширении ассортимента столовой и универсальной группы. Наибольшую удельную долю среди распространенных на территории Украины занимают сорта отечественной селекции. Результаты мониторинга динамики сортообновления винограда культурного в Государственном реестре сортов растений Украины за последние пять лет свидетельствуют о негативной тенденции: 2013 г. – 11 сортов, 2015 г. – два,

2018 г. – один сорт. Поэтому вопросы формирования национальных сортовых ресурсов винограда культурного актуальны и требуют научного подхода к селекционному процессу, государственной научно-технической экспертизе заявки на сорт растений и их коммерческого оборота. Новые сорта винограда культурного включают в Государственный реестр сортов растений Украины на основании результатов государственной научно-технической экспертизы на сорт растений, которая предусматривает установление критериев отличия, однородности и стабильности методом морфологического описания идентификационных признаков вегетативных и генеративных органов винограда и определения хозяйственно-ценных показателей новых сортов. **Выводы.** Общее количество сортов винограда культурного в Украине за период 2015–2018 гг. уменьшилось, что обусловлено низким уровнем подачи заявок на новые сорта как отечественной, так и зарубежной селекции. Резервом расширения сортамента винограда культурного остается поиск современных методов и направлений селекции, применение новейших методов идентификации сортов и клонов культуры.

**Ключевые слова:** виноград культурный; сорт; клон; урожайность; гроздь; ягода; направление использования; фенотип; идентификация; товарность.

UDC 663.62:631.5.9

**Melnyk, S. I.<sup>1</sup>, Orlenko, N. S.<sup>1</sup>, Matus, V. M.<sup>1\*</sup>, Mazhuha, K. M.<sup>1</sup>, & Kerimov, A. N.<sup>2</sup>** (2019). Features of the formation of the market of the common grape vine (*Vitis vinifera* L.) national varietal resources. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 206–211. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173576>

<sup>1</sup>Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine, \*e-mail: matysv@ukr.net

<sup>2</sup>Kherson State Agrarian University, 23 Stritenska St., Kherson, 73006, Ukraine

**Purpose.** Reveal the peculiarities of the formation of national varietal resources of grapes, considering current state of the market, needs of consumers, problems and prospects of the viticulture industry in Ukraine. **Results.** The monitoring of the national varietal resources of the common grape vine in the chronology of the formation of a well-known varieties collection used both for food purposes and in the further breeding process. As of the beginning of 2019, 51 grape varieties of the common grape vine are included in the State Register of Plant Varieties suitable for dissemination in Ukraine. In recent years, there has been a tendency to a decrease in the number of new varieties, reduction in the total area of vineyards and young plantings. Technical varieties of the crop dominate in the Register of plant varieties of Ukraine; the assortment of the table grapes and universal groups needs to be expanded. The largest share among the common varieties in Ukraine is occupied by ones of domestic breeding. The results of monitoring of renewal dynamics of the common grape vine varieties in the State Register of Plant Varieties of Ukraine over the past five years indicate a negative trend: 2013 – 11 varieties, 2015 – two, 2018 – one variety. Therefore, the issues of the formation of national

varietal resources of grapes are relevant and require a scientific approach to the breeding process, the state scientific and technical examination of the application for a variety of plants and their commercial circulation. New varieties of the common grape vine are included in the State Register of Plant Varieties of Ukraine based on the results of the state scientific and technical expertise on the plant variety; it provides for the establishment of criteria for distinctness, uniformity and stability using the morphological description of the identification signs of vegetative and generative organs of grapes and the determination of economically valuable indicators of new varieties. **Conclusions.** The total number of the common grape vine varieties in Ukraine for the period 2015–2018 decreased, due to the low level of applications for new varieties of both domestic and foreign breeding. The search for modern methods and directions of breeding, the use of new methods for crop varieties and clones identification remains a reserve for expanding the common grape vine assortment.

**Keywords:** the common grape vine; variety; clone; yield; bunch; berry; direction of use; phenotype; identification; commodity.

Надійшла / Received 12.02.2019

Погоджено до друку / Accepted 18.06.2019

## Гаврилюку Миколі Микитовичу – 70 років

14 травня 2019 року виповнилося 70 років академіку Національної академії аграрних наук України, доктору сільськогосподарських наук, професору, заслуженому працівнику сільського господарства України, Лауреату державної премії України в галузі науки і техніки, заступнику директора з наукової роботи Інституту фізіології рослин і генетики Національної академії наук України *Гаврилюку Миколі Микитовичу*.

Народився відомий науковець на Вінниччині, у селі Мала Бушинка Немирівського району. Після закінчення Іллінецького радгоспу-технікуму вступив до Української сільськогосподарської академії (нині Національний університет біоресурсів і природокористування України), яку закінчив у 1974 р., здобувши фах ученого агронома.

Трудову діяльність розпочав бригадиром комплексної бригади на Вінниччині, згодом працював агрономом, директором насінницького радгоспу «Скви́рський» системи Укрсортонасіннеовоч на Київщині. У 1983 р. був відряджений на роботу за контрактом у Танзанію (Африка), де керував аграрним проектом із вирощування зерна кукурудзи та пшениці. З 1986 до 1990 рр. працював керівником підрозділу Головного управління науки Держагропрому України. У 1991–1998 рр. – заступник начальника управління, начальник Головного управління впровадження й розвитку експериментальної бази науки УААН України. У травні 1998 р. обраний академіком секретарем вперше створеного Відділення регіональних центрів наукового забезпечення АПВ, у 2006 р. – академік-секретар Відділення землеробства і рослинництва, у 2008р. – академік-секретар Відділення рослинництва. До 2011 р. – постійний член Президії Міждержавної асоціації «Насіння» країн СНД. З 1998 р., за винятком 2012–2013 рр., і до сьогодні є членом Президії НААН України.

Кандидатську дисертацію захистив у 1983 р., докторську – у 2003 р. У 1998 р. його обрано членом-кореспондентом УААН, а у 2007 р. – академіком НААН України.

За безпосередньої участі професора Гаврилюка М. М. уперше обґрунтовано та розроб-

лено концепцію галузевих програм виробництва зерна (80,0 млн т), олійних культур (15,0 млн т), овоче-баштанних культур (10,0 млн т), що повністю задовольняє внутрішню потребу в осно-

вних продуктах харчування і значно поліпшує експортні можливості держави. Учений брав активну участь у розробленні законів України «Про насіння та садивний матеріал», «Про охорону прав на сорти рослин», «Про карантин рослин», перших Державних стандартів «Посівні якості насіння», «Терміни та методи вивчення якісних показників насіння» та інших.

Останні роки, працюючи в відповідному Інституті НАН України, академік Гаврилюк М. М. спрямовує свої знання на організацію досліджень із проблем насіннезнавства та насінництва зернових культур, маркетингу ринку насіння і сортових ресурсів національної селекції, технологій виробництва оригінального насіння і впровадження у виробництво. Завдячуючи плідній праці вченого, сьогодні площі посіву пшениці озимої селекції Інституту фізіології рослин і генетики в Україні займають 2,0 млн га (30% площ посіву культури) та понад 300 тис. га за кордоном.

Гаврилюк М. М. багато уваги приділяє дослідженню схем прискореного розмноження насіння нових сортів у ланках первинного насінництва, біостимуляції та зберіганню насіння, розроблянню елементів сортових технологій виробництва продовольчого зерна та високоякісного насіння сільськогосподарських культур, організаційному вдосконаленню та гармонізації нормативної бази насінництва відповідно до директив провідних міжнародних організацій.

Протягом багатьох років є членом редакційних колегій журналів «Фізіологія рослин і генетика», «Аграрний Вісник Полісся», «Plant Varieties Studying and Protection». За результатами наукових досліджень опублікував самостійно та у співавторстві понад 160 наукових праць, зокрема 2 підручники, 1 навчальний посібник та 8 книг, понад 40 методичних рекомендацій.

Академік НААН України нагороджений почесними грамотами Кабінету Міністрів України, Верховної Ради України, нагруд-



ним знаком «Знак пошани» Міністерства аграрної політики України, почесними Грамотами Української державної насінневої інспекції, Державної служби з охорони прав на сорти рослин України, Одеської, Київської, Сумської, Кіровоградської, Вінницької обласних державних адміністрацій, численними відзнаками Президії НААН України, Міністерства аграрної політики та продовольства України. Удостоєний премії України «За видатні досягнення в аграрній

науці» та «Премії ім. В. Я. Юр'єва НАН України», нагороджений відзнакою НАН України «За професійні здобутки».

Село для академіка Гаврилюка М. М. не просто територія, а частина повсякденного життя й турботи. Вважає, що для досягнення життєвого успіху потрібно завжди намагатися чесно служити справі та людям.

Щиро бажаємо Миколі Микитовичу міцного здоров'я, творчої наснаги, довгих років плідної праці, сімейного благополуччя.

*Учена рада Українського інституту експертизи сортів рослин,  
Міністерство аграрної політики та продовольства України,  
Інститут фізіології рослин і генетики НАН України*