

JOURNAL OF APPLIED RESEARCH Vol. 17, No 2 '2021

PLANT VARIETIES STUDYING

AND PROTECTION

PRINT ISSN 2518-1017
ONLINE ISSN 2518-7457

**VARIETY STUDYING
AND VARIETY SCIENCE**

**BREEDING AND SEED
PRODUCTION**

PLANT PHYSIOLOGY

PLANT PRODUCTION

**BIOTECHNOLOGY
AND BIOSAFETY**

Журнал — фаховий

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

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

- С. М. Каленська** (головний редактор)
Д. Б. Рахметов (заступник головного редактора)
В. І. Файт (заступник головного редактора)
С. І. Мельник (шеф-редактор)
Н. В. Лещук (відповідальний секретар)
М. З. Антонюк
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
Б. В. Сорочинський
С. О. Ткачик
С. М. Хоменко
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 № 8 від 29.06.2021)

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

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

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

Підписано до друку 08.07.2021
Формат 60×84 1/8. Папір офсетний.
Ум.-др. арк.
Наклад 100 прим. Зам.

Друкарня
ТОВ «ТВОРИ»
вул Келецька, 51а,
м. Вінниця, Україна, 21027
Тел.: (0432) 603-000
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>

Передплатний індекс 89273
ISSN 2518-1017

Мова видання:
українська, англійська

- © Український інститут експертизи
сортів рослин, оформлення, оригінал-
макет, 2021
© Селекційно-генетичний інститут –
Національний центр насіннєзнавства
та сортівивчення, 2021
© Інститут фізіології рослин і генетики
НАН України, 2021

Journal – specialized publications

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

EDITORIAL BOARD

S. Kalenska (Head editor)

D. Rakhmetov (Deputy leading editor)

V. Fait (Deputy leading editor)

S. Melnyk (Editor-in-Chief)

N. Leshchuk (Executive Secretary)

M. Antonyuk

B. Barnabas (Hungary)

J. Brindza (Slovak Republic)

R. Vozhehova

N. Volkova

M. Havryliuk

O. Halaiev

B. Dziubetskyi

O. Dubrovna

Z. Kyienko

Y. Kordium

V. Mezhenyskyi

V. Morhun

A. Morgunov (Turkey)

L. Prysiazhniuk

O. Prysiazhniuk

O. Rybalka

V. Sokolov

B. Sorochynskyi

S. Tkachyk

S. Khomenko

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. 8, 29 June, 2021)

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
tel.: +38 044 258-34-56

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

Signed to print 08.07.2021
Format 60×84 1/8. Offset Paper.
Conventional printed sheet.
100 numbers of copies.

Printing office
LLC «TVORY»
51a Kelecka St.
Vinnytsia, 21027 Ukraine
tel.: +38 (0432) 603-000
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>

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

Languages of publication:
Ukrainian, English

© Ukrainian Institute for Plant Variety
Examination, formatting, makeup, 2021

© Plant Breeding & Genetics Institute –
National Center of Seeds and Cultivar
Investigation, 2021

© Institute of Plant Physiology and
Genetics, National Academy of Sciences
of Ukraine, 2021

ЗМІСТ

СОРТОВИВЧЕННЯ ТА СОРТОЗНАВСТВО

Перебойчук О. П., Машковська С. П.
Перспективи інтродукції декоративних рослин
роду Шавлія (*Salvia* L.) у Лісостеп України

Васьківська С. В.
Посухостійкість сортів чайно-гібридних троянд
в умовах Правобережного Лісостепу України

СЕЛЕКЦІЯ ТА НАСІННИЦТВО

Міщенко С. В., Лайко І. М., Кириченко Г. І.
Селекція промислових конопель із підвищеним
умістом канабігеролу на прикладі сорту 'Вік 2020'

**Ольховик М. С., Гайдаш О. Л., Купар Ю. Ю.,
Таганцова М. М.**
Результати оцінювання самозапилених скоростиглих
ліній кукурудзи звичайної (*Zea mays* L.)
за основними господарсько-цінними ознаками
за двох строків сівби

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

**Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П.,
Коць С. Я.**
Вплив біопрепаратів бульбочкових бактерій
із кармоїзином на формування та функціонування
симбіотичних систем соя – *Bradyrhizobium japonicum*

РОСЛИННИЦТВО

**Бандура І. І., Кулик А. С., Макогон С. В.,
Хареба О. В., Хареба В. В.**
Вплив складу субстрату на врожайність
і показники харчової цінності плодівих тіл
їстівних грибів *Pleurotus citrinopileatus*
та *Cyclocybe aegerita*

Правдива Л. А.
Особливості росту рослин сорго зернового
[*Sorghum bicolor* (L.) Moench]
залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння
в умовах Правобережного Лісостепу України

**Присяжнюк Л. М., Ночвіна О. В., Шитікова Ю. В.,
Мізерна Н. А., Гринів С. М.**
Екологічна пластичність та стабільність урожайності
проса посівного (*Panicum miliaceum* L.)
у різних ґрунтово-кліматичних зонах України

CONTENTS

VARIETY STUDYING AND VARIETY SCIENCE

Pereboichuk O. P., Mashkovska S. P.
91 Prospects for the introduction of ornamental plants
of the genus Sage (*Salvia* L.) to the Forest-Steppe
of Ukraine

Vaskivska S. V.
99 Drought tolerance of hybrid tea rose varieties
in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe
of Ukraine

BREEDING AND SEED PRODUCTION

Mishchenko S. V., Laiko I. M., Kyrychenko H. I.
105 Breeding of industrial hemp with a high content
of cannabigerol by the case of 'Vik 2020' cultivar

**Olkhovyk M. S., Haidash O. L., Kupar Yu. Yu.,
Tahantsova M. M.**
113 The results of the assessment of self-pollinated
precocious lines of maize (*Zea mays* L.)
on the main economically valuable traits
at two sowing dates

PLANT PHYSIOLOGY

**Kukol K. P., Vorobey N. A., Pukhtaievych P. P.,
Kots S. Ya.**
123 The effect of biopreparations of nodules bacteria
with carmoisine on the formation and functioning
of the soybean – *Bradyrhizobium japonicum* symbiotic
systems

PLANT PRODUCTION

**Bandura I. I., Kulyk A. S., Makohon S. V.,
Khareba O. V., Khareba V. V.**
130 Influence of the substrate composition on the yield and
nutritional value of the fruiting bodies of the edible
mushrooms *Pleurotus citrinopileatus* and *Cyclocybe
aegerita*

Pravdyva L. A.
139 Features of growth of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.)
Moench] plants depending on the width of rows
and seeding rate in the conditions of the Right-Bank
Forest-Steppe of Ukraine

**Prysiashniuk L. M., Nochvina O. V., Shytikova Yu. V.,
Mizerna N. A., Hryniv S. M.**
146 Ecological plasticity and stability of common millet
(*Panicum miliaceum* L.) productivity
in different environmental conditions of Ukraine.

Ayodele O. P., Aluko O. A., Adegbaју O. D.

Вплив щільності котячої м'яти справжньої (*Nepeta cataria* L.) і мексиканського соняшнику (*Tithonia diversifolia* L.) на ріст, урожайність та вміст деяких сполук у рослинах джуту довгоплідного (*Corchorus olitorius* L.)

БИОТЕХНОЛОГИЯ ТА БИОБЕЗПЕКА

Yzeiraj M.

Обстеження фітосанітарного статусу колекції винограду методом одностадійної ЗТ-ПЛР

Ayodele O. P., Aluko O. A., Adegbaју O. D.

155 Effects of catnip (*Nepeta cataria* L.) and Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia* L.) density on growth, yield, and proximate composition of jute mallow (*Corchorus olitorius* L.)

BIOTECHNOLOGY AND BIOSAFETY

Yzeiraj M.

164 Sampling for vegetative propagation: A phytosanitary status survey of grapevines collection by One Step RT-PCR method

Prospects for the introduction of ornamental plants of the genus Sage (*Salvia* L.) to the Forest-Steppe of Ukraine

O. P. Pereboichuk*, S. P. Mashkovska

M. M. Gryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine, 1 Tymiriazivska St., Kyiv, 03004, Ukraine, *e-mail: fiorgy@meta.ua

Purpose. Analysis of species and varietal diversity of the genus *Salvia* L. cultivated flora of the world, including Ukraine; prognostic assessment and determination of the directions of ornamental representatives of the genus introduction to the conditions of the Forest-steppe of Ukraine. **Methods.** Analysis and synthesis, comparison and generalization of information data, introduction forecast. **Results.** The modern assortment of the genus *Salvia* is presented in quantitative, taxonomic, arealogical and ecological-cenotic terms. Belonging of the species of the genus to 6 main centers of origin of cultivated plants was determined, and a significant diversity of life forms (nanophanerophytes, microphanerophytes, hamophytes, hemicyptophytes, theophytes), naturally formed under the influence of factors determined by different geographical and ecological-phytocenotic conditions of plant growth was reflected. Species assortment of the genus *Salvia* from the collection fund of the M. M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine was analyzed in comparison with the collections of other Ukrainian botanical gardens. The list of decorative species of the collection, found in the natural flora of Ukraine, was given. Three groups of species have been identified by origin, what determines the conditions for plant cultivation in the Forest-Steppe of Ukraine. In terms of taxonomic structure, introduced sage species belong to eight (according to Bentham, 1833) out of twelve sections, which represent biomorphological diversity and confirm the high introduction potential of these plants. The species and interspecific hybrids most fully used in breeding work and represented by a significant varietal diversity were distinguished, as well as the sage assortment of the collection of ornamental plants of the NBG was presented. **Conclusions.** It has been revealed that the species and varietal diversity of the genus *Salvia* of the world cultivated flora has a significant introduction potential for the Forest-Steppe zone of Ukraine. It was determined that the main base for the introduction of the ornamental species of the genus *Salvia* in Ukraine is the collection of the M. M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine. The main directions of further introduction and breeding work with representatives of the genus *Salvia* in the Forest-Steppe conditions of Ukraine were highlighted.

Keywords: cultivated flora; plant collections; life forms; habitat; breeding; introduction study.

Introduction

Ornamental herbaceous plants are an integral part of the green space of urbanized environments, but they are often overlooked by landscape architects. In Ukraine, their assortment remains small and monotonous in terms of floristic composition with insignificant differentiation of plants according to biological and ecological characteristics. The use of new ornamental species from different phytocenes expands the possibilities for the forma-

tion of highly decorative compositions that are resistant to a wide range of environmental factors.

Botanical gardens are the centers of conservation, enrichment and research of biological and ecological diversity of plants. For several centuries they have been actively promoting the development of floriculture. Collections of introduced plants serve as a potential source of expansion and diversity in the assortment. The theoretical results of the introduction research are used in the development of technological maps for the cultivation of crops.

Due to persistent trends in climate change [1–3], the issues of forming an assortment of floral and ornamental plants characterized not only by high decorativeness, but also by a wide

Oxana Pereboichuk
<https://orcid.org/0000-0002-6273-6158>
Svitlana Mashkovska
<https://orcid.org/0000-0001-6078-5864>

ecological amplitude of its representatives, are of particular relevance today.

With the intensification of the processes of climate aridization and xerophytization of the vegetation cover in the Forest-Steppe zone of Ukraine during the formation of artificial plantations of urbanized landscapes, xeromesophytes, mesoxerophytes and xerophytes exhibit high resistance. Representatives of the genus *Salvia* L. are promising in this case, most of which belong to the aforementioned hygromorphs, and the plants are characterized by abundant long flowering.

Now the species of the genus are widely represented in the world floriculture, active selection work with them expands the decorative properties of plants. Today, only *S. splendens* Sell ex Roem & Schult is found in the landscaping of our cities., occasionally single varieties of *S. × sylvestris* L., but other, more efficient species are ignored. Considering the small range of crops in Ukrainian floriculture and persistent changes in climatic conditions, which dictate the demand for ecologically plastic and drought-resistant plants, and based on the experience of cultivating *Salvia* in Western Europe and North America, we believe that these plants are a promising source for enriching the domestic range of ornamental plants. This actualizes the introduction research of species and varieties of the genus, preceded by the study and analysis of their world assortment and the assessment of the prospects for further introduction in Ukraine.

The purpose of the research is to analyze the species and varietal diversity of the genus *Salvia* of the cultivated flora of the world, including Ukraine; prognostic assessment and determination of the directions of introduction of ornamental representatives of the genus into the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine.

Materials and methods

We used the inventory data of the collection funds of the NBG, the database of floral and ornamental plants (FOP) of the botanical gardens of Ukraine, reference books, and catalogs in the research process [4–6]. Printed and electronic scientific periodicals and search scientific bases (Pubmed, Researchgate, Science Direct, Google Scholar) were used in information retrieval. Methods of analysis, systematization, comparison, generalization of information data were used in the work. The introduction forecast was carried out according to the methods [7–9].

The genus size and its structure are taken according to the taxonomic system APG III [10, 11]. Data on the species and varietal composition of the genus *Salvia* in ornamental horticulture were taken from the consolidated lists and catalogs of flower producers and trading companies around the world [12–15]. The life forms of plants were determined in accordance with the classification of I. G. Serebryakov [16] and C. Raunkiaer [17].

Results and discussion

According to scientific sources on the development of world floriculture, there is a great interest in the representatives of the genus *Salvia* as ornamental plants, and the constant expansion of their range in ornamental gardening in many developed countries of the world. Enrichment of the assortment is due to the introduction of new species and targeted breeding to create new interspecific hybrids and varieties.

Salvia is the most numerous cosmopolitan polyphyletic polymorphic genus of the family Lamiaceae Martinov., with a complex taxonomic structure. According to the results of morphological and molecular phylogenetic studies, it numbers about 1000 species [11, 15, 18–21]. The natural area covers tropical, subtropical and temperate areas, mainly mountain ranges and open dry plains. The genetic center of origin of *Salvia* is considered to be the mountain ranges of Southwest Asia. In the process of area expansion, the main migration routes, obviously, passed along the mountain chains. Isolation and a variety of microecological conditions prompted intensive speciation, which led to the formation of peculiar phylogenetic groups in different parts of the range and the formation of a large species diversity. The main directions of shaping processes are associated with its evolution on the way to xerophytization. Now there are three regions with the highest species diversity: Central and South America (about 500 species), Central Asia and the Mediterranean (~ 250), East Asia (~ 90) [13, 18–22]. In Europe, 36 species grow [15, 23], in particular in Ukraine – 20 [24, 25]. Among the latter, *S. scabiosifolia* Lam., *S. cremenecensis* Bess. (= *S. nutans* L.) are included in the Red Book of Ukraine [26].

The centers of species diversity of the genus *Salvia* are associated with the main world centers of origin of cultivated plants identified by N. I. Vavilov: South, East and Southwest Asia, Mediterranean, Ethiopian, Andean, Central American [27]. Bazilevskaya N. A. [28], working on the development of centers of origin

of ornamental plant species, identified another additional region – the South African Center for the variety of sage, in particular sections Heterospace and Nactospace.

The wide range of the genus and various ecological and phytocenotic growth conditions have led to a significant variety of life forms of sage. Among them are herbaceous one-, two- and perennials, subprostrate shrubs, prostrate shrubs, subshrubs, and occasionally shrubs (according to C. Raunkiaer classification, therophytes, cryptophytes, hemicryptophytes, hamephites, phanerophytes are distinguished). In the temperate zones of natural flora, hemicryptophytes are mainly found.

In the world floriculture, all main types of life forms characteristic of *Salvia* are now represented: nanophanerophytes, microphanerophytes, hamephites, hemicryptophytes, therophytes. One third of the entire assortment is made up of nanophanerophytes, microphanerophytes and hamephites, which are spring-summer-autumn-winter-green, or evergreen by phenorhythm. Hemicryptophytes, among which taproot semi-rosette polycarpic herbaceous plants predominate, are spring-summer-autumn-winter-green. Rosetteless polycarpic herbaceous plants are spring-summer-autumn-green.

The success of the introduction of some species of the genus into the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine depends on the life form of plants. Phanerophytes prevail in the tropical zone with sufficient uniform moisture throughout the year. With a decrease in the sum of active temperatures and an increase in continentality of the climate, the percentage of hamephites increases. Hemicryptophytes are characteristic of the temperate climatic zone; in the subtropics, they are found in humid areas or in high mountain zones. Therophytes are present in various parts of the genus range [22]. Therefore, the most promising for further introduction is the Forest-Steppe of Ukraine are therophytes and hemicryptophytes, which also prevail in the natural flora of Ukraine. Hamephites are also quite promising, but they are not always winter-hardy under conditions of introduction.

The lability of the life form of plants significantly increases the introduction capacity of sage in culture. This is most pronounced in phanerophytes (subshrubs, shrubs, subprostrate shrubs), it is most stable in hemicryptophytes (herbaceous polycarpics) [22]. The most popular in floriculture are annual crops that originate from the regions of Central and South America and usually grow in their natural range as subprostrate shrubs (*S. splen-*

dens) or seasonless polycarpic grasses (*S. farinacea* Benth.). The species *S. canariensis* L., newly introduced in the NBG, endemic to the flora of the Canary Islands, manifests itself as an upright bush at home. In the case of its introduction, the life form changes to a subprostrate shrub. In the first year of vegetation, the plants bloom profusely and form full-fledged seeds, but they are not winter-hardy. Therefore, for the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine, we consider this species to be a promising annual crop.

As a result of spontaneous introduction and purposeful introduction research, there are currently about 200 sage species and more than 300 of their varieties recommended for use in the world assortment of ornamental crops [12]. More than 17 sage species are used in floriculture and gardening in Western Europe. Approximately 10% of the total assortment of ornamental species is cultivated as a one- or two-year culture [12–14, 29, 30]. Among the best known are *S. pratensis* L., *S. nutans*, *S. nemorosa* L., *S. sclarea* L., which originate from the steppe, meadow-steppe phytocenoses of Eurasia, *S. glutinosa* L. – from the forests of Eurasia, *S. officinalis* L. – from dry slopes, open forests and lawns of the Mediterranean, *S. viridis* L. – from dry sandy shrub landscapes, open forests of the Mediterranean and North-West Asia, *S. verticillata* L. – from dry meadows of the Mediterranean, naturalized in Eurasia, *S. argentea* L. – from dry meadows of the Mediterranean, North Africa, *S. cacaliifolia* Benth., *S. chamaedryoides* Cav., *S. greggi* A.Gray, *S. microphylla* Kunth, *S. patens* Cav., *S. regla* Cav. – from dry rocky slopes of Central America, *S. azurea* Michx. ex Vahl – from the prairies and savannas of Central America, *S. elegans* Vahl – from the mountain pine-oak forests of Central America, *S. jurisicii* Kusanin – from the mountain meadows of the Balkan Peninsula, endemic to Macedonia. Some of them have already been successfully introduced as ornamental plants in the NBG (*S. argentea*, *S. glutinosa*, *S. nemorosa*, *S. officinalis*, *S. pratensis*, *S. verticillata*, *S. viridis*), others are promising for further introduction work in the NBG, which have already been introduced into the culture and for them the foundations of agricultural technology have been developed, but they need to be adapted to the new conditions of the introduction of the Forest-Steppe of Ukraine.

In general, species diversity is an inexhaustible genetic resource for breeding work in order to expand the range of decorative traits and ecological plasticity of plants and, as a

consequence, diversity of their assortment. Now in breeding work such species as *S. cleve-landii* (A.Gray) Greene, *S. coerulea* Benth., *S. elegans*, *S. farinacea*, *S. greggii*, *S. involucrata* Cav., *S. madrensis* Seem., *S. microphylla*, *S. nipponica* Miq., *S. officinalis*, *S. splendens*, *S. patens*, *S. pratensis*, *S. verticillata* and some others are involved and represented by varietal diversity. The main breeding centers were formed in the USA, Europe, Japan [31].

However, most of the varieties spread recently are interspecific hybrids. The first interspecific hybrids arose spontaneously in natural conditions; subsequently, they began to be selected by spontaneous hybridization during cultivation. Targeted experimental interspecific crosses began to be carried out in the second half of the twentieth century in order to obtain both high-grade essential oil bearing and highly decorative varieties [29, 31]. Several groups of interspecific hybrids are widely used in floriculture. A hybrid of *S. greggii* and *S. microphylla* is known as *S. × jamensis* J.Compton. It is a natural interspecific hybrid first found in the Mexican mountains. In decorative gardening, it is represented by more than ten highly decorative varieties. The herbaceous interspecific hybrid *S. × sylvestris*, which comes from *S. pratensis* and *S. nemorosa*, whose varieties can be derived from other Eurasian species, is stable in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. When creating new varieties, polyploidy methods are sometimes also used [29, 32].

Along with intensive selection work, scientific research on the introduction of new species into culture, including local flora, especially in regions rich in natural species diversity, remains relevant at the present time [33, 34].

The introduction into culture is preceded by the introduction and introduction research of plants with the following recommendations for their widespread use. The first stage in the introduction process is the prognostic assessment and formation of the collection fund of the world diversity of *Salvia*, which will serve as a source material for highly decorative promising species and varieties in the future.

At present, 35 species of the genus *Salvia* are collected in the botanical gardens of Ukraine, of which 25 species are presented in the collections of the NBG, and 21 species (1.5–2.8% of the species range of the world flora) belong to the collection of ornamental plants [6]. By origin, these species can be attributed to three groups. The first group includes representatives of the American subtropics, which in temperate climates are cul-

tivated as annual plants (*S. canariensis*, *S. farinacea*, *S. splendens*, *S. tiliifolia* Vahl., *S. coccinea* Juss. Ex Murray). The second group includes species of Mediterranean origin that are more resistant to drought and cold (*S. argentea*, *S. jurisicii*, *S. viridis*, *S. virgata* Jacq., *S. verticillata*, *S. officinalis*, *S. judaica* Boiss., *S. tomentosa* Mill.) and are grown as annual plants, covering or non-covering perennials. *S. officinalis*, *S. tomentosa*, *S. verticillata* are quite winter-hardy, grown as perennial non-covering crops. *S. verticillata* has successfully naturalized over a large area of Europe. The third group unites cold-resistant Eurasian species, which are perennial ornamental plants with a characteristic abundant flowering. Their range passes through the flat and high-mountain steppes and dry meadows of Europe (*S. forsskaolei* L., *S. transsylvanica* (Schur ex Griseb. & Schenk) Schur, *S. verbenaca* L.), Europe and North-West Asia (*S. nemorosa*, *S. pratensis*), Northwest Asia (*S. atropatana* Bunge, *S. cadmica* Boiss.). Plants are unpretentious to soil and climatic conditions, among them there are shade-loving ones, for example, the Eurasian species *S. glutinosa*. In nature, it grows in humid forests, but in culture it shows sufficient tolerance to drought.

Additionally, the collections of medicinal and aromatic plants of the NBG contain sage species such as *S. aethiopsis* L., *S. nutans*, *S. patens*, *S. sclarea*. They are characterized by pronounced decorative properties and can be included in the introduction study for further use in landscaping.

In total, the collection funds of the the NBG contain 10 species that are found in the natural flora of Ukraine, some of them are naturalized (*S. aethiopsis* L., *S. glutinosa*, *S. nemorosa*, *S. nutans*, *S. pratensis*, *S. sclarea*, *S. tomentosa*, *S. virgata*, *S. verticillata*, *S. verbenaca*).

In taxonomic terms, the collections of living plants of the the NBG include eight species (according to Bentham, 1833) of twelve sections (Table 1), which represent the biomorphological diversity of the genus and confirm their high introduction potential for this region.

Varietal diversity of sage of the NBG floral and ornamental plants collection is represented by 24 cultivars (Table 2). *S. splendens* with 14 varieties is the most represented species. *S. coccinea* and *S. viridis* have three varieties, *S. farinacea* – two. The perennial sage assortment is less diverse: *S. nemorosa* and *S. × sylvestris* are represented by only one cultivar.

All the aforementioned cultivars have successfully passed the introductory variety trials

Table 1

Taxonomic structure of the collection fund of the genus *Salvia* L. of the M. M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine

Section	Species
Salvia	<i>S. officinalis</i> L., <i>S. tomentosa</i> Mill.
Drymosphace	<i>S. glutinosa</i> L., <i>S. forsskaolei</i> L.
Horminum	<i>S. viridis</i> L.
Aethiopsis	<i>S. aethiopsis</i> L., <i>S. argentea</i> L., <i>S. atropatana</i> Bunge, <i>S. sclarea</i> L.
Plethiosphace	<i>S. cadmica</i> Boiss., <i>S. pratensis</i> L., <i>S. transsilvanica</i> Schur., <i>S. nemorosa</i> L., <i>S. nutans</i> L., <i>S. judaica</i> Boiss., <i>S. jurisicii</i> Kosanin, <i>S. verbenaca</i> L., <i>S. virgata</i> Jacq.
Calosphace	<i>S. coccinea</i> Juss. ex Murray, <i>S. splendens</i> Sellow ex Schult., <i>S. tiliifolia</i> Vahl., <i>S. patens</i> Cav., <i>S. farinacea</i> Benth.
Heminosphace	<i>S. verticillata</i> L.
Hymenosphace	<i>S. canariensis</i> L.

Table 2

Varietal composition of the genus *Salvia* L. in the collection of floral and ornamental plants of the M. M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine

Species	Varieties
<i>S. splendens</i>	'Aticolavander', 'Brasier', 'Bonfine', 'Jans Vuur', 'Kometa', 'Libochovickyohen', 'Rakette', 'Red', 'Rio', 'Roodcopje', 'Scarlet Piccolo', 'Sizzler', 'Sizzler White', 'Violaceae'
<i>S. coccinea</i>	'Coral Nymph', 'Rosea', 'Pseudococcinea'
<i>S. viridis</i>	'Alba', 'Camate', 'Violacea'
<i>S. farinacea</i>	'Blue Monarch', 'Belyy Lebed'
<i>S. nemorosa</i>	'Rosa Konigin'
<i>S. × sylvestris</i>	'Blue Queen'

and are recommended for mass use in the landscaping complex of Ukraine.

Among *Salvia* species introduced in other botanical gardens of Ukraine, we see promising prospects in the study of *S. aucheri* Benth., *S. barrelieri* Etl., *S. dumetoru* Andrzej. ex Besser, *S. officinalis* subsp. *lavandulifolia* (Vahl) Gams, *S. staminea* Montbret & Aucher ex Benth.

According to the literature data [22], *S. amasiaca* Freyn et Bornm, *S. austriaca* Jacq, *S. azurea*, *S. deserta* Schangin, *S. haematodes* L., *S. hierosolymitana* Boiss., *S. hispanica* L., *S. przewalskii* Maxim., *S. stenophylla* Burch. ex Benth., *S. taraxacifolia* Coss. ex Hooker f., *S. viscosa* Jacq have been successfully introduced and cultivated as ornamental species in the Forest-Steppe zone of other countries. In the future, it would also be advisable to add them to the NBG floral and ornamental plants collection and to determine their prospects for use in landscape design.

Species that have recently appeared in culture are promising for introduction. They are very decorative and thermophilic plants distinguished by significant drought tolerance, in particular *S. discolor* Kunth, *S. guaranitica* A.St.-Hil. ex Benth., *S. uliginosa* Benth., *S. regla* [35, 36]. Among them, the original and exotic species – *S. discolor*, which comes from the Peruvian Andes forests, at an altitude of 1800–2500 m. It is characterized by a dark blue, almost black color of the bracts surrounded by silvery calyces. The South American species

S. guaranitica and *S. uliginosa* belong to the most beautiful, luxurious and tall (up to 1.5–1.8 m) representatives of the genus, which create a cold scale in flower gardens. *S. guaranitica* is characterized by textured, wrinkled leaves with anise aroma, while *S. uliginosa* is characterized by small (up to 7 cm) elongated leaves dissected along the edge and bright blue-blue flowers. The originality of the Texas species *S. regla* is that it grows in diameter more (up to 100 cm) than in height. In temperate latitudes, it is advisable to grow these plants as an annual crop and actively use them in breeding work.

Conclusions

The species and varietal diversity of the genus *Salvia* of the the world cultivated flora is characterized by a significant potential for introduction into the Forest-Steppe of Ukraine. The collection of the genus *Salvia* of the M. M. Gryshko National Botanical Garden is a valuable source of donors of selectively valuable traits for the creation of new highly decorative resistant domestic varieties, as well as the basis for further introduction research of ornamental species of this genus. Based on the analysis of scientific sources on the use of ornamental species and varieties of *Salvia* in the world, their distribution in the natural flora of Ukraine and collection funds of botanical gardens in Ukraine, the main directions of further introduction of representatives of the genus as ornamental crops in the Forest-Steppe

conditions of Ukraine are highlighted. First of all, these are:

1) introduction of representatives of the cultivated world flora, which have already gone through the process of introduction in other climatic zones. For them, the foundations of agricultural technology have been developed, but they need to adapt to the edapho-climatic conditions of the Forest-Steppe of Ukraine;

2) introduction studies of new wild-growing species and forms, including those from the natural flora of Ukraine, which were not previously used for decorative purposes;

3) introduction of rare and endangered taxa for their preservation in cultural conditions;

4) introduction of species and interspecific hybrids, which are used in breeding work and characterized by a high degree of polymorphism in terms of qualitative and quantitative characteristics, as well as modern varieties that reflect world trends in the development of floriculture.

References

- Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. (2018). *Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v Ukraini u 2018 rotsi* [National report on the state of the environment in Ukraine in 2018]. Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
- Shevchenko, O., Vlasiuk, O., Stavchuk, I., Vakoliuk, M., Illiash, O., & Rozhkova, A. (2014). *Otsinka vrazlyvosti do zminy klimatu: Ukraina* [Climate change vulnerability assessment: Ukraine]. Kyiv: Myflaer. [in Ukrainian]
- Krakovska, S. V., Palamarchuk, L. V., Hnatiuk, N. V., Shpytal, T. M., & Shedemenko, I. P. (2017). Changes in precipitation distribution in Ukraine for the XXI st. century based on data of regional climate model ensemble. *Geoinformatika*, 4, 62–74. [in Ukrainian]
- Katalog dekorativnykh rasteniy dlya gorodskogo i prigorodnogo ozeleneniya Lesostepi i Polesya Ukrainy. Landshaft i inter'ery* [Catalog of ornamental plants for urban and suburban landscaping of the forest-steppe and woodlands of Ukraine. Landscape and interiors]. (2008–2009). Kyiv: SoftPress. [in Russian]
- Horobets, V. F., Mashkovska, S. P., Buidin, Yu. V., Tymchenko, O. D., Shcherbakova, T. O., & Pereboichuk, O. P. (2008). *Kolektsiyni fond kvitnykovo-dekorativnykh roslyn Natsionalnoho botanichnoho sadu imeni M. M. Hryshka NAN Ukrainy. Katalog roslyn. Dovidnyk* [Collection fund of flower and ornamental plants of the M. M. Gryshko National Botanical Garden NAS of Ukraine. Catalog of plants. Directory]. Ternopil: Medobory. [in Ukrainian]
- Mashkovska, S. P. (Ed.). (2015). *Katalog dekorativnykh travianytykh roslyn botanichnykh sadiv i dendroparkiv Ukrainy: Dovidnykovyi posibnyk* [Catalog of ornamental herbaceous plants of botanical gardens and arboreturns of Ukraine: A reference guide]. Kyiv: Akademiya. [in Ukrainian]
- Rusanov, F. N. (1977). The method of genus complexes in plant introduction. *Bulleten' Glavnogo botanicheskogo sada* [Bulletin Main Botanical Garden], 81, 15–20. [in Russian]
- Kul'tiasov, M. V. (1953). Ecological-historical method in the introduction of plants. *Bulleten' Glavnogo botanicheskogo sada* [Bulletin Main Botanical Garden], 15, 24–39. [in Russian]
- Bulakh, P. Ye. (2010). *Teoriya i metody prognozirovaniya v introduktsii rasteniy* [Theory and methods of forecasting in the introduction of plants]. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian]
- Salvia*. In *The Plant List*. Retrieved from <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Salvia>
- Salvia* L. In *Plant of the World online*. Retrieved from <http://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30000096-2>
- Hatch, L. C. (2015). *Hatch's Perennials: Salvia and Sedum*: Version 3.1. (Vol. 13). TCR Press.
- Griffiths, M. (Ed.). (1994). *Index of Garden Plants*. Portland, OR: Timber Press.
- Brickell, C. (Ed.). (1996). *A-Z Encyclopedia of Garden Plants*. London: Dorling Kindersley.
- Cullen, J., Knees, S. G., & Cubey, H. S. (Eds.). (2011). *The european garden flora, flowering plants: a manual for the identification of plants cultivated in Europe, both out-of-doors and under glass. Vol. 5. Angiospermae – Dicotyledons*. (2nd ed.). New York, NY: Cambridge University Press.
- Serebryakov, I. G. (1964). Life forms of higher plants and their study. In *Polevaya geobotanika* [Field geobotany] (pp. 146–208). Moscow; Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. [in Russian]
- Raunkiaer, C. (1934). *The life form of plants and statistical plant geography*. Oxford: Clarendon.
- Walker, J. B., Sytsma, K. J., Treutlein, J., & Wink, M. (2004). *Salvia* (Lamiaceae) is not monophyletic: implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of *Salvia* and tribe Menthaeae. *Am. J. Bot.*, 91(7), 1115–1125. doi: 10.3732/ajb.91.7.1115
- Drew, B. T., González-Gallegos, J. G., Xiang, C. L., Kriebel, R., Drummond, C. P., Walker, J. B., & Sytsma, K. J. (2017). *Salvia* united: The greatest good for the greatest number. *Taxon*, 66(1), 133–145. doi: 10.12705/661.7
- Karaca, M., & Ince, A. G. (2017). Molecular Markers in *Salvia* L.: Past, Present and Future. In V. Georgiev, & A. Pavlov (Eds.), *Salvia Biotechnology* (pp. 291–398). Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-73900-7_9
- Kriebel, R., Drew, B. T., Drummond, C. P., González-Gallegos, J. G., Celep, F., ... Sytsma, K. J. (2019). Tracking temporal shifts in area, biomes, and pollinators in the radiation of *Salvia* (sages) across continents: leveraging anchored hybrid enrichment and targeted sequence data. *Am. J. Bot.*, 106(4), 573–597. doi: 10.1002/ajb2.1268
- Baykova, E. V. (2005). *Zakonomernosti morfologicheskoy evolyutsii shalfeev (Salvia, Lamiaceae)* [Patterns of morphological evolution of sage (*Salvia*, Lamiaceae)] (Dr. Biol. Sci. Diss.). Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia. [in Russian]
- Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M., & Webb, D. A. (Eds.). (1972). *Flora Europaea. Vol. 3. Diapensiaceae to Myoporaceae*. Cambridge: Cambridge University Press. doi: 10.5281/zenodo.305475
- Prokudin, Yu. N. (Ed.). (1987). *Opredivitel vysshikh rasteniy Ukrainy* [Keys to higher plants of Ukraine]. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian]
- Mosyakin, S. L., & Fedoronchuk, M. M. (1999). *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. Kyiv: M. G. Kholodny Institute of Botany. doi: 10.13140/2.1.2985.0409
- Didukh, Ya. P. (Ed.). (2009). *Chervona knyha Ukrainy. Roslynniy svit* [Red Book of Ukraine. Flora]. Kyiv: HlobalKonsal'tynh. [in Ukrainian]
- Vavilov, N. I. (1940). The theory of the origin of cultivated plants after Darwin. *Sovetskaya nauka* [Soviet Science], 2, 55–57. [in Russian]
- Bazilevskaya, N. A. (1960). Centers of origin of ornamental plants. In *Evolutsiya, biogeografiya, genetika i selektsiya* [Evolution, biogeography, genetics and selection] (pp. 52–58). Moscow; Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. [in Russian]
- Kintzios, S. E. (Ed.). (2000). *Sage: The Genus Salvia*. Amsterdam: Harwood Academic Publishers.
- Sutton, J. (2004). *The Gardener's Guide to Growing Salvias*. New York, NY: Workman Publishing Company.
- Tychonievich, J., & Warner, R. M. (2011). Interspecific crossability of selected *Salvia* species and potential use for

- crop improvement. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 136(1), 41–47. doi: 10.21273/JASHS.136.1.41
32. Kobayashi, N., Yamashita, S., Ohta, K., & Hosoki, T. (2008). Morphological Characteristics and Their Inheritance in Colchicine-induced *Salvia* Polyploids. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.*, 77(2), 186–191. doi: 10.2503/jjshs1.77.186
 33. Samiei, L., Roohollahi, I., Aslani, M., Mozaffarian, V., Mirzaei, S., ... Azadi, P. (2019). Introducing wild plant species of Iran as sources of new ornamentals. *International Symposium on Wild Flowers and Native Ornamental Plants. Acta Horticulturae*, 1240(12), 73–76. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1240.12
 34. Byczyńska, A. (2017). Potential of Canarian Wild Plants as Ornamentals. *World Scientific News*, 86(3), 357–364.
 35. Royal Horticultural Society. (Dec. 2020). *AGM Plants – Ornamental*. Retrieved from <https://www.rhs.org.uk/plants/pdfs/agm-lists/agm-ornamentals.pdf>
 36. Clebsch, B. (2003). *The New Book of Salvias*. Portland, OR: Timber Press.
- ### Використана література
1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2018 році / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Київ, 2018. 483 с.
 2. Шевченко О., Власюк О., Ставчук І. та ін. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. Київ : Муflаer, 2014. 63 с.
 3. Краковська С. В., Паламарчук Л. В., Гнатюк Н. В. та ін. Зміни поля опадів в Україні у ХХІ ст. за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей. *Геоінформатика*. 2017. № 4. С. 62–74.
 4. Каталог декоративних растений для городского и пригородного озеленения Лесостепи и Полесья Украины. Ландшафт и интерьеры. Киев : СофтПресс, 2008–2009. 194 с.
 5. Горобець В. Ф., Машковська С. П., Буйдін Ю. В. та ін. Колекційний фонд квітничково-декоративних рослин Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України. Каталог рослин. Довідник. Тернопіль : Медобори, 2008. 180 с.
 6. Каталог декоративних трав'янистих рослин ботанічних садів і дендропарків України: Довідниковий посібник / за ред. С. П. Машковської. Київ, 2015. 260 с.
 7. Русанов Ф. Н. Метод родових комплексів в інтродукції рослин. *Бюл. ГБС*. 1977. Вып. 81. С. 15–20.
 8. Культиасов М. В. Еколого-історический метод в інтродукції рослин. *Бюл. ГБС*. 1953. Вып. 15. С. 24–39.
 9. Булах П. Е. Теория и методы прогнозирования в интродукции растений. Киев : Наук. думка, 2010. 110 с.
 10. *Salvia*. *The Plat List*. URL: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Salvia>
 11. *Salvia* L. *Plant of the World online*. URL: <http://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30000096-2>
 12. Hatch L. C. *Hatch's Perennials: Salvia and Sedum* : Version 3.1. TCR Press, 2015. Vol. 13. 95 p.
 13. Griffiths M. *Index of Garden Plants*. Portland, OR : Timber Press, 1994. 1234 p.
 14. *A-Z Encyclopedia of Garden Plants* / C. Brickell (Ed.). London : Dorling Kindersley, 1996. 1080 p.
 15. *The european garden flora, flowering plants: a manual for the identification of plants cultivated in Europe, both out-of-doors and under glass*. Vol. 5. *Angiospermae – Dicotyledons* / J. Cullen, S. G. Knees, H. S. Cubey (Eds.). 2nd ed. New York, NY : Cambridge University Press, 2011. 639 p.
 16. Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение. *Полевая геоботаника*. Москва ; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1964. Т. 3. С. 146–208.
 17. Raunkiaer C. *The life form of plants and statistical plant geography*. Oxford : Clarendon Press, 1934. 632 p.
 18. Walker J. B., Sytsma K. J., Treutlein J., Wink M. *Salvia* (Lamiaceae) is not monophyletic: implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of *Salvia* and tribe Menthaeae. *Am. J. Bot.* 2004. Vol. 91, Iss. 7. P. 1115–1125. doi: 10.3732/ajb.91.7.1115
 19. Drew B. T., González-Gallegos J. G., Xiang C. L. et al. *Salvia* united: The greatest good for the greatest number. *Taxon*. 2017. Vol. 66, Iss. 1. P. 133–145. doi: 10.12705/661.7
 20. Karaca M., Ince A. G. *Molecular Markers in Salvia L.: Past, Present and Future. Salvia Biotechnology / V. Georgiev, A. Pavlov (Eds.)*. Springer International Publishing, 2017. P. 291–398. doi: 10.1007/978-3-319-73900-7_9
 21. Kriebel R., Drew B. T., Drummond C. P. et al. Tracking temporal shifts in area, biomes, and pollinators in the radiation of *Salvia* (sages) across continents: leveraging anchored hybrid enrichment and targeted sequence data. *Am. J. Bot.* 2019. Vol. 106, Iss. 4. P. 573–597. doi: 10.1002/ajb2.1268
 22. Байкова Е. В. Закономерности морфологической эволюции шалфеев (*Salvia*, Lamiaceae) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаника» / Центр. сибирский бот. сад СО РАН. Новосибирск, 2005. 38 с.
 23. *Flora Europaea*. Vol. 3: *Diapensiaceae to Myoporaceae* / T. G. Tutin, V. H. Heywood, N. A. Burges et al. (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 1972. 385 p. doi: 10.5281/zenodo.305475
 24. *Определитель высших растений Украины / редкол. : Ю. Н. Прокудин и др.* Киев : Наук. думка, 1987. 548 с.
 25. Mosyakin S. L., Fedoronchuk M. M. *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. Kyiv : M. G. Kholodny Institute of Botany, 1999. 345 p. doi: 10.13140/2.1.2985.0409
 26. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. Київ : ГлобалКонсалтинг, 2009. 900 с.
 27. Вавилов Н. И. Учение о происхождении культурных растений после Дарвина. *Советская наука*. 1940. № 2. С. 55–57.
 28. Базилевская Н. А. Центры происхождения декоративных растений. *Вопросы эволюции, биогеографии, генетики и селекции*. Москва ; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1960. С. 52–58.
 29. *Sage: The Genus Salvia / S. E. Kintzios (Ed.)*. Amsterdam : Harwood Academic Publishers, 2000. 296 p.
 30. Sutton J. *The Gardener's Guide to Growing Salvias*. New York, NY : Workman Publishing Company, 2004. 160 p.
 31. Tychonievich J., Warner R. M. Interspecific crossability of selected *Salvia* species and potential use for crop improvement. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 2011. Vol. 136, Iss. 1. P. 41–47. doi: 10.21273/JASHS.136.1.41
 32. Kobayashi N., Yamashita S., Ohta K., Hosoki T. Morphological Characteristics and Their Inheritance in Colchicine-induced *Salvia* Polyploids. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 2008. Vol. 77, Iss. 2. P. 186–191. doi: 10.2503/jjshs1.77.186
 33. Samiei L., Roohollahi I., Aslani M. et al. Introducing wild plant species of Iran as sources of new ornamentals. *International Symposium on Wild Flowers and Native Ornamental Plants. Acta Horticulturae*. 2019. Vol. 1240, Iss. 12. P. 73–76. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1240.12
 34. Byczyńska A. Potential of Canarian Wild Plants as Ornamentals. *World Scientific News*. 2017. Vol. 86, Iss. 3. P. 357–364.
 35. *AGM Plants – Ornamental / Royal Horticultural Society. December 2020. 118 p.* URL: <https://www.rhs.org.uk/plants/pdfs/agm-lists/agm-ornamentals.pdf>
 36. Clebsch B. *The New Book of Salvias*. Portland, OR : Timber Press, 2003. 140 p.

УДК 635.92:582.94: 581.522.4(477:292.485)

Перебойчук О. П., **Машковська С. П.** Перспективи інтродукції декоративних рослин роду Шавлія (*Salvia* L.) у Лісостеп України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 2. С. 91–98.

<https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236501>

Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України, вул. Тимірязєвська, 1, м. Київ, 01014, Україна, e-mail: fiorgy@meta.ua

Мета. Аналіз видового та сортового різноманіття роду *Salvia* L. культивованої флори світу, зокрема й України; прогностична оцінка та визначення напрямів інтродукції декоративних представників роду в умови Лісостепу України. **Методи.** Аналіз і синтез, порівняння та узагальнення інформаційних даних, інтродукційний прогноз. **Результати.** Представлено сучасний асортимент роду *Salvia* в кількісному, таксономічному, ареалогічному та еколого-ценотичному відношенні. Визначено приналежність видів роду до шести основних центрів походження культурних рослин, а також відображено значне розмаїття життєвих форм (нанофанерофіти, мікрофанерофіти, хамефіти, гемікриптофіти, терофіти), які закономірно сформувалися під впливом чинників, що визначалися різними географічними та еколого-фітоценотичними умовами зростання рослин. Проаналізовано видовий асортимент роду *Salvia* колекційного фонду Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України (НБС) порівняно з колекціями інших ботанічних садів України. Наведено перелік декоративних видів колекції, що трапляються в природній флорі України. Виділено три групи видів за походженням, які й визначають умови культивування

рослин у Лісостепу України. За таксономічною структурою інтродуковані види шавлій належать до восьми (згідно з Bentham, 1833) з дванадцяти секцій, які представляють біоморфологічне різноманіття та підтверджують високий інтродукційний потенціал цих рослин. Виділено види й міжвидові гібриди, які найбільш задіяні в селекційній роботі та репрезентовані значним сортовим розмаїттям, а також представлено асортимент шавлій колекції квітничково-декоративних рослин НБС. **Висновки.** Установлено, що видове та сортове різноманіття роду *Salvia* культивованої флори світу має значний інтродукційний потенціал для лісостепової зони України. Визначено, що основною базою для інтродукційного вивчення декоративних видів роду *Salvia* в Україні є колекція Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України. Виокремлено основні напрями щодо подальшої інтродукційної та селекційної роботи з представниками роду *Salvia* в умовах Лісостепу України.

Ключові слова: культивована флора; колекції рослин; життєві форми; ареал; селекція; інтродукційне дослідження.

Надійшла / Received 15.04.2021

Погоджено до друку / Accepted 19.05.2021

Посухостійкість сортів чайно-гібридних троянд в умовах Правобережного Лісостепу України

С. В. Васківська

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

Мета. Установити посухостійкість сортів троянд чайно-гібридної садової групи у польових і лабораторних умовах. **Методи.** Польовий, біометричний, лабораторний, статистичний. Посухостійкість рослин у польових умовах оцінювали за 6-бальною шкалою С. С. П'ятницького (1961), досліди в лабораторних умовах полягали у визначенні водоутримувальної спроможності листків, їх водного дефіциту, здатності відновлювати тургор, оводненості тканин за уніфікованою методикою Інституту садівництва НААН (Китаєв та ін., 1998, 2009). **Результати.** За візуальними спостереженнями в періоди з низьким рівнем вологозабезпечення тургор листків не знижувався, тож у польових умовах посухостійкість сортів чайно-гібридних троянд оцінено у 5 балів за 6-бальною шкалою. У лабораторних умовах вираховували водний дефіцит у листках (у відсотках від загального вмісту води в стані повного насичення). За показниками водоутримувальної здатності тканин листків сортів чайно-гібридних троянд, виділено сорти з рівнем втрати вологи в експозиції через 12 годин – від найнижчого до найвищого. **Висновки.** Усі сорти чайно-гібридних троянд колекції НБС ім. М. М. Гришка НАН України, які були у досліді, в польових умовах є достатньо посухостійкими. За показниками посухостійкості листків із 44-х модельних сортів виділено 9 із низьким (до 22,30%), 5 – із середнім (до 24,37%), 30 – з високим і дуже високим (27,23–46,47%) рівнем утрати вологи. Аналіз отриманих результатів досліджень свідчить про те, що фізіологічні процеси, пов'язані з утратою вологи є сортоспецифічною, генетично спадковою ознакою. Сорти чайно-гібридних троянд різного географічного походження, що показали критерій посухостійкості від середнього до найвищого, можна рекомендувати для вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України.

Ключові слова: рівень утрати вологи; водний дефіцит; тургор; тканини листків.

Вступ

Сучасна класифікація троянд, згідно з міжнародним каталогом Modern Roses 12, передбачає 36 садових груп. Серед усього різноманіття сортів і видів чайно-гібридна група налічує понад 10 тис. сортів (30% світового сортименту) садових троянд [1–3].

Природні умови Правобережного Лісостепу є загалом сприятливими для вирощування декоративних видів загалом і троянд зокрема [4–6]. Однак негативними чинниками літнього періоду для вирощування сортів цього виду останніми роками є атмосферна й ґрунтова посуха, а також нестійкий режим природного зволоження і нерівномірний розподіл опадів протягом вегетації.

Одним зі способів протистояння абіотичним чинникам, які негативно впливають на ріст і розвиток рослин, є підвищення їх посухостійкості – сформованої в процесі еволюції або штучного добору рослин, спроможних пристосовуватися до дії посухи та розвиватися й відтворюватися за таких умов погоди. Можливості рослин долати водний стрес зростають за їх здатності уникати висихання й зневоднення протоплазми клітин без

шкідливих наслідків [7]. При цьому одним з важливих елементів посухостійкості рослини є водоутримувальна та тургоровідновлювальна здатність її листків, як основного фотосинтезуючого органу. Тому визначення адаптивної здатності сортів чайно-гібридних троянд до посухи, оцінювання їхньої чутливості до неї є одним з основних завдань для розширення використання їх у ландшафтному дизайні.

Питанню дослідження посухостійкості троянд різних садових груп в умовах відкритого та закритого ґрунту приділили увагу вчені як в Україні, так і за її межами. В умовах Києва за показниками водоутримувальної здатності листків і щільності продихів Т. О. Буйдіна [6] виділила найпосухостійкіші сорти витких троянд. Посухостійкість англійських троянд у лабораторних і польових умовах досліджували Д. С. Гордієнко та ін. [8], якими рекомендовано сортимент посухостійких англійських троянд за результатами дослідження щільності продихів на листках. Посухостійкість троянд чайно-гібридної групи в умовах Південного берега Криму досліджували С. О. Пługатар [9], В. А. Браїлко та ін. [10]. Сорти троянд чайно-гібридної групи є найпоширенішими для вирощування в умовах закритого ґрунту, тому низка авторів досліджували анатомію листків і морфологію продихів у контрольованих умовах вирощуван-

ня [11–13]. Важливе значення розміру листків та продихів для фізіології й екології, їхню роль в адаптивності рослин до чинників довкілля досліджено F. Waleed [14], A. Hetherington, I. Woodward [15].

Відомо [1], що деякі види шипшин та садові групи троянд (виткі, ефіроолійні) є характерними ксеромезофітами, які здатні рости в умовах з тимчасовою нестачею повітряної вологи. Водночас, Л. П. Савчук [16] встановлено залежність тривалості цвітіння троянди ефіроолійної від відносної вологості ґрунту, оптимальний показник якої має бути не нижче ніж 60%. Браилко В. О. та ін. [17], досліджуючи мініатюрні троянди, дійшли висновку, що ґрунтова й повітряна волога є екологічними чинниками, що обмежують їхній ріст і розвиток у Нікітському ботанічному саду.

Колекція Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України постійно поповнювалася новими сортами чайно-гібридних троянд, однак дослідження посухостійкості сортів, інтродукованих у Правобережний Лісостеп України, не проводили.

Мета досліджень – встановити посухостійкість сортів чайно-гібридних троянд у польових і лабораторних умовах.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження з визначення фактичної посухостійкості проводили впродовж 2017–2019 рр. у польових умовах, а також у лабораторії фізіології рослин і мікробіології Інституту садівництва НААН. Об'єктом досліджень були процеси росту й розвитку 84 сортів чайно-гібридних троянд колекційно-експозиційної ділянки «Розарій» Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України (НБС). Посухостійкість у лабораторних умовах визначали на модельних сортах, перелік яких наведено в таблиці.

Посухостійкість у польових умовах оцінювали за 6-баловою шкалою С. П'ятницького [18]:

- 1 – рослина гине внаслідок посухи;
- 2 – листки опали, усихають кінці пагонів;
- 3 – усихає більш ніж половина листків і частина пагонів;
- 4 – уражено менше половини листків і частина пагонів;
- 5 – у денні години листки втрачають тургор, в'януть, але за ніч його відновлюють;
- 6 – рослина не потерпає від посухи.

У результаті проведених візуальних досліджень листового апарату сортів чайно-гібридних троянд у польових умовах НБС не виявлено рослин зі втратою тургору листків, тому їх оцінено у 5 балів за 6-баловою шкалою.

Досліди в лабораторних умовах полягали у визначенні водоутримувальної спроможності листків, їх водного дефіциту, здатності відновлювати тургор, оводненості тканин за уніфікованою методикою Інституту садівництва НААН. Водний дефіцит у цілих листків троянди (3–5 шт.) досліджували в динаміці (через 2, 4 і 12 год) у відсотках від загального вмісту води в стані повного насичення водою [19, 20]. Для встановлення подібності сортів за посухостійкістю використовували метод кластерного аналізу [21].

Посухостійкість рослин зумовлена їхньою здатністю протистояти зневодненню й перегріву в процесі онтогенезу, пристосовуватися до дії посухи і в цих умовах рости розвиватися до повного відтворення [7].

Результати досліджень

Найвищим значенням водного дефіциту через експозицію 6 годин характеризувалися рослини сорту 'Kerio' – 54,7%. При цьому різниця між першою і другою експозицією становила 26,4%, що на 1,7% менше від першої і третьої. Ця закономірність спостерігалась майже в усіх сортів в усіх варіантах досліду. Найліпшими показниками (найменша втрата води, %) відзначилися сорти 'Dolce Vita' та 'Grand Mogul', у середньому по досліду листки їхніх рослин втратили 17,17 і 17,57%, найвищий водний дефіцит зафіксовано в 'Kerio' і 'Soffi Loren' (46,47 і 45,77% відповідно). В інших сортів ці показники були на рівні 18,00–41,93%, що свідчить про широкий спектр між крайніми порогоми величин (див. табл.).

Щодо рівня втрати води в межах сорту між експозиціями, то слід відзначити відповідну закономірність між варіантами. Якщо листки сортів мали найнижчий водний дефіцит, який зафіксували в експозиції через дві години, то в наступних він збільшувався незалежно від сорту. Чим більше в рослинах певного сорту троянд залишається води, тим вища його посухостійкість. Навпаки, зі зростанням утрати води цей показник знижується.

На рисунку наведено дендрограму кластеризації сортів чайно-гібридних троянд за рівнем посухостійкості за методом Уайльда. Унаслідок кластеризації сформовано п'ять кластерів троянд із рівнем посухостійкості від найнижчого до найвищого.

На підставі одержаних результатів, досліджувані сорти поділили на групи за рівнем посухостійкості: найвищий – 'Dolce Vita', 'Grand Mogul', 'Lovely Red', 'Imperatrice Farach', 'Christophe Colomb' (рівень утрати води – 17,17–19,43%); високий – 'Claudia',

Таблиця

Показники водоутримувальної здатності тканин листків сортів чайно-гібридних троянд
(середнє за 2017–2019 рр.)

№ з/п	Сорт	Утрата води, %					
		через 2 год	через 8 год	різниця між експозиціями 2 і 8 год	через 12 год	різниця між експозиціями 2 і 12 год	середнє
1	'Dolce Vita'	10,2	19,1	8,9	22,2	12,0	17,17
2	'Grand Mogul'	10,5	19,7	9,2	22,5	12,0	17,57
3	'Lovely Red'	11,0	20,2	9,2	22,8	11,8	18,00
4	'Imperatrice Farach'	11,4	21,2	9,8	24,3	12,9	18,97
5	'Christophe Colomb'	11,9	21,8	9,9	24,6	12,7	19,43
6	'Claudia'	12,5	23,4	10,9	27,0	14,5	20,97
7	'Candlelight'	12,6	24,6	12,0	28,3	15,7	21,83
8	'Bob Hope'	13,0	25,2	12,2	29,0	16,0	22,40
9	'Utopia'	13,1	25,3	12,2	28,5	15,4	22,30
10	'Latin Lady'	12,9	26,2	13,3	30,2	17,3	23,10
11	'Paradise'	13,4	26,7	13,3	31,1	17,7	23,73
12	'Gloria Dei'	14,0	27,9	13,9	32,4	18,4	24,77
13	'Paris-2000'	14,5	28,0	13,5	30,6	16,1	24,37
14	'Burgund 81'	14,2	28,0	13,8	30,9	16,7	24,37
15	'Dame de Coeur'	15,0	29,2	14,2	48,1	33,1	30,77
16	'Ingrid Bergman'	15,8	31,1	15,3	36,3	20,5	27,73
17	'Traviata'	16,0	31,6	15,6	34,1	18,1	27,23
18	'Dolce VitaLexVoom' ('Dolce Vita+')	16,2	31,9	15,7	34,9	18,7	27,67
19	'Климентина'	16,6	32,9	16,3	33,8	17,2	27,77
20	'Carina'	17,0	33,3	16,3	37,8	20,8	29,37
21	'Crepe de Chine'	17,1	33,4	16,3	41,0	23,9	30,50
22	'Julio Iglesias'	17,2	33,7	16,5	37,9	20,7	29,60
23	'Bel Ange'	17,5	33,9	16,4	38,0	20,5	29,80
24	'Black Magic'	18,0	34,0	16,0	37,3	19,3	29,77
25	'Alliance'	18,2	34,7	16,5	38,6	20,4	30,50
26	'Piccadilly'	18,5	34,8	16,3	38,4	19,9	30,57
27	'Alexandre Pouchkine'	19,0	35,5	16,5	38,9	19,9	31,13
28	'Electron'	18,9	35,6	16,7	39,2	20,3	31,23
29	'Red Queen'	19,1	35,7	16,6	43,5	24,4	32,77
30	'Double Delight'	19,2	36,7	17,5	42,7	23,5	32,87
31	'Казахстанская Юбилейная'	20,0	38,1	18,1	41,7	21,7	33,27
32	'La Marseillaise'	20,5	39,7	19,2	43,0	22,5	34,40
33	'Baccara'	21,0	40,5	19,5	44,3	23,3	35,27
34	'Laetitia Casta'	20,9	40,4	19,5	43,1	22,2	34,80
35	'Diamond Jubilee'	21,2	41,9	20,7	44,3	23,1	35,80
36	'Duftwolke'	22,1	42,7	20,6	45,9	23,8	36,90
37	'Anastasia'	21,9	42,7	20,8	47,6	25,7	37,40
38	'Samantha'	22,4	43,2	20,8	45,5	23,1	37,03
39	'Rose Gaujard'	23,0	44,3	21,3	47,6	24,6	38,30
40	'Kronenburq'	23,6	45,7	22,1	47,5	23,9	38,93
41	'Red Intuition'	25,0	48,9	23,9	53,0	28,0	42,30
42	'Royal Dane'	25,4	49,1	23,7	51,3	25,9	41,93
43	'Soffi Loren'	27,5	53,4	25,9	56,4	28,9	45,77
44	'Kerio'	28,3	54,7	26,4	56,4	28,1	46,47
HIP _{0,05}		2,7	5,1	–	5,7	–	–

'Candlelight', 'Bob Hope', 'Utopia' (20,97–22,30%); середній – 'Latin Lady', 'Paradise', 'Gloria Dei', 'Paris-2000', 'Burgund 81', (23,10–24,37%), низький – 'Traviata', 'Ingrid Bergman', 'Dolce Vita Lex Voom' ('Dolce Vita+'), 'Климентина', 'Carina', 'Julio Iglesias', 'Black Magic', 'Bel Ange' (27,73–29,80%). Решта сортів мала найнижчий рівень посухостійкості (30,50–46,67%): 'Crepe de Chine', 'Alliance', 'Dame de Coeur', 'Piccadilly', 'Alexan-

dre Pouchkine', 'Electron', 'Red Queen', 'Double Delight', 'Казахстанская Юбилейная', 'La Marseillaise', 'Baccara', 'Laetitia Casta', 'Diamond Jubilee', 'Duftwolke', 'Anastasia', 'Samantha', 'Rose Gaujard', 'Kronenburq', 'Red Intuition', 'Royal Dane', 'Soffi Loren', 'Kerio'.

Згідно з аналізом результатів лабораторних досліджень, урахувавши величини найменшої істотної різниці (HIP), сорти чайно-гібридних троянд, що показали рівень по-

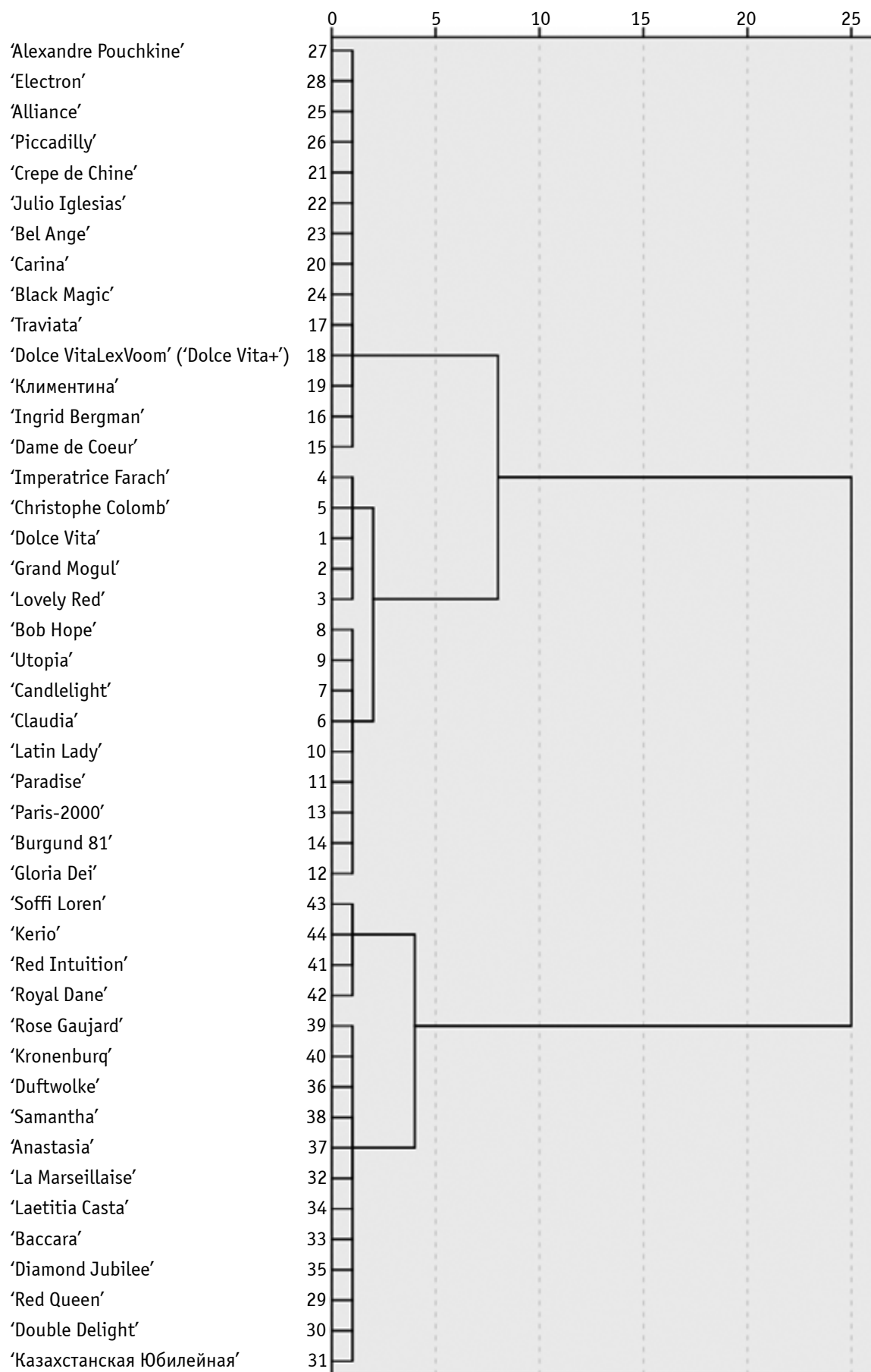


Рис. Кластеризація сортів чайно-гібридних троянд за рівнем посухостійкості

сухостійкості від середнього до найвищого можна рекомендувати для вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України.

Висновки

За показниками лабораторних досліджень 44 модельних сортів встановлено найпосухо-стійкіші: ‘Dolce Vita’, ‘Grand Mogul’, ‘Lovely Red’, ‘Imperatrice Farach’, ‘Christophe Colomb’ (рівень утрати води 17,17–19,43%). Високим рівнем посухостійкості (20,97–22,30%) відзначалися сорти ‘Claudia’, ‘Candlelight’, ‘Bob Hope’ та ‘Utopia’, середнім (23,10–24,37%) – ‘Latin Lady’, ‘Paradise’, ‘Gloria Dei’, ‘Paris-2000’, ‘Burgund 81’. Решта досліджуваних сортів (30 шт.) виявили низький рівень посухостійкості.

Сорти чайно-гібридних троянд із рівнем посухостійкості від середнього до найвищого можна рекомендувати для культивування в умовах Правобережного Лісостепу України.

Сорти чайно-гібридних троянд із низьким рівнем посухостійкості, як-от ‘Traviata’, ‘Ingrid Bergman’, ‘Black Magic’, ‘Bel Ange’, ‘Alexandre Pouchkine’, ‘Double Delight’, ‘Diamond Jubilee’, ‘Anastasia’, ‘Red Intuition’, ‘Kerio’, є високодекоративними в ландшафтному дизайні та отримання квітів на зріз, тому їх культивування також можливе за умови додаткового забезпечення достатнього рівня вологості ґрунту під час вегетації.

Отримані дані польових і лабораторних досліджень будуть ураховані під час формування рекомендацій для озеленення територій з дотриманням принципів добору та створення квіткових композицій. Результати посухостійкості сортів чайно-гібридних троянд можуть бути враховані також у селекційній практиці для добору батьківських форм.

Використана література

1. Рубцова О. Л. Під *Rosa L.* в Україні: історія, напрями досліджень, досягнення та перспективи. Київ : Фенікс, 2009. 175 с.
2. Рубцова О. Л., Чижанькова В. І., Бойко Р. В. Селекція троянд: історія, досягнення, сучасна стратегія. *Інтродукція рослин*. 2015. Т. 65, № 1. С. 69–75.
3. Modern Roses 12: the comprehensive list of roses in cultivation or of historical or botanical importance / M. A. Young, P. Schorr (Eds.). Shreveport, LA : American Rose Society, 2007. 576 р.
4. Колесніченко О. В., Рубцова О. Л., Шумик М. І. та ін. Троянди в насадженнях міста Києва. Київ : ФОР Ямчинський О. В., 2020. 267 с.
5. Дениско І. Л. Біолого-екологічні особливості, інтродукція, перспективи використання троянд групи патіо у Правобережному Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. біол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаніка» / НБС ім. М. М. Гришка НАНУ. Київ, 2014. 22 с.
6. Буйдіна Т. О. біолого-екологічні особливості ліан роду *Rosa L.* в умовах Правобережного Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. біол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаніка» / НБС ім. М. М. Гришка НАНУ. Київ, 2019. 22 с.

7. Генкель П. А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. Москва : Наука, 1982. 280 с.
8. Гордієнко Д. С., Рубцова О. Л., Буйдіна Т. О. та ін. Посухостійкість сортів англійських троянд в умовах Правобережного Лісостепу України. *Plant Var. Stud. Prot.* 2021. Т. 17, № 1. С. 60–65. doi: 10.21498/2518-1017.17.1.2021.228212
9. Плугатарь С. А. Биологические особенности чайно-гибридных роз коллекции Никитского ботанического сада : автореф. дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.02.01 «Ботаника» / Никитский бот. сад. Ялта, 2018. 23 с.
10. Браилко В. А., Губанова Т. Б., Клименко З. К., Плугатарь С. А. Морфо-анатомические характеристики листа некоторых сортов чайно-гибридных роз и их засухоустойчивость на Южном берегу Крыма. *Бюллетень ГНБС*. 2019. Вып. 130. С. 129–136. doi: 10.25684/NBG.boolt.130.2019.18
11. In B.-C., Motomura S., Inamoto K. et al. Multivariate analysis of relations between preharvest environmental factors, postharvest morphological and physiological factors, and vase life of cut ‘Asami Red’ roses. *J. Japan. Hort. Sci.* 2007. Vol. 76, Iss. 1. P. 66–72. doi: 10.2503/jjshs.76.66
12. Marrison N., Benninga J. A. A nursery comparison on the vase life of the rose ‘First Red’: effects on growth circumstances. *Acta Hort.* 2001. Vol. 543. P. 285–297. doi: 10.17666/ActaHortic.2001.543.34
13. Torre S., Tove F., Gislred H., Moe R. Leaf Anatomy and Stomatal Morphology of Greenhouse Roses Grown at Moderate or High Air Humidity. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 2003. Vol. 128, Iss. 4. P. 14–25. doi: 10.21273/JASHS.128.4.0598
14. Hetherington A., Woodward I. The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature*. 2003. Vol. 424. P. 901–908. doi: 10.1038/nature01843
15. Waleed F. Drought adaptive mechanisms of plants – a review. *Adv. Agr. Environ. Sci.* 2019. Vol. 2, Iss. 1. P. 62–65. doi: 10.30881/aaeo.00021
16. Савчук Л. П. Агротематологическая характеристика розы эфиромасличной в связи с её размещением : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 11.698 «Метеорология» / ВИР. Ленинград, 1972. 25 с.
17. Brailko V. A., Plugatar S. A., Pilipchuk T. I. et al. Morphological and physiological features of the miniature rose cultivar ‘Rise’nShine under long time culture *in vitro* and *in vivo*. *Acta Hort.* 2018. Vol. 1224. P. 139–144. doi: 10.17666/ActaHortic.2018.1224.19
18. Пятницкий С. С. Практикум по лесной селекции. Москва : С.-х. лит-ра, журн. и плакаты, 1961. 148 с.
19. Китаев О. І., Андрусик Ю. Ю., Ключан П. С. та ін. Патент на спосіб визначення водного дефіциту листя рослин (опис) / UA 85524 C2 МПК (2009) G01N 21/64 A 01G 7/00 26.01.2009, Бюл. № 2, 2009 р. С. 1–10.
20. Китаев О. І., Пелехатий В. М. Оцінка сорто-підщепних комбінацій яблуні за аналізом функціонального стану їх листкового апарату. *Садівництво*. 1998. Вип. 46. С. 174–176.
21. Орленко Н. С., Мажуга К. М., Душар М. Б., Маслечкін В. В. Порівняльний аналіз ієрархічних методів кластеризації, придатних для оброблення даних морфологічних ознак сортів рослин. *Вісник ПДАА*. 2019. № 2. С. 261–269. doi: 10.31210/visnyk2019.02.35

References

1. Rubcova, O. L. (2009). *Rid Rosa L. v Ukraini: istoriia, napriamy doslidzhen, dosiahnennia ta perspektyvy* [Genus *Rosa L.* in Ukraine: history, directions, of researches, achievements and prospects]. Kyiv: Feniks. [in Ukrainian]
2. Rubczova, O. L., Chyzhankova, V. I., & Boiko, R. V. (2015). Rose breeding: history, achievements, modern strategy. *Introdukciia roslin* [Plant Introduction], 65(1), 69–75. [in Ukrainian]
3. Young, M. A., & Schorr, P. (Eds.). (2007). *Modern Roses 12: the comprehensive list of roses in cultivation or of historical or botanical importance*. Shreveport, LA: American Rose Society.

4. Kolesnichenko, O. V., Rubtsova, O. L., Shumyk, M. I., Hrysiuk, S. M., Pikovskyi, M. Y., Shvets, I. V., ... Chyzhankova, V. I. (2020). *Troiandy v nasadzhenniakh mista Kyieva* [Roses in plantations of the city of Kyiv]. Kyiv: FOP Yamchynskyi. [in Ukrainian]
5. Denysko, I. L. (2014). *Biolohe-ekologichni osoblyvosti, introdukciia, perspektyvy vykorystannia troiand hrupy patio u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy* [Biological and ecological features, introduction, prospects of using patio roses in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine] (Extended Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss.). M. M. Gryshko National Botanical Garden, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
6. Buidina, T. O. (2019). *Biolohe-ekologichni osoblyvosti lian rodu Rosa L. v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepy Ukrainy* [Biological and ecological features of climbing roses of genus *Rosa L.* in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine] (Extended Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss.). M. M. Gryshko National Botanical Garden, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
7. Genkel, P. A. (1982). *Fiziologiya zharo- i zasukhoustoychivosti rastenyi* [Physiology of heat and drought resistance of plants]. Moscow: Nauka. [in Russian]
8. Gordienko, D. S., Rubtsova, O. L., Buidina, T. O., Chizhankova, V. I., Rozhok, O. F., & Sokolova, O. A. (2021). Drought resistance of English roses varieties in the conditions of the Right-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Var. Stud. Prot.*, 17(1), 60–65. doi: 10.21498/2518-1017.17.1.2021.228212 [in Ukrainian]
9. Plugatar, S. A. (2018). *Biologicheskie osobennosti chayno-gibridnykh roz kollektsii Nikitskogo botanicheskogo sada* [Biological features of hybrid tea roses from the collection of Nikitsky Botanical Garden] (Extended Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss.). Nikitsky Botanical Garden, Yalta, Ukraine. [in Russian]
10. Braïlko, V. A., Gubanova, T. B., Klïmenko, Z. K., & Plugatar, S. A. (2019). Morphological and anatomical features in the leaves of some hybrid tea roses and their drought tolerance on the Southern Coast of the Crimea. *Byulleten Glavnogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the Main Botanical Garden], 130, 129–136. doi: 10.25684/NBG.boolt.130.2019.18 [in Russian]
11. In, B.-C., Motomura, S., Inamoto, K., Doi, M., & Mori, G. (2007). Multivariate analysis of relations between preharvest environmental factors, postharvest morphological and physiological factors, and vase life of cut 'Asami Red' roses. *J. Japan. Hort. Sci.*, 76(1), 66–72. doi: 10.2503/jjshs.76.66
12. Marrison, N., & Benninga, J. A. (2001). A nursery comparison on the vase life of the rose 'First Red': effects on growth circumstances. *Acta Hort.*, 543, 285–297. doi: 10.1766/ActaHortic.2001.543.34
13. Torre, S., Tove, F., Gislred, H., & Moe, R. (2003). Leaf Anatomy and Stomatal Morphology of Greenhouse Roses Grown at Moderate or High Air Humidity. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 128(4), 14–25. doi: 10.21273/JASHS.128.4.0598
14. Hetherington, A., & Woodward, I. (2003). The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature*, 424, 901–908. doi: 10.1038/nature01843
15. Waleed, F. (2019). Drought adaptive mechanisms of plants – a review. *Adv. Agr. Environ. Sci.*, 2(1), 62–65. doi: 10.30881/aeoa.00021
16. Savchuk, L. P. (1972). *Agrometeorologicheskaya kharakteristika rozy efiromaslichnoy v svyazi s ee razmeshcheniem* [Agrometeorological characteristics of the essential oil rose in connection with its placement] (Extended Abstract of Cand. Agricul. Sci. Diss.). VIR, Leningrad, Russia. [in Russian]
17. Braïlko, V. A., Plugatar, S. A., Pilipchuk, T. I., Plugatar, Yu. V., & Mitrofanova, I. V. (2018). Morphological and physiological features of the miniature rose cultivar 'Rise'n'Shine under long time culture *in vitro* and *in vivo*. *Acta Hort.*, 1224, 139–144. doi: 10.17660/ActaHortic.2018.1224.19
18. Pyatnitskiy, S. S. (1961). *Praktikum po lesnoy selektsii* [Workshop on forest breeding]. Moscow: Sel'khoz'yaystvennaya literatura, zhurnaly i plakaty. [in Russian]
19. Kytaïev, O. I., Andrusyk, Yu. Yu., Klochan, P. S., Kovalevskiy, I. V., Kolesnyk, Yu. S., Lushpihan, O. P., Romanov, V. O., Skriaga, V. A., Bednenko, T. V., & Fedak, V. S. (2009). *Patent na sposib vyznachennya vodnogo deficytu lystya roslyn (opys)* [Patent for a method for determining the water deficit of plant leaves (description)]. *Biuletyn*, 2, 1–10 [in Ukrainian]
20. Kytaïev, O. I., & Pelekhatyi, V. M. (1998). Evaluation of varietal-rootstock combinations of apple trees by analysis of the functional state of their leaf apparatus. *Sadivnictvo* [Horticulture], 46, 174–176. [in Ukrainian]
21. Orlenko, N. S., Mazhuha, K. M., Dushar, M. B., & Maslechkin, V. V. (2019). Comparative analysis of clustering methods suitable for plant varieties morphological characteristics data processing. *Visnik PDAA* [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy], 2, 261–269. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.02.35>

UDC 582.711.71:551.577.38(477:292.485)

Vaskivska, S. V. (2021). Drought tolerance of hybrid tea rose varieties in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(2), 99–104. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236513>

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

Purpose. To reveal drought resistance of hybrid tea rose varieties of garden group in field and laboratory conditions. **Methods.** Field, biometric, laboratory, statistical. The drought resistance of plants in the field was assessed according to S. S. Pyatnitsky 6-point scale (1961); experiments in the laboratory were to determine the water holding capacity of leaves, their water deficiency, the ability to restore turgor, hydration of tissues according to the unified method of the Institute of Horticulture NAAS (Kytaïev et al., 1998, 2009). **Results.** According to visual observations in periods with low moisture supply, leaf turgor did not decrease, so in the field, drought resistance of hybrid tea roses was estimated at 5 points on a 6-point scale. In the laboratory, water deficiency in the leaves was calculated (as a percentage of the total water content in the state of full saturation). According to the indicators of the water-holding capacity of leaf tissues, varieties with the level of moisture loss

in the exposure after 12 hours from the lowest to the highest, were selected. **Conclusions.** All varieties of hybrid tea roses from the collection of M. M. Gryshko NBG of NAS of Ukraine, included in the experiment, in field conditions were rather drought-resistant. According to the indicators of drought resistance of leaves from 44 model varieties, 9 with low (up to 22.30%), 5 with medium (up to 24.37%), 30 with high and very high level of moisture loss were identified (27.23–46.47%). Analysis of the research results shows that the physiological processes associated with water loss are a variety-specific, genetically inherited trait. Varieties of *hybrid tea* roses of different geographical origin, which showed the criterion of drought resistance from medium to highest, can be recommended for cultivation in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Keywords: the level of moisture loss; water shortage; turgor; leaf tissue.

Надійшла / Received 18.05.2021
Погоджено до друку / Accepted 14.06.2021

Breeding of industrial hemp with a high content of cannabigerol by the case of 'Vik 2020' cultivar

S. V. Mishchenko*, I. M. Laiko, H. I. Kyrychenko

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

Purpose. To create an industrial hemp variety of the Central European ecological and geographical type with a high cannabigerol content and universal application. **Methods.** Breeding (self-pollination, creation of artificial populations, selection), field, biochemical (thin-layer and gas-liquid chromatography of cannabinoid compounds), instrumental and technological assessment of fibre quality, and statistical methods. **Results.** Variety 'Vik 2020' was obtained as a result of creation of artificial populations. The plants are characterized by higher content of cannabigerol ($1.034 \pm 0.0323\%$), and almost zero of other secondary metabolites, such as cannabidiol, cannabichromene and psychotropic tetrahydrocannabinol (0.003 ± 0.0011 ; 0.018 ± 0.0080 ; 0.012 ± 0.0027 , and $0.005 \pm 0.0012\%$, respectively). The trait of cannabigerol content is quite stable within the population and is not correlated with the trait of tetrahydrocannabinol content ($r = -0.23$). TLC showed that cannabigerol accumulated mainly in the form of cannabigerolic acid and to a lesser extent as a neutral compound, which is consistent with the theory that this substance is a precursor for the synthesis of other cannabinoids. According to the results of the competitive variety test, when growing to obtain fibre and seeds, the variety features short height, specifically significantly lower total (206.4 cm) and technical stem length (135.6 cm) compared to the standard variety, significantly higher inflorescence length (70.8 cm), which determine the formation of the significant yield of biomass suitable for pharmaceutical use and high seed yield (0.98 t/ha). The yield of total fibre was the same as in the standard variety (29.0%), but its quality and technological value for primary processing were higher. The variety had a homogeneous sex structure, resistance to biotic and abiotic environmental factors. Plants reached biological maturity in 116 days (BBCH 89). This cultivar is recommended for obtaining seeds, quality fiber and potentially cannabigerol (on condition of changes in legislation). **Conclusions.** The efficiency of using self-pollinating lines in breeding with their subsequent combining into a synthetic population and improving selection was proved by the case of a new variety of industrial hemp 'Vik 2020', characterized by an increased content of cannabigerol and the absence of psychotropic properties.

Keywords: hemp; cultivar; self-pollination; selection; crossing; cannabinoids; correlation; productivity.

Introduction

Cannabinoids are specific substances of cannabis plant (*Cannabis sativa* L.), belonging to the class of aromatic compounds and are mainly accumulated in glandular trichomes [1, 2]. Biosynthesis of cannabinoids occurs on the surface of the plasma membrane or in the cell wall that border the secretory cavity. These compounds play a protective role in a plant, while a decrease in the content of cannabinoids

and the number of glands in industrial hemp does not change this physiological function, since their synthesis in small amounts by other plant cells is sufficient [2].

The most common cannabinoids in the glandular hemp trichomes are tetrahydrocannabinolic (THCA), cannabidiolic (CBDA), and cannabigerolic (CBGA) acids. The bioactive forms of cannabinoids – tetrahydrocannabinol (THC), cannabidiol (CBD), and cannabigerol (CBG) – are formed as a result of a decarboxylation reaction under the influence of external conditions. Other decarboxylated derivatives as cannabichromene (CBC) and cannabinol (CBN) were found in small amounts [3]. The precursors of cannabinoid biosynthesis are formed in two different biosynthetic pathways: polyketide, which produces olivetolic acid, and plas-

Serhii Mishchenko
<https://orcid.org/0000-0002-1979-4002>

Iryna Laiko
<https://orcid.org/0000-0003-1514-574X>

Hanna Kyrychenko
<https://orcid.org/0000-0003-3609-3141>

tid, which produces geranyl diphosphate; of them, with the participation of prenyltransferase, CBGA is synthesized, which is the main precursor of at least eight different cannabinoids [4]. Specific synthases that ferment a certain cannabinoid compound are also identified and characterized [5]. In particular, THCA synthase converts CBGA into THCA [6], respectively, CBDA synthase – into CBDA [7] and CBCA synthase – into CBCA [8].

An analysis of the features of chemotypes inheritance made it possible to conclude that the genes for THCA and CBDC synthase are codominant alleles at the same locus. This codominance is due to two alleles for different isoforms of the same synthase, which has different specificity for converting the CBGA precursor to CBDA or THCA, respectively [9], while the gene for the CBCA synthase is located at an independent locus. In other studies [10], a variety of sequences for THCA and CBDC synthase was observed, which may be due to the presence of several linked loci for these genes.

Among the main cannabinoid compounds, the features of the genetic control of the trait of CBGA content are the least studied. Genetic analysis of the offspring of two variants of hybrids created as a result of crossing a variety with a predominance of CBGA with a variety with a predominance of THCA, as well as a variety with a prevalence of CBGA with a variety with a predominance of CBDA, showed that the trait of a high CBGA content is inherited as a result of the action of a single recessive gene, potentially determined a non-functional allelic variant of the THCA synthase gene. The so-called “null” THCA synthase contains a single nucleotide polymorphism (SNP), which makes the synthase unable to convert CBGA to THCA, what leads to a significant accumulation of the first compound. SNP can be used as a molecular marker in breeding for an increase in the CBGA content [11].

The accumulation of cannabinoid compounds in cannabis is well understood. In particular, their content increases at the generative stage of development, the concentration of these substances decreases from the top to the lower part of the plant, and the chemotype of the sample (variety) is relatively constant during individual development. The accumulation of CBGA in ontogenesis, in contrast to CBDA and THCA, has its own peculiarities, since CBGA is a precursor for the synthesis of CBDA, THCA, and CBCA. Significant increases in CBDA and THCA within 5–6 weeks after the onset of flowering can result in a decrease in CBGA and thus neutral CBG from the total

CBG + CBGA cannabinoids. After reaching a peak on the 7th week of flowering, the total amount of CBG + CBGA decreased significantly – by 43.5; 37.9 and 65.3% for two weeks, and the content of neutral CBG remained relatively constant until aging of the plants [12].

Interest in cannabis as a culture of medical use is constantly growing. Most often, CBD is used for therapeutic purposes [13], but recently, clinical studies on the possibilities of using CBG, which has significant potential have been actively carried out [14], and in the near future it can compete with CBD with a high probability. CBG reveals clearly expressed medicinal properties; in particular, it demonstrated effectiveness in the fight against oncological diseases in experiments on animals and in the culture of isolated cells and tissues of various organs *in vitro* [15]. CBG together with THC reduced the viability of cancer cells, but the combination of CBG and CBD, two non-psychoactive compounds, was more effective [16]. CBG is characterized by an antioxidant effect and can be used not only as a neuroprotector [17, 18], but also in the treatment of neurological disorders [19]. This compound also has a mild analgesic, antifungal, and antibacterial effect [15, 20].

Methods for creating varieties of industrial hemp with medicinal properties remain insufficiently developed; family-group selection is used both to increase the CBG content and to simultaneously improve valuable economic traits [21]. This method is quite effective in cannabis breeding, but it takes a long time to stabilize the traits; therefore, acceleration of the process of creating the initial material, the development of a selection methodology in this direction and the practical creation of varieties are becoming urgent. Medicinal hemp varieties, in our opinion, should have a high content of CBD, CBG or other non-psychoactive cannabinoids, and at the same time be free of THC (or contain in quantities that do not exhibit psychotropic properties).

The purpose of the research is to create a variety of industrial hemp of the Central European ecological-geographical type of universal direction of economic use with a high content of CBG.

Materials and methods

The material for the research was the separate self-pollinating lines of ‘Hlukhivski 58’ variety, characterized by a CBG content of more than 0.5%. Then, an improvement selection was carried out for this trait up to the sixth generation. To stabilize the traits, homogeneous in-

bred lines were used to create the initial breeding material by synthetic selection according to the developed scheme and method [22].

The creation of synthetic populations included several stages:

1) self-pollination and selection of lines (according to the results of the study in the assessment nursery) with the lowest degree of depression, the desired manifestation of breeding traits, the absence of harmful mutations and THC, a stable trait of monoeciousness (I_1 – I_2)

2) self-pollination and selection of lines (according to the results of the study in the assessment nursery), which, as a result of closely related reproduction, form a small, and in the absence of spatial isolation and free pollination – a large number of seeds (I_3 – I_6); additional self-pollination, if there is a need to achieve inbred minimum, increasing the degree of homogeneity and stability of the lines (I_3 – I_6);

3) crossing under a group isolator 5–7 self-pollinating lines (syn-1) similar in characteristics and studying the offspring in the assessment nursery, selection of the same number of seeds from 3–5 best self-pollinating lines in terms of combination ability, sowing a mixture of seeds, free cross-pollination under group isolator (syn-2) and offspring reproduction (syn-3) [22].

The work resulted in a sample ‘VIK CBN’ (National Catalog Number of Plant Genetic Resources Collection UF0600718), improved by family-group selection for performance traits and registered under the name ‘Vik 2020’.

Field studies were carried out at the experimental base of the Institute of Bast Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Hlukhiv, Sumy region), located in the northeastern part of Ukraine on the southern border of the mixed forest zone within the lowest area of the Ukrainian Polissia. Soil type is dark and light gray forest soils, weakly podzolized loams formed on moraine clay. Weather conditions over the years of research were varied and characterized by deviations from the average annual air temperature, precipitation and relative humidity (2018 and 2020 were hot and dry during the cannabis growing season, and 2019 was characterized by excessive rainfall in May–July). This made it possible to comprehensively evaluate the economic indicators of the new variety according to the method [23].

To identify cannabinoid compounds during threshing of hemp plants grown in the field in the assessment nursery (phase BBCH 89) [24], a pooled sample of plant material sufficient for analysis was taken from each plot (1 m² area), dried and stored at laboratory temperature.

Before the analysis, the samples were dried to constant weight at a temperature of 105 °C in an oven, ground to a powdery state and thoroughly mixed, samples weighing 0.5 g were taken in duplicate, and 5 ml of methanol was added (the ratio of “plant sample : extractant” – 1 : 10). The extraction time was 24 hours, then extract was filtered using a paper filter. In the obtained methanol extracts of hemp samples, the quantitative content of cannabinoid compounds was determined by gas-liquid chromatography on a chromatograph with detection.

Chromatography conditions:

- device – HP 6890 Series GC System, serial No. US00008158;
- capillary column – Agilent Technologies 19091J-413 (HP-5), length – 30 m, diameter – 0.320 mm, phase – 0.25 µm, SN: USN493366H, constant flow – 1.5 ml/min, carrier gas – helium;
- injector – auto injectors 7683, Split 20 : 1, evaporator temperature – $T = 250$ °C; oven – $T_{\text{initial}} = 100$ °C, hold for 2 minutes, heating – 15 °C/min, $T_{\text{finite}} = 280$ °C, hold for 11 minutes;
- detector – flame ionization;
- sample – 1.0 µl.

Compounds were identified by retention time. The concentration of cannabinoids was determined by the internal standard method, which was the methyl ester of stearic acid (concentration – 0.392% of the sample), based on the processing of the Chemstation data program, the ratio of the areas of the chromatographic peaks of the internal standard and the compounds that are identified.

Thin layer chromatography conditions:

- extractant – ethanol;
- solvent system – “petroleum ether (60–95 °C) – diethyl ether” (40 : 10);
- painting with strong blue BB dye;
- standard witness – hemp variety ‘YUS 9’.

Statistical data processing was carried out according to the method of a field experiment [25].

Results and discussion

Plants of the created industrial hemp variety ‘Vik 2020’ are characterized by an increased content of CBG – $1.034 \pm 0.0323\%$, which belongs to the non-psychoactive components of cannabinoid compounds, and an almost complete absence of other secondary metabolites – cannabidivarin (CBDV), CBD, CBC and psychotropic THC (0.003 ± 0.0011 ; 0.018 ± 0.0080 ; 0.012 ± 0.0027 and $0.005 \pm 0.0012\%$, respectively). At the same time, the sign of CBG content is quite stable, its minimum value within the population is 0.8538, and the maximum is 1.2242%, the coefficient of

variation is 12.1%, which indicates an average variability, which is close to low. A large number of plants of the studied cultivar have no CBDV, CBD, CBC, and THC at all; they cannot be identified within the sensitivity of the gas-liquid chromatograph and used research methods. The maximum THC content was found at the level of 0.0124% (Table 1). Thus, the developed scheme for the selection of synthetic populations of monoecious hemp is effective for creating varieties with medicinal properties.

Table 1
The content of cannabinoid compounds in elite plants of the 'Vik 2020' variety, compared to the 'Hliana' standard (average for 2019 and 2020)

Compound	Content, %		
	'Hliana'	'Vik 2020'	
	average	average	minimum-maximum
CBDV	0.001 ± 0.0010	0.003 ± 0.0011	0.0000–0.0138
CBD	0.021 ± 0.0085	0.018 ± 0.0080	0.0000–0.0658
CBC	0.007 ± 0.0016	0.012 ± 0.0027	0.0000–0.0523
THC	0.003 ± 0.0012	0.005 ± 0.0012	0.0000–0.0124
CBG	0.002 ± 0.0010	1.034 ± 0.0323*	0.8538–1.2242

*Significant difference at a significance level of 0.05.

As evidenced by the results of thin layer chromatography of cannabinoid compounds, CBG accumulated mainly in the acid form – CBGA, and to a lesser extent as a neutral compound, consistent with the theory that this substance is a precursor for the synthesis of CBDA, THCA, and CBCA. R_f CBG on average was 0.68 (Fig. 1). As a result of decarboxylation of acidic forms of cannabinoids into neutral compounds during gas-liquid chromatography combustion, CBGs have been identified.

In addition, a significant weak negative relationship was found between the signs of CBG and CBDV, CBG and CBC, CBG and THC content. Pair correlation coefficients are -0.17; -0.11 and -0.23, respectively. Positive for breeding science and production is the actual absence of a relationship between non-psychoactive CBG and psychotropic THC. On the one hand, there are prerequisites for a further increase in the CBG content without a rapid increase in the THC content, and on the other hand, there is the possibility of multiplying the variety in the seed production system in a number of successive generations without exceeding the THC level permitted by the current legislation (0.08%). We assume that the process of biosynthesis of cannabinoid compounds is interrupted in the created variety of industrial hemp for medical use. In this case, the inactivated corresponding synthases con-

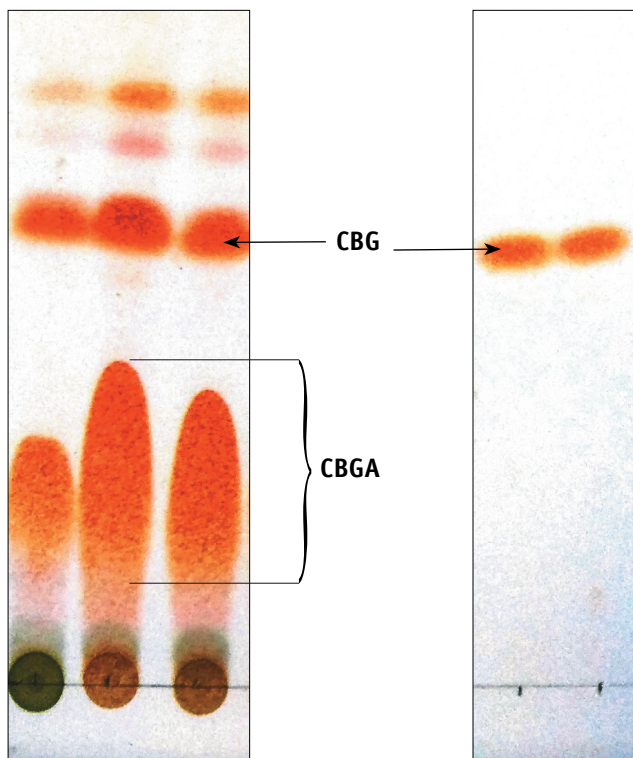


Fig. 1. Manifestation of CBG and CBGA on chromatographic plates

vert CBGA to CBDA or THCA, and therefore CBG predominantly accumulates. The presence of a significantly strong positive correlation between the CBG and CBD content trait ($r = 0.84$) in this cultivar indicates only the presence of both the B_D allele with a low degree of activity, since the CBD content is very scarce, and the B_0 allele (Table 2).

Table 2
Coefficients of pairwise correlation between the traits of the content of cannabinoid compounds in elite plants of the 'Vik 2020' variety

	CBD	CBC	THC	CBG
CBDV	-0.01	-0.16*	0.04	-0.17*
CBD	-	-0.26*	-0.16*	0.84*
CBC	-	-	0.00	-0.11*
THC	-	-	-	-0.23*

*Significant difference at a significance level of 0.05.

Cumulative graphs of the frequency distribution of the cannabinoid content trait values show that the lion's share of plants (40.0%) was characterized by the absence of THC and their scanty amounts, which did not exceed 0.0012%. Basically, the level of expression of the trait of THC content was within the classes 0.0000–0.0049 and 0.0087–0.0124%, and CBG content was within 0.8538–1.0390 and 1.1131–1.2242% (Fig. 2 & 3). A negative kurtosis coefficient was revealed for both investigated traits, which is generally positive for breeding

and primary seed production, since there are prerequisites for selecting elite (parental) plants with a high CBG content and the absence of THC.

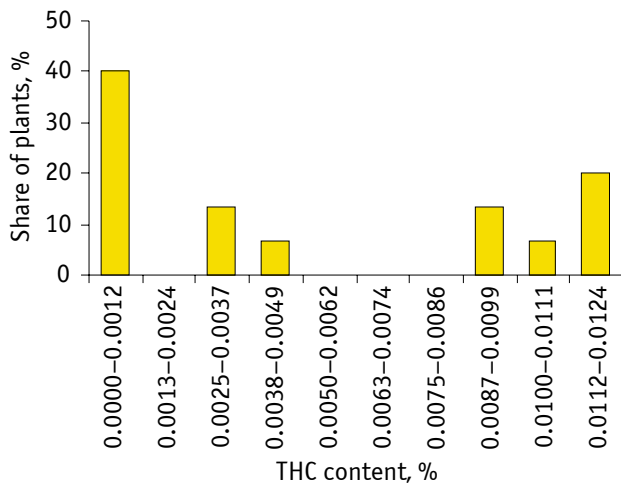


Fig. 2. Cumulative graph of the frequency distribution of the values of the THC content trait in elite plants of 'Vik 2020' variety (average for 2019 and 2020)

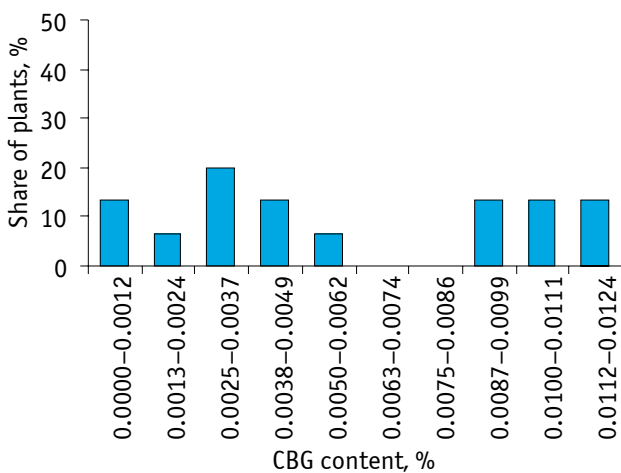


Fig. 3. Cumulative graph of the frequency distribution of the values of the CBG content trait in elite plants of 'Vik 2020' variety (average for 2019 and 2020)

Variety 'Vik 2020' belongs to the Central European ecological-geographical type. The growing period to biological maturity (BBCH 89), according to the average data of three-year studies, was 116 days. It is recommended for cultivation in order to obtain seeds, relatively high-quality fiber and, potentially, for the purpose of obtaining leaves and inflorescences as raw materials for the pharmaceutical industry, but only in case of changes in the legislation of Ukraine regarding the use of hemp for the manufacture of medicines and application in medical practice. According to the results of competitive variety testing when growing to obtain fiber and seeds (for double-sided use),

the variety combines short stature, namely, the indicators of the total (206.4 cm) and technical length of the stem (135.6 cm) are significantly less than in the standard variety, with significantly higher indicators of the inflorescence length (70.8 cm), which determine the formation of a significant biomass suitable for use on for pharmaceutical purposes, and seed yield (0.98 t/ha). The total fiber yield is, like that of the 'Hliana' variety, 29.0%, but it is characterized by high quality and processing value: linear density – 45.5 tex, breaking load – 32.0 dan, fiber number – 5.0, fiber grade – elite (Table 3).

The sex structure of 'Vik 2020' variety is dominated by a monoecious feminised pistillate (approximately 77.5% of the total number of sexual types), which has a compact inflorescence (predominantly diamond-shaped) and more than 75% of female flowers in it. This sexual type is the most productive and stable in terms of monoeciousness. Monoecious staminate hemp (male plants), which is a destabilizer of the signs of monoecious, is absent. Resistance to damage by pests and pathogens at the level of the standard variety is from medium to high. The variety is resistant to seed shedding. It is characterized by the content of THC within the limits permitted by the current legislation [according to the conclusion No. 19/11/2-13-ED/20 dated 11.11.2020 of the State Research Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine (Kyiv) within the sensitivity of the gas-liquid chromatograph and applied research methods].

Included in the State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine since 2021 [26], 'Vik 2020' industrial hemp variety is competitive, as evidenced by the results of a comparative competitive variety trial and characteristics of a number of monoecious non-psychoactive hemp created at the Institute of Bast Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine [21, 22, 27, 28]. It is also advisable to grow this variety in order to obtain a non-psychoactive compound – CBG, but the use of leaves, inflorescences or corresponding preparations in medical practice has not yet been regulated and prohibited by the current legislation of Ukraine, therefore, the possibilities of 'Vik 2020' variety are potential. There is a hope that in the future, when the legislation changes, it will occupy its niche in the hemp and pharmaceutical markets of Ukraine, and the development of the new breeding direction will continue.

Table 3

Valuable economic traits of the 'Vik 2020' variety, compared to 'Hliana' standard variety (average for 2017–2019)

Traits	The level of traits manifestation in varieties	
	'Hliana'	'Vik 2020'
Productivity and its elements:		
– stems, t/ha	6.59	5.37
– seeds, t/ha	0.72	0.98*
Vegetation period, days	113	116
Total stem length, cm	233.1	206.4*
Technical stem length, cm	168.8	135.6*
Inflorescence length, cm	64.3	70.8*
Fiber quality:		
– fiber yield, %	29.0	29.0
– linear density, tex	64.8	45.5*
– breaking load, dan	23.6	32.0*
– fiber number	4.1	5.0
– fiber grade	nongraded	elite
Resistance against biotic factors:		
– flea beetle, ball	5	5
– European corn borer, ball	7	7
– Fusarium wilt, ball	7	7
– dendrofomosis, ball	5	5
Resistance to abiotic factors:		
– seed shedding, ball	5	7
– lodging, ball	7	7
Sexual structure of the population:		
– content of monoecious feminised pistillate, %	77.2	77.5
– content of monoecious staminate hemp, %	0	0

*Significant difference at the significance level of 0.05.

Conclusions

The efficiency of using self-pollinating lines in the breeding process with their subsequent combining into a synthetic population and improving selection has been proved on the example of a new variety of industrial hemp 'Vik 2020' with an increased content of CBG and the absence of psychotropic properties.

References

- Rodziewicz, P., Loroch, S., Marczak, Ł., Kayser, O., & Sickmann, A. (2019). Cannabinoid synthases and osmoprotective metabolites accumulate in the exudates of *Cannabis sativa* L. glandular trichomes. *Plant Sci.*, 284, 108–116. doi: 10.1016/j.plantsci.2019.04.008
- Mahlberg, P. G., & Kim, E. S. (2004). Accumulation of cannabinoids in glandular trichomes of *Cannabis* (Cannabaceae). *J. Ind. Hemp*, 9(1), 15–36. doi: 10.1300/J237v09n01_04
- Happyana, N., Agnolet, S., Muntendam, R., van Dam, A., Schneider, B., & Kayser, O. (2013). Analysis of cannabinoids in laser-microdissected trichomes of medicinal *Cannabis sativa* using LCMS and cryogenic NMR. *Phytochemistry*, 87, 51–59. doi: 10.1016/j.phytochem.2012.11.001
- Zirpel, B., Kayser, O., & Stehle, F. (2018). Elucidation of structure-function relationship of THCA and CBDA synthase from *Cannabis sativa* L. *J. Biotechnol.*, 284, 17–26. doi: 10.1016/j.jbiotec.2018.07.031
- Taura, F., Tanaya, R., & Sirikantaramas, S. (2019). Recent advances in cannabinoid biochemistry and biotechnology. *ScienceAsia*, 45(5), 399–407. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2019.45.399
- Sirikantaramas, S., Taura, F., Tanaka, Y., Ishikawa, Y., Morimoto, S., & Shoyama, Y. (2005). Tetrahydrocannabinolic acid synthase, the enzyme controlling marijuana psychoactivity, is secreted into the storage cavity of the glandular trichomes. *Plant Cell Physiol.*, 46(9), 1578–1582. doi: 10.1093/pcp/pci166
- Taura, F., Sirikantaramas, S., Shoyama, Y., Yoshikai, K., Shoyama, Y., & Morimoto, S. (2007). Cannabidiolic-acid synthase, the chemotype-determining enzyme in the fiber-type *Cannabis sativa*. *FEBS Letters*, 581(16), 2929–2934. doi: 10.1016/j.febslet.2007.05.043
- Morimoto, S., Komatsu, K., Taura, F., & Shoyama, Y. (1998). Purification and characterization of cannabichromenic acid synthase from *Cannabis sativa*. *Phytochemistry*, 49(6), 1525–1529. doi: 10.1016/S0031-9422(98)00278-7
- de Meijer, E. P., Bagatta, M., Carboni, A., Crucitti, P., Moliterni, V. M., Ranalli, P., & Mandolino, G. (2003). The inheritance of chemical phenotype in *Cannabis sativa* L. *Genetics*, 163(1), 335–346. doi: 10.1093/genetics/163.1.335
- Weiblen, G. D., Wenger, J. P., Craft, K. J., ElSohly, M. A., Mehmedic, Z., Treiber, E. L., & Marks, M. D. (2015). Gene duplication and divergence affecting drug content in *Cannabis sativa*. *New Phytol.*, 208(4), 1241–1250. doi: 10.1111/nph.13562
- Garfinkel, A. R., Otten, M., & Crawford, S. (2021). SNP in potentially defunct tetrahydrocannabinolic acid synthase is a marker for cannabigerolic acid dominance in *Cannabis sativa* L. *Genes*, 12, 228. doi: 10.3390/genes12020228
- Yang, R., Berthold, E. C., McCurdy, C. R., da Silva Benevenuto, S., Brym, Z. T., & Freeman, J. H. (2020). Development of cannabinoids in flowers of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.): a pilot study. *J. Agric. Food Chem.*, 68(22), 6058–6064. doi: 10.1021/acs.jafc.0c01211
- Rong, C., Lee, Y., Carmona, N. E., Cha, D. S., Ragguett, R.-M., Rosenblat, J. D., ... McIntyre, R. S. (2017). Cannabidiol in medicinal marijuana: research vistas and potential opportunities. *Pharmacol. Res.*, 121, 213–218. doi: 10.1016/j.phrs.2017.05.005

14. Deiana, S. (2017). Potential medical uses of cannabigerol: a brief overview. In V. R. Preedy (Ed.), *Handbook of Cannabis and Related Pathologies: Biology, Pharmacology, Diagnosis, and Treatment* (pp. 958–967). Cambridge, MA: Academic Press. doi: 10.1016/B978-0-128007563.00115-0
 15. Zagožen, M., Čerenak, A., & Kreft, S. (2021). Cannabigerol and cannabichromene in *Cannabis sativa* L. *Acta Pharm.*, 71(3), 355–364. doi: 10.2478/acph-2021-0021
 16. Lah, T. T., Novak, M., Pena Almidon, M. A., Marinelli, O., Žvar Baškovič, B., Majc, B., ... Nabissi, M. (2021). Cannabigerol is a potential therapeutic agent in a novel combined therapy for glioblastoma. *Cells*, 10(2), 340. doi: 10.3390/cells10020340
 17. Giacomo, V., Chiavaroli, A., Orlando, G., Cataldi, A., Rapino, M., Valerio, V., ... Ferrante, C. (2020). Neuroprotective and neuromodulatory effects induced by cannabidiol and cannabigerol in rat Hypo-E22 cells and isolated hypothalamus. *Antioxidants*, 9(1), 71. doi: 10.3390/antiox9010071
 18. Giacomo, V., Chiavaroli, A., Recinella, L., Orlando, G., Cataldi, A., Rapino, M., ... Ferrante, C. (2020). Antioxidant and neuroprotective effects induced by cannabidiol and cannabigerol in rat CTX-TNA2 astrocytes and isolated cortexes. *Int. J. Mol. Sci.*, 21(10), 3575. doi: 10.3390/ijms21103575
 19. Nachnani, R., Raup-Konsavage, W. M., & Vrana, K. E. (2021). The pharmacological case for cannabigerol. *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, 376(2), 204–221. doi: 10.1124/jpet.120.000340
 20. Aqawi, M., Sionov, R. V., Gallily, R., Friedman, M., & Steinberg, D. (2021). Anti-bacterial properties of cannabigerol toward *Streptococcus mutans*. *Front. Microbiol.*, 12, 656471. doi: 10.3389/fmicb.2021.656471
 21. Pylypchenko, A. V., Orlov, M. M., Shkurdoda, S. V., Pasichnyk, V. V., & Korol, K. P. (2018). Results of technical hemp breeding to increase the content of cannabigerol. *Visnik HNAU. Seriâ Roslinnictvo, selekciâ i nasinnictvo, plodoovočivnictvo i zberigannâ* [The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Crop production, breeding and seed production, horticulture], 1, 126–134. [in Ukrainian]
 22. Mishchenko, S. V. (2020). *Teoretychni i praktychni osnovy vykorystannia inbrydnyhu i hibrizyatsii v selektsii konopel* [Theoretical and practical basics of using inbreeding and hybridization in hemp breeding] (Extended Abstract of Dr. Agric. Sci. Diss.). Plant Production Institute nd. a. V. Ya. Yuriiev of NAAS, Kharkiv, Ukraine. [in Ukrainian]
 23. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2017). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy tekhnichnykh ta kormovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methods of examination of plant varieties group of technical and feed on suitability for dissemination in Ukraine]. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
 24. Mishchenko, S., Mokher, J., Laiko, I., Burbulis, N., Kyrychenko, H., & Dudukova, S. (2017). Phenological growth stages of hemp (*Cannabis sativa* L.): codification and description according to the BBCH scale. *Žemės ūkio mokslai*, 24(2), 31–36. doi: 10.6001/zemesukiomokslai.v24i2.3496
 25. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodyka polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. (5nd ed., rev. and enl.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
 26. *Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini u 2021 rotsi* [State register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2021]. (2021). Retrieved from <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin> [in Ukrainian]
 27. Kyrychenko, H. I., Laiko, I. M., Vyrovets, V. H., & Mishchenko, S. V. (2018). Results of competitive variety testing of new hemp varieties. *Lub'ani ta tehnični kulturi* [Bast and Technical Crops], 6(11), 14–20. doi: 10.48096/btc.2018.6(11).14-20 [in Ukrainian]
 28. Mishchenko, S. V., Kyrychenko, H. I., & Laiko, I. M. (2021). A new variety of industrial hemp 'Artemida' for universal use with a high oil content and fiber quality. *Plant Var. Stud. Prot.*, 17(1), 43–50. doi: 10.21498/2518-1017.17.1.2021.228208 [in Ukrainian]
- ### Використана література
1. Rodziewicz P., Lorocho S., Marczak Ł. et al. Cannabinoid synthases and osmoprotective metabolites accumulate in the exudates of *Cannabis sativa* L. glandular trichomes. *Plant Sci.* 2019. Vol. 284. P. 108–116. doi: 10.1016/j.plantsci.2019.04.008
 2. Mahlberg P. G., Kim E. S. Accumulation of cannabinoids in glandular trichomes of *Cannabis* (Cannabaceae). *J. Ind. Hemp.* 2004. Vol. 9, Iss. 1. P. 15–36. doi: 10.1300/J237v09n01_04
 3. Happyana N., Agnolet S., Muntendam R. et al. Analysis of cannabinoids in laser-microdissected trichomes of medicinal *Cannabis sativa* using LCMS and cryogenic NMR. *Phytochemistry.* 2013. Vol. 87. P. 51–59. doi: 10.1016/j.phytochem.2012.11.001
 4. Zirpel B., Kayser O., Stehle F. Elucidation of structure-function relationship of THCA and CBDA synthase from *Cannabis sativa* L. *J. Biotechnol.* 2018. Vol. 284. P. 17–26. doi: 10.1016/j.jbiotec.2018.07.031
 5. Taura F., Tanaya R., Sirikantaramas S. Recent advances in cannabinoid biochemistry and biotechnology. *ScienceAsia.* 2019. Vol. 45, Iss. 5. P. 399–407. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2019.45.399
 6. Sirikantaramas S., Taura F., Tanaka Y. et al. Tetrahydrocannabinolic acid synthase, the enzyme controlling marijuana psychoactivity, is secreted into the storage cavity of the glandular trichomes. *Plant Cell Physiol.* 2005. Vol. 46, Iss. 9. P. 1578–1582. doi: 10.1093/pcp/pci166
 7. Taura F., Sirikantaramas S., Shoyama Y. et al. Cannabidiolic-acid synthase, the chemotype-determining enzyme in the fiber-type *Cannabis sativa*. *FEBS Letters.* 2007. Vol. 581, Iss. 16. P. 2929–2934. doi: 10.1016/j.febslet.2007.05.043
 8. Morimoto S., Komatsu K., Taura F., Shoyama Y. Purification and characterization of cannabichromenic acid synthase from *Cannabis sativa*. *Phytochemistry.* 1998. Vol. 49, Iss. 6. P. 1525–1529. doi: 10.1016/S0031-9422(98)00278-7
 9. Meijer E. P. de, Bagatta M., Carboni A. et al. The inheritance of chemical phenotype in *Cannabis sativa* L. *Genetics.* 2003. Vol. 163, Iss. 1. P. 335–346. doi: 10.1093/genetics/163.1.335
 10. Weiblen G. D., Wenger J. P., Craft K. J. et al. Gene duplication and divergence affecting drug content in *Cannabis sativa*. *New Phytol.* 2015. Vol. 208, Iss. 4. P. 1241–1250. doi: 10.1111/nph.13562
 11. Garfinkel A. R., Otten M., Crawford S. SNP in potentially defunct tetrahydrocannabinolic acid synthase is a marker for cannabigerolic acid dominance in *Cannabis sativa* L. *Genes.* 2021. Vol. 12. 228. doi: 10.3390/genes12020228
 12. Yang R., Berthold E. C., McCurdy C. R. et al. Development of cannabinoids in flowers of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.): a pilot study. *J. Agric. Food Chem.* 2020. Vol. 68, Iss. 22. P. 6058–6064. doi: 10.1021/acs.jafc.0c01211
 13. Rong C., Lee Y., Carmona N. E. et al. Cannabidiol in medical marijuana: research vistas and potential opportunities. *Pharmacol. Res.* 2017. Vol. 121. P. 213–218. doi: 10.1016/j.phrs.2017.05.005
 14. Deiana S. Potential medical uses of cannabigerol: a brief overview. *Handbook of Cannabis and Related Pathologies: Biology, Pharmacology, Diagnosis, and Treatment* / V. R. Preedy (Ed.). Cambridge, MA : Academic Press, 2017. P. 958–967. doi: 10.1016/B978-0-128007563.00115-0
 15. Zagožen M., Čerenak A., Kreft S. Cannabigerol and cannabichromene in *Cannabis sativa* L. *Acta Pharm.* 2021. Vol. 71, Iss. 3. P. 355–364. doi: 10.2478/acph-2021-0021
 16. Lah T. T., Novak M., Pena Almidon M. A. et al. Cannabigerol is a potential therapeutic agent in a novel combined therapy for glioblastoma. *Cells.* 2021. Vol. 10, Iss. 2. 340. doi: 10.3390/cells10020340
 17. Giacomo V., Chiavaroli A., Orlando G. et al. Neuroprotective and neuromodulatory effects induced by cannabidiol and cannabigerol in rat Hypo-E22 cells and isolated hypothalamus. *Antioxidants.* 2020. Vol. 9, Iss. 1. 71. doi: 10.3390/antiox9010071
 18. Giacomo V., Chiavaroli A., Recinella L. et al. Antioxidant and neuroprotective effects induced by cannabidiol and cannabigerol in rat CTX-TNA2 astrocytes and isolated cortexes. *Int. J. Mol. Sci.* 2020. Vol. 21, Iss. 10. 3575. doi: 10.3390/ijms21103575

19. Nachnani R., Raup-Konsavage W. M., Vrana K. E. The pharmacological case for cannabigerol. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 2021. Vol. 376, Iss. 2. P. 204–221. doi: 10.1124/jpet.120.000340
20. Aqawi M., Sionov R. V., Gallily R. et al. Anti-bacterial properties of cannabigerol toward *Streptococcus mutans*. *Front. Microbiol.* 2021. Vol. 12. 656471. doi: 10.3389/fmicb.2021.656471
21. Пилипченко А. В., Орлов М. М., Шкурдода С. В. та ін. Результати селекції технічних конопель щодо збільшення вмісту канабігеролу. *Вісник ХНАУ. Сер. : Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання.* 2018. Вип. 1. С. 126–134.
22. Міщенко С. В. Теоретичні і практичні основи використання інбридингу і гібридизації в селекції конопель : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук : спец. 06.01.05 «Селекція і насінництво» / Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Харків, 2020. 52 с.
23. Методика проведення експертизи сортів рослин групи технічних та кормових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця : ФОРМ Корзун Д. Ю., 2017. 74 с.
24. Mishchenko S., Mokher J., Laike I. et al. Phenological growth stages of hemp (*Cannabis sativa* L.): codification and description according to the BBCH scale. *Žemės ūkio mokslai.* 2017. Vol. 24, Iss. 2. P. 31–36. doi: 10.6001/zemesukiomokslai.v24i2.3496
25. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
26. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік (станом на 20.04.2021). URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>
27. Кириченко Г. І., Лайко І. М., Вировець В. Г., Міщенко С. В. Результати конкурсного сортопробування нових сортів конопель. *Луб'яні та технічні культури.* 2018. Вип. 6. С. 14–20. doi: 10.48096/btc.2018.6(11).14-20
28. Міщенко С. В., Кириченко Г. І., Лайко І. М. Новий сорт промислових конопель 'Артеміда' універсального напрямку господарського використання з підвищеним умістом олії та поліпшеною якістю волокна. *Plant Var. Stud. Prot.* 2021. Т. 17, № 1. С. 43–50. doi: 10.21498/2518-1017.17.1.2021.228208

УДК 633.522:631.52:577

Міщенко С. В.*, **Лайко І. М.**, **Кириченко Г. І.** Селекція промислових конопель із підвищеним умістом канабігеролу на прикладі сорту 'Вік 2020'. *Plant Varieties Studying and Protection.* 2021. Т. 17, № 2. С. 105–112. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236514>

*Інститут луб'яних культур НААН України, вул. Терещенків, 45, м. Глухів, Сумська обл., 41400, Україна, *e-mail: serhii-mishchenko@ukr.net*

Мета. Створити сорт промислових конопель середньо-європейського еколого-географічного типу універсального напрямку господарського використання з підвищеним умістом канабігеролу. **Методи.** Селекційні (самозапилення, створення синтетичних популяцій, добір), польові, біохімічні (тонкошарова та газорідина хроматографія канабіноїдних сполук), інструментально-технологічне оцінювання якості волокна, статистичні. **Результати.** У результаті синтетичної селекції створено сорт 'Вік 2020', рослини якого характеризуються підвищеним умістом канабігеролу ($1,034 \pm 0,0323\%$), що має низку лікувальних властивостей, і майже повною відсутністю інших вторинних метаболітів – канабідіварину, канабідіолу, канабіхромену і психотропного тетрагідроканабінолу ($0,003 \pm 0,0011$; $0,018 \pm 0,0080$; $0,012 \pm 0,0027$ і $0,005 \pm 0,0012\%$ відповідно). Ознака вмісту канабігеролу є досить стабільною в межах популяції і не взаємопов'язана з ознакою вмісту тетрагідроканабінолу ($r = -0,23$). Проведення тонкошарової хроматографії показало, що канабігерол накопичувався переважно у формі канабігеролової кислоти і меншою мірою як нейтральна сполука, що цілком узгоджується з теорією, згідно з якою ця речовина є попередником для синтезу інших канабіноїдів. За результатами конкурсного сортопробування в разі вирощування для отримання

волокна й насіння сорт поєднує низькорослість, а саме істотно нижчі порівняно із сортом-стандартом показники загальної (206,4 см) і технічної довжини стебла (135,6 см), з істотно вищими показниками довжини суцвіття (70,8 см), які детермінують формування значної біомаси, придатної для використання на фармацевтичні цілі, та врожайності насіння (0,98 т/га). Вихід загального волокна становив, як і в сорту-стандарту, 29,0%, але воно характеризувалося вищою якістю й технологічною цінністю за первинного перероблення. Сорт мав однорідну статеву структуру, стійкість до біо- та абіотичних чинників середовища. Вегетаційний період до біологічної стиглості (BBCH 89) – 116 діб. Рекомендований для вирощування з метою отримання насіння, якісного волокна й потенційно – канабігеролу (за умов зміни законодавства). **Висновки.** Доведено ефективність залучення до селекційного процесу самозапилених ліній із подальшим їх об'єднанням у синтетичну популяцію і поліпшувальним доббором на прикладі нового сорту промислових конопель 'Вік 2020', що характеризується підвищеним умістом канабігеролу й відсутністю психотропних властивостей.

Ключові слова: коноплі; культивар; самозапилення; добір; схрещування; канабіноїди; кореляція; продуктивність.

*Надійшла / Received 07.06.2021
Погоджено до друку / Accepted 17.06.2021*

Результати оцінювання самозапиленних скоростиглих ліній кукурудзи звичайної (*Zea mays* L.) за основними господарсько-цінними ознаками за двох строків сівби

М. С. Ольховик^{1*}, О. Л. Гайдаш¹, Ю. Ю. Купар¹, М. М. Таганцова²

¹ДУ Інститут зернових культур НААН України, вул. Вернадського, 14, м. Дніпро, 49000, Україна,
*e-mail: maksimusgall@ukr.net

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

Мета. Комплексне вивчення, добір, оцінювання й систематизація самозапиленних ліній кукурудзи звичайної (*Zea mays* L.), отриманих на базі матеріалу різної генетичної структури з кременистим та зубоподібним типом ендосперму, за основними господарсько-цінними показниками й ознаками скоростиглості з метою виділення найліпших генотипів для селекції ультраскоростиглих гібридів. **Методи.** Гібридизація, інцухт – у процесі створення вихідного матеріалу; візуальний – фенологічні спостереження; лабораторно-польовий – визначення морфо-біологічних ознак самозапиленних ліній кукурудзи; вимірювально-ваговий – визначення врожайності та метричних ознак рослин; математично-статистичні – визначення достовірності результатів, показників варіабельності ознак, кореляційної залежності ознак; дисперсійний аналіз; комплексне оцінювання морфо-біологічних та господарсько-цінних характеристик самозапиленних ліній кукурудзи найпоширеніших зародкових плазм. **Результати.** У результаті оцінювання самозапиленних ліній кукурудзи, створених на базі різних зародкових плазм, встановлено, що найвища врожайність зерна за обох строків сівби притаманна лініям від зародкової плазми Iodent; мінімальну збиральну вологість зерна мали лінії зародкових плазм Flint та Mix; найменша середня тривалість періоду сходи–цвітіння (50% чоловічих та жіночих суцвіть за обох строків сівби) властива лініям зародкової плазми Flint; стабільно високі значення показника «висота рослин» за оптимального строку сівби характерні для ліній кукурудзи змішаної зародкової плазми Mix, за пізнього строку – для ліній плазми Iodent. Стабільно високі значення показника «висота прикріплення качана» за обох строків сівби відзначено в ліній, які створені на основі плазми Iodent. **Висновки.** Лінії ДК239 (плазма Flint), ДК7174, ДК2285, ДК305, ДК2613 і ДК5568 (плазма Iodent), ДК2332 та ДК2659 (плазма Mix) були найбільш скоростиглими та найліпшими за комплексом господарсько-цінних ознак. Вони є перспективними для використання в селекції ультраскоростиглих гібридів кукурудзи, адаптованих до умов Степу України.

Ключові слова: кукурудза звичайна; самозапилені лінії; зародкова плазма; скоростиглість; урожайність зерна; збиральна вологість зерна.

Вступ

Сьогодні кукурудза (*Zea mays* L.) є однією з найбільш високопродуктивних та економічно конкурентноспроможних зернових культур, що обумовлює підвищений інтерес до неї агропромисловців [1, 2]. Водночас глобальні зміни клімату вносять певні зміни в агротехніку її вирощування. Зокрема спостерігається зміщення строків сівби та раніше збирання врожаю, збільшується щільність агроценозу. У виробництві набувають популярності нетрадиційні сівозміни, завдя-

ки яким можна отримати два врожаї на рік, серед набору гібридів кукурудзи надається перевага скоростиглим та ультраскоростиглим формам, які є менш ресурсомісткими [3].

Саме завдяки ультраскоростиглим гібридам кукурудзи можливо забезпечити стабільні врожаї у стресових кліматичних умовах зони Степу та впровадження раціональніших сівозмін.

Провідна роль у гетерозисній селекції належить вихідному матеріалу, контрастному за тривалістю вегетаційного періоду та відмітному за генетичним походженням. Доведено, що створення гібридів на базі генетично віддаленого гомозиготного матеріалу дасть змогу отримати комерційно успішні генотипи та забезпечити високі стабільні врожаї. Саме в цьому напрямі ведеться робота в гетерозисній селекції кукурудзи [4].

За наявності вихідного матеріалу кукурудзи, що належить до різних геноплазм, постає необхідність у його дослідженні в різних

Maksym Olkhovik
<https://orcid.org/0000-0002-7244-6090>
Oleksandr Haidash
<https://orcid.org/0000-0001-6736-0367>
Yulyia Kupar
<https://orcid.org/0000-0001-8637-2304>
Mayna Tahantsova
<https://orcid.org/0000-0003-3737-6477>

агротехнічних градієнтах, зокрема за оптимальних та пізніх строків сівби. Важливим питанням при цьому є коректне оцінювання ліній за комплексом господарсько-цінних ознак [5].

Ростові процеси рослин є досить важливими з погляду формування наземної маси та, як наслідок, максимальної продуктивності сільськогосподарських культур. Зв'язок висоти рослини, продуктивності й тривалості вегетаційного періоду обумовлений загальнобіологічними чинниками. Висота рослин відіграє важливу роль у формуванні адаптивного потенціалу та є важливим показником для характеристики селекційного матеріалу, оскільки, на думку деяких дослідників [6–9], вона має позитивну кореляційну залежність з урожайністю зерна. Черчель В. Ю. [10] відзначає, що оцінювання висоти рослин ліній являє інтерес, оскільки: по-перше, високорослі лінії, зазвичай, дають і високі гібриди, які в перспективі можуть вирощуватись і на силос; по-друге, варіабельність висоти рослин може слугувати індикатором посухостійкості селекційного матеріалу; по-третє, мала висота гібридів часто перешкоджає їх виробничому використанню, тому за селекції на скоростиглість рекомендується одночасно проводити добір високоросліших форм.

Тривалість вегетаційного періоду кукурудзи визначає можливість використання самозапиленних ліній у конкретних кліматичних умовах. Вона може змінюватись під впливом чинників зовнішнього середовища, як-от температура, рівень вологозабезпеченості, тривалість світлового дня, наявність елементів живлення рослин. Значний вплив на тривалість вегетаційного періоду та окремих його фенологічних фаз мають генотип рослини, умови й місце вирощування [11–13]. Установлено, що тривалість вегетаційного періоду, як загалом, так і окремих його фаз, не є сталою величиною й залежить від погодних умов та інших чинників.

Для визначення тривалості вегетаційного періоду найдоцільнішим є використання показників тривалості періодів «сходи–цвітіння 50% качанів» та «сходи–цвітіння 50% волотей», які досить легко й чітко фіксуються, не потребують значних затрат коштів і ресурсів та широко застосовуються в селекційній практиці [14–17].

Основною проблемою в селекції кукурудзи є поєднання в гібриді скоростиглості та врожайних властивостей. Підвищення врожайності зерна є головною метою будь-якої селекційної програми. Цей показник має кількісну природу успадкування і на його рівень

впливає генотип та екологічні чинники. Скоростиглість передбачає скорочення періодів формування й наливу зерна в генотипів кукурудзи, що призводить до низької вологості зерна під час збирання. Однак скорочення періоду наливу зерна негативно впливає на продуктивність гібрида, спричиняє зменшення лінійних розмірів качана й зернівки [18–20]. Визначено певну негативну кореляцію між часом досягання зерна кукурудзи та рівнем її врожайності [21].

У процесі створення скоростиглих гібридів південного еко типу поруч з такими ознаками, як стійкість до посухи й жару та висока насіннева продуктивність батьківських компонентів, важливе місце має низька вологість зерна під час збирання, яка є одним з головних складників скоростиглості, і в умовах постійного зростання цін на енергоресурси має значне економічне значення [22, 23].

Мета досліджень – комплексне вивчення, добір, оцінювання й систематизація самозапиленних ліній кукурудзи звичайної *Zea mays* L., отриманих на базі матеріалу різної генетичної структури з кременистим та зубоподібним типом ендосперму, за основними господарсько-цінними показниками й ознаками скоростиглості з метою виділення найліпших генотипів для селекції ультраскоростиглих гібридів.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили протягом 2016–2018 рр. в умовах дослідного господарства «Дніпро» ДУ Інститут зернових культур НААН України.

Досліджували три альтернативні групи ліній, які висівали у два строки: 14 кременистих, отриманих на основі плазми Flint (F2, ДК23, ДК200, ДК3527, ДК2073, ДК2275, ДК4538, ДК206А, ДК673, ДК2, ДК50-7, ДК541, ДК239, ДК2459), 16 зубоподібних – плазма Iodent (ДК744, ДК216, ДК714/195, МС555, ДК4173СВЗМ, ДК4172, ДК5568, ДК2637, ДК2613, ДК7174, ДК5534, ДК5510, МС381МВ, ДК2285, ДК305, МС252ВМ3со) та 17 ліній, які створені на базі змішування різних зародкових плазм (Міх) (ДК366, ДК212, ДК2659, ДК6356, ДКД9066, ДКДЗ, ДК6381, ДК2668, КГ232, ДК2323МВ, ДК3902, ДК2732, ДК367, ДК2332, ДК5, ДК129-4, ДК247). Оптимальний строк сівби – третя декада квітня – перша декада травня, пізній строк – друга декада травня. Досліди закладали відповідно до Методики проведення польових дослідів з кукурудзою [24]. Розмір ділянок – 5 м². Біометричні виміри проводили на 10 рослин

нах з ділянки. Вихідний матеріал вивчали за ознакою скоростиглості та господарсько-цінними показниками.

Метеорологічні умови в роки проведення досліджень (2016–2018 рр.) здебільшого були сприятливими для вирощування сільсько-господарських культур. Зокрема, у 2016 р. опадів випало на 60,7 мм більше норми – 332,7 мм. Максимальна їх кількість припала на третю декаду квітня, у другій декаді травня та липня дощі мали зливовий характер і розподілялися по області нерівномірно. Середньодобові температури на 2–9 °С перевищували норму й знаходилися в межах 24–32 °С, максимальна температура повітря досягала 35–40 °С.

Протягом вегетаційного періоду 2017 р. спостерігався певний дефіцит вологи. Опадів випало 250,9 мм (норма – 272 мм), дощі мали зливовий характер та розподілялися по області нерівномірно. Середньодобові температури повітря на 2–9 °С перевищували норму і знаходилися у межах 24–30 °С, максимальна температура повітря досягала 36–39 °С. З другої декади липня й до кінця серпня спостерігалася ґрунтова посуха.

Вегетація кукурудзи в регіоні протягом весняно-літнього періоду 2018 р. відбувалася переважно в умовах підвищених температур та значної нестачі опадів, що спостерігалася з початку вегетаційного періоду. Опадів випало 251,8 мм. Середньодобові температури повітря на 3–8 °С перевищували норму, максимальна температура майже щодня сягала 30–35 °С. З третьої декади травня й до кінця першої декади липня спостерігалася ґрунтова посуха. Інтенсивне накопичення тепла сприяло прискореному розвитку та скороченню міжфазних періодів, викидання волоті в кукурудзи відзначалося переважно в перших числах липня, на півтора-два тижні раніше багаторічних строків, а наприкінці першої декади липня розпочалося цвітіння волоті та качана.

Загалом погодні умови в роки досліджень були досить контрастними, що дало змогу коректно оцінити селекційний матеріал кукурудзи на адаптивність до умов степової зони України.

Результати досліджень

Найсприятливішим для вирощування кукурудзи був 2017 рік. Зокрема, середня висота рослин за обох строків сівби була найбільшою і становила 162,5 та 161,0 см відповідно (табл. 1). При цьому відзначено найменшу різницю цього показника за умов пізнього строку сівби, яка становила лише 1,5 см.

Максимальне значення показника висоти рослин у роки досліджень за оптимального строку сівби виявлено в генотипів Міх (162,9 см), за пізнього строку – в Iodent (158,4 см). Слід зазначити, що в інбредних ліній плазми Iodent за пізньої сівби спостерігалася найменша депресія досліджуваного показника, що вказує на їхню стабільність. Також слід наголосити на відсутності достовірної різниці між висотою рослин за умов оптимального та пізнього строків сівби.

Щодо показника висоти прикріплення качана, то найбільшим за обох строків сівби він був у генотипів плазми Iodent: 51,2 см за оптимального та 56,7 см за пізнього строків сівби. Відзначено відсутність достовірної різниці між середньою висотою прикріплення качана за оптимального та пізнього строків сівби.

Упродовж років досліджень розмах варіювання ознаки «висота прикріплення качана» в усіх груп ліній був більшим, ніж ознаки «висота рослин»: коефіцієнти варіації – 17,4–24,7% проти 7,9–13,9% відповідно. Це підтверджується й іншими дослідженнями, які вказують на значну варіабельність показника висота прикріплення качана.

Серед ліній плазми Flint найбільшою середньою висотою рослин за обох строків сівби відзначилася лінія ДК2073: 191,5 см за оптимального та 182,8 см за пізнього. Мінімальними значеннями показника характеризувалася лінія ДК206А – 123,5 та 121,8 см за строками сівби відповідно. За висотою прикріплення качана в цій групі ліній виділялися ДК4538 та ДК673 – понад 50 см за обох строків сівби, що важливо для механізованого збирання. За оптимального строку сівби максимальні середні значення висоти прикріплення продуктивного качана зафіксовано в лінії ДК4538 (62,3 см), мінімальні – у F2 (28,3 см); за пізнього строку – у ліній ДК50-7 (63,0 см) та ДК23 (33,2 см) відповідно.

Серед ліній плазми Iodent виділено МС381МВ, яка за обох строків сівби мала найвищу висоту рослин – 176,5 та 177,7 см відповідно. Мінімальне значення досліджуваного показника за оптимального строку сівби було зафіксовано в лінії ДК2613 (136,5 см), за пізнього – у ДК2285 (137,7 см).

За висотою прикріплення качана в групі плазми Iodent виділялися лінії ДК4173СВЗМ, ДК4172, ДК2637 та МС252ВМЗ, які за обох строків сівби мали її середнє значення понад 50 см. Найвищим цей показник був у лінії МС252ВМЗ (70,1 см за оптимального та 74,5 см за пізнього строків сівби), найнижчим за оптимального строку сівби – у лінії ДК2613 (41,3 см) та в ДК714/195 (38,8 см) за пізнього.

Варіювання показників «висота рослин» та «висота прикріплення качана» у самоzapилених ліній кукурудзи різних генетичних плазм

Показник	Плазма	2016 р.		2017 р.		2018 р.		Середнє		
		ОСС*	ПСС	ОСС	ПСС	ОСС	ПСС	ОСС	ПСС	
Висота рослин, см	$\bar{x} \pm t_{s(\bar{x})}$	Flint	155,7 ± 11,1	155,9 ± 9,8	156,5 ± 10,8	159,4 ± 9,4	154,9 ± 12,2	142,6 ± 9,9	155,7 ± 11,1	152,6 ± 9,2
		Iodent	158,7 ± 5,7	160,5 ± 7,0	162,0 ± 5,8	161,8 ± 7,4	155,4 ± 6,3	153,0 ± 6,4	158,7 ± 5,7	158,4 ± 6,2
		Mix	162,9 ± 11,2	153,6 ± 10,2	167,9 ± 11,1	161,6 ± 10,2	157,8 ± 11,5	153,1 ± 12,2	162,9 ± 11,2	156,1 ± 10,4
	Lim (min-max)	Flint	123,5– 191,5	124,5– 186,0	123,5– 185,5	124,5– 192,0	114,5– 198,0	116,5– 170,5	123,5– 191,5	121,8– 182,8
		Iodent	136,5– 176,5	137,0– 183,0	143,0– 181,0	137,0– 187,0	129,5– 175,5	131,0– 174,5	136,5– 176,5	137,7– 177,7
		Mix	111,0– 202,3	117,5– 207,0	116,0– 204,0	120,0– 194,0	106,0– 200,5	113,0– 204,0	111,0– 202,3	116,8– 201,7
	V, %	Flint	13,4	11,8	13,0	11,2	14,9	13,1	13,4	11,4
		Iodent	7,2	8,8	7,2	9,2	8,1	8,4	7,2	7,9
		Mix	14,3	13,9	13,8	13,1	15,2	16,5	14,3	13,9
Висота прикріплення качана, см	$\bar{x} \pm t_{s(\bar{x})}$	Flint	49,9 ± 5,8	56,1 ± 5,8	53,3 ± 7,0	51,4 ± 5,5	46,2 ± 4,9	42,1 ± 4,1	49,8 ± 5,5	49,8 ± 4,6
		Iodent	52,4 ± 3,4	64,0 ± 5,8	59,3 ± 3,8	56,1 ± 5,7	46,9 ± 4,0	50,0 ± 5,2	52,9 ± 3,6	56,7 ± 5,1
		Mix	50,6 ± 5,4	54,5 ± 6,6	59,4 ± 5,7	52,9 ± 6,7	43,4 ± 5,5	45,5 ± 5,7	51,2 ± 5,3	51,0 ± 6,0
	Lim (min-max)	Flint	28,3– 66,5	37,0– 72,0	22,5– 72,5	34,5– 75,0	28,0– 57,5	28,0– 54,5	28,3– 62,3	33,2– 63,0
		Iodent	41,3– 67,3	40,5– 80,5	47,5– 77,5	37,0– 78,5	35,0– 65,5	35,5– 65,5	41,3– 70,1	38,8– 74,5
		Mix	25,0– 67,0	25,0– 73,5	27,5– 74,5	22,0– 73,0	22,5– 65,0	20,0– 63,5	25,0– 68,2	25,0– 66,7
	V, %	Flint	21,9	19,4	24,7	20,4	19,9	18,6	21,0	17,4
		Iodent	13,1	18,4	12,9	20,4	17,3	21,1	13,8	18,3
		Mix	22,0	25,1	20,0	26,4	26,6	26,2	21,7	24,7

*Строки сівби: ОСС – оптимальний; ПСС – пізній.

Серед генотипів плазми Міх найбільш високорослою за обох строків сівби виявилася лінія ДК367 (202,3 см за оптимального та 201,7 см за пізнього строків). Слід зазначити, що вона була найвищою серед усього дослідженого матеріалу. Найменшим значенням показника «висота рослин» за обох строків сівби характеризувалася лінія ДК366 – 111,0 та 116,8 см відповідно.

За висотою прикріплення качана в цій групі ліній виділялися ДК 2659, ДК6381, ДК2668, ДК3902 та ДК367, у яких у середньому за три роки дослідження за обох строків сівби висота прикріплення качана перевищувала 50 см. Максимальне значення цього показника за оптимального строку сівби було в лінії ДК3902 (68,2 см), за пізнього – у ДК367 (66,7 см). Мінімальним середнім значенням висоти прикріплення качана за обох строків сівби відзначилася лінія ДК366 (25,0 см).

Установлено, що висота рослин тісно корелює з висотою прикріплення качана. Зокрема, за оптимального строку сівби коефіцієнт кореляції був достовірним та високим ($r = 0,70$), а

за пізнього строку він був дещо нижчим ($r = 0,68$).

Мінімальним значенням показників тривалості періодів «сходи–цвітіння 50% качанів» та «сходи–цвітіння 50% волотей» упродовж років дослідження за обох строків сівби характеризувалися лінії плазми Flint. Зокрема, за оптимального строку сівби цей показник становив 58,4 та 57,9 доби відповідно, за пізнього строку тривалість періоду «сходи–цвітіння 50% качанів» скоротилася до 50,6 доби, а періоду «сходи–цвітіння 50% волотей» – до 49,5 доби (табл. 2).

Максимальним значенням показника тривалості періоду «сходи–цвітіння 50% качанів» у роки дослідження за обох строків сівби відзначалися лінії плазми Iodent – 61,8 та 54,3 доби відповідно. Максимальне значення показника «тривалість періоду сходи–цвітіння 50% волотей» за обох строків сівби було відзначено в ліній плазми Міх – 60,9 та 53,7 доби відповідно. Слід зазначити, що різниця між тривалістю періодів «сходи–цвітіння 50% качанів» та «сходи–цвітіння 50% воло-

Таблиця 2

Варіювання показників «тривалість періоду сходи–цвітіння 50% качанів» та «тривалість періоду сходи–цвітіння 50% волотей» у самозапилених ліній кукурудзи різних генетичних плазм

Показник	Плазма	2016 р.		2017 р.		2018 р.		Середнє		
		ОСС*	ПСС	ОСС	ПСС	ОСС	ПСС	ОСС	ПСС	
Тривалість періоду сходи–цвітіння 50% качанів, діб	$\bar{x} \pm t_{s(\bar{x})}$	Flint	58,4 ± 1,8	48,4 ± 2,6	59,0 ± 2,1	51,6 ± 2,1	57,3 ± 1,9	51,3 ± 1,5	58,4 ± 1,8	50,6 ± 1,9
		Iodent	61,6 ± 0,8	51,9 ± 1,7	63,8 ± 1,1	55,4 ± 1,4	59,4 ± 0,9	55,1 ± 1,6	61,8 ± 0,8	54,3 ± 1,4
		Mix	60,8 ± 1,4	52,2 ± 2,1	62,9 ± 1,8	55,4 ± 1,8	59,2 ± 1,0	54,9 ± 1,4	61,1 ± 1,4	54,3 ± 1,5
	Lim (min-max)	Flint	51,0–64,0	40,0–55,0	51,0–66,0	41,0–57,0	52,0–63,0	45,0–55,0	51,0–64,0	42,0–55,0
		Iodent	59,0–64,0	45,0–58,0	60,0–68,0	52,0–60,0	57,0–63,0	50,0–62,0	59,0–64,0	50,0–59,0
		Mix	53,0–65,0	42,0–59,0	54,0–68,0	46,0–61,0	54,0–62,0	48,0–58,0	54,0–65,0	45,0–59,0
	V, %	Flint	5,7	10,0	6,7	7,8	6,3	5,5	5,8	7,1
		Iodent	2,7	6,7	3,4	5,1	2,9	5,8	2,7	5,2
		Mix	5,0	8,2	6,0	6,6	3,4	5,2	4,8	5,9
Тривалість періоду сходи–цвітіння 50% волотей, діб	$\bar{x} \pm t_{s(\bar{x})}$	Flint	58,3 ± 1,7	46,9 ± 2,2	58,8 ± 1,8	50,9 ± 1,9	56,2 ± 2,0	50,5 ± 1,4	57,9 ± 1,7	49,5 ± 1,7
		Iodent	60,6 ± 0,8	49,8 ± 1,7	62,3 ± 1,2	54,4 ± 1,1	57,9 ± 0,8	54,0 ± 1,5	60,4 ± 0,9	52,9 ± 1,3
		Mix	60,7 ± 1,4	51,4 ± 2,1	62,7 ± 1,7	55,4 ± 1,5	58,8 ± 1,1	54,1 ± 1,5	60,9 ± 1,4	53,7 ± 1,5
	Lim (min-max)	Flint	52,0–65,0	39,0–52,0	52,0–66,0	41,0–55,0	47,0–61,0	45,0–54,0	50,0–64,0	42,0–53,0
		Iodent	58,0–64,0	46,0–59,0	58,0–67,0	51,0–58,0	55,0–62,0	50,0–60,0	58,0–63,0	49,0–58,0
		Mix	53,0–65,0	42,0–59,0	55,0–69,0	47,0–60,0	53,0–62,0	46,0–58,0	54,0–65,0	45,0–59,0
	V, %	Flint	5,5	9,0	5,7	7,1	6,8	5,4	5,6	6,5
		Iodent	2,8	6,8	4,0	4,1	3,0	5,6	3,0	5,0
		Mix	4,8	8,5	5,5	5,5	3,9	5,7	4,7	6,0

*Строки сівби: ОСС – оптимальний; ПСС – пізній.

тей» за оптимального та пізнього строків сівби була достовірною. Крім того, лінії плазми Flint за обох строків сівби відзначалися достовірно нижчими показниками тривалості періоду «сходи–цвітіння 50% качанів», що характеризує їх як найранньостигліші порівняно з лініями інших геноплазм. За ознакою «тривалість періоду сходи–цвітіння 50% волотей» достовірно нижчими показниками лінії плазми Flint відзначилися лише за умов пізнього строку сівби.

Максимальний розмах варіювання тривалості періоду «сходи–цвітіння 50% качанів» за оптимального строку сівби зафіксовано в ліній групи Flint (13,0 діб) та у групи Mix (11,0 діб). Мінімальним (5,0 діб) він був у ліній плазми Iodent, що свідчить про вищу стабільність ліній цієї групи за вирощування в умовах Степу. Це підтверджують і коефіцієнти варіації (5,8% – Flint; 4,8% – Mix; 2,7% – Iodent). На умови пізнього строку сівби лінії груп плазм Iodent та Mix реагували незначним збільшенням розмаху варіювання (до 9,0 та 14,0 діб відповідно) та збільшенням коефіцієнтів варіації (до 5,2 та 5,9% відповідно), що може свідчити про вияв пластичності ліній цих груп у несприятливих умовах вирощування.

Група ліній F2, ДК23, ДК239, ДК3527, ДК541, ДК2275, що створені на основі плазми Flint, характеризувалася найменшою тривалістю періоду «сходи–цвітіння 50% качанів» за обох строків сівби. За оптимального строку сівби цей показник варіював у

межах від 51 до 57 діб, за пізнього строку розмах варіювання дещо збільшився – від 42 до 50 діб. Мінімальними значеннями досліджуваного показника серед ліній усіх геноплазм за обох строків сівби відзначалася лінія ДК23 – у середньому 51,3 та 42,0 діб відповідно. Слід зазначити, що в лінії ДК23 за пізнього строку сівби качани зацвітали достовірно раніше порівняно з лінією-стандартом F2. Максимальним значенням досліджуваного показника (64,3 доби) за оптимального строку сівби відзначилася лінія ДК673, за пізнього – ДК2459 (55,0 діб).

У ліній плазми Flint за обох строків сівби переважав протерандричний тип цвітіння. Найменшу тривалість періоду «сходи–цвітіння 50% волотей» за обох строків сівби мала лінія ДК23 – 50,3 та 41,7 доби відповідно. Слід зазначити, що ця лінія за обох строків сівби характеризувалася достовірно нижчими значеннями досліджуваного показника порівняно з лінією-стандартом F2. Максимальною середньою тривалістю періоду «сходи–цвітіння 50% волотей» за оптимального строку сівби відзначалася лінія ДК673 (64,0 доби), за пізнього – ДК206А (53,3 доби).

Найскоростиглішими лініями серед плазми Iodent виявилися ДК7174, ДК2285, ДК305, ДК2613, ДК5568 та МС381МВ, які за обох строків сівби відзначалися середніми показниками тривалості періоду «сходи–цвітіння 50% качанів», що були нижчими за середній показник по популяції. За оптимального строку сівби цей показник варіював у межах

від 59,0 до 61,3 доби, за пізнього строку розмах варіювання дещо зменшився – 50,3–51,7 доби. Мінімальну тривалість періоду «сходи–цвітіння 50% качанів» за оптимального строку сівби відзначено в лінії ДК7174 (59,0 дб), за пізнього – у МС381МВ (50,3 доби). Максимальна тривалість періоду «сходи–цвітіння 50% качанів» за оптимального строку сівби була в лінії ДК2637 (64,0 доби), за пізнього – у ДК4172 (58,7 доби).

У ліній плазми Iodent за обох строків сівби переважав протерандричний тип цвітіння. Мінімальною тривалістю періоду «сходи–цвітіння 50% волотей» за оптимального строку сівби відзначалася лінія ДК714/195 (58,0 дб), за пізнього – ДК2613 (49,3 доби). Максимальну тривалість цього періоду за оптимального строку сівби зафіксовано в лінії ДК2637 (63,3 доби), за пізнього – у ДК4173СВЗМ (58,3 доби).

Серед ліній плазми Міх найшвидше виявилися ДК366, КГ232, ДК2332 та ДК2659. За обох строків сівби вони відзначалися середніми показниками тривалості періоду «сходи–цвітіння 50% качанів», що були нижчими, ніж у середньому по популяції. За оптимального строку сівби цей показник варіював у межах від 53,7 до 61,0 доби, за пізнього строку розмах варіації лишався майже незмінним – 45,2–52,3 доби. Мінімальним значенням показника тривалості періоду «сходи–цвітіння 50% качанів» за обох строків сівби відзначилася лінія ДК366 – 53,7 та 45,2 доби відповідно. Максимальним значенням показника за обох строків сівби відзначалася лінія ДКДЗ – 65,0 та 58,7 доби відповідно.

Лінії плазми Міх відзначилися незначним виявом протерандрії серед ліній усіх плазм за оптимального строку сівби. Проте за пізнього строку сівби кількість ліній із протерандричним типом цвітіння збільшилася й була на рівні з іншими плазмами. Мінімальною тривалістю періоду «сходи–цвітіння 50% волотей» серед ліній плазми Міх за обох строків сівби характеризувалася лінія ДК366 – 53,7 та 45,0 дб відповідно. Слід зазначити, що чоловічі суцвіття в неї за обох строків сівби зацвітали раніше порівняно з іншими лініями цієї групи. Максимальним значенням досліджуваного показника серед ліній плазми Міх за оптимального строку сівби відзначилася ДКДЗ (65,3 доби), за пізнього – ДК2668 (58,7 доби).

Показник «тривалість періоду сходи–цвітіння 50% качанів» тісно корелює з показником «тривалість періоду сходи–цвітіння 50% волотей». Упродовж років досліджень за обох строків сівби коефіцієнти кореляції були достовірними та стабільно високими ($r = 0,94$).

Найвищу середню врожайність за роки досліджень за обох строків сівби забезпечили лінії плазми Iodent – 3,14 і 1,51 т/га за оптимального та пізнього строків відповідно (табл. 3). Мінімальними значеннями середньої врожайності за обох строків сівби характеризувалися лінії плазми Flint – 1,73 т/га за оптимального та 0,96 т/га за пізнього. Слід зазначити, що на пізній строк сівби лінії всіх геноплазм реагували достовірним зниженням урожайності зерна.

Мінімальний середній рівень збиральної вологості зерна за обох строків сівби зафіксовано в ліній плазми Flint – 14,3 та 16,3% відповідно.

Серед ліній плазми Flint найвищий середній рівень урожайності за оптимального строку сівби відзначено в ДК2073 (2,92 т/га), за пізнього строку максимальну врожайність зерна зафіксовано в ДК50-7 (1,36 т/га). Мінімальну збиральну вологість зерна серед ліній цієї групи за обох строків сівби зафіксовано в лінії ДК2459 – 13,4% за оптимального та 14,1% за пізнього строку, а максимальну – у ДК2275 – 17,1 та 18,5% відповідно. Окремо слід виділити лінії ДК239, ДК673, ДК50-7, ДК2459 та ДК2073, які за обох строків сівби забезпечили найвищу середню врожайність за три роки досліджень та відзначилися показниками врожайності зерна, достовірно вищими порівняно з лінією-стандартом F2 (табл. 4).

Серед ліній плазми Iodent найвищим рівнем урожайності в середньому за роки дослідження за оптимального строку сівби відзначалася лінія ДК7174 – 4,96 т/га, за пізнього – ДК5568 – 2,72 т/га. Слід зазначити, що це були найвищі значення показника врожайності серед досліджуваного матеріалу. Мінімальна збиральна вологість зерна у цій групі за оптимального строку сівби була в лінії МС555 – 13,6%, за пізнього – в МС381МВ – 15,2%. Максимальною збиральною вологістю зерна за умов обох строків сівби відзначилася лінія ДК2285: 15,9% за оптимального та 18,5% за пізнього строків сівби. Також максимальним значенням досліджуваного показника за пізнього строку сівби відзначалася лінія ДК216. Окремо слід виділити лінії ДК2285, ДК2613, ДК305, ДК5510, ДК5568, МС252ВМЗ та ДК7174, які за обох строків сівби забезпечили найвищу середню врожайність за три роки досліджень. Слід зазначити, що лінії МС252ВМЗ та ДК7174 за оптимального строку сівби відзначалися достовірно вищими показниками врожайності зерна порівняно з лінією-стандартом ДК744.

Варіювання показників урожайності та вологості зерна на час збирання
в самозапилених ліній кукурудзи різних генетичних плазм

Показник	Плазма	2016 р.		2017 р.		2018 р.		Середнє		
		ОСС*	ПСС	ОСС	ПСС	ОСС	ПСС	ОСС	ПСС	
Урожайність зерна, т/га	$\bar{x} \pm t_{s(\bar{x})}$	Flint	1,60 ± 0,53	0,55 ± 0,14	1,92 ± 0,49	1,34 ± 0,27	1,67 ± 0,43	1,00 ± 0,15	1,73 ± 0,44	0,96 ± 0,15
		Iodent	3,09 ± 0,71	0,98 ± 0,35	3,21 ± 0,52	2,11 ± 0,36	3,13 ± 0,59	1,45 ± 0,34	3,14 ± 0,59	1,51 ± 0,32
		Mix	2,22 ± 0,53	0,63 ± 0,20	2,75 ± 0,45	1,54 ± 0,31	2,53 ± 0,47	1,10 ± 0,21	2,50 ± 0,46	1,09 ± 0,20
	Lim (min-max)	Flint	0,52– 3,30	0,26– 1,15	0,47– 3,37	0,46– 2,11	0,52– 2,85	0,37– 1,38	0,54– 2,94	0,38– 1,33
		Iodent	0,52– 5,55	0,16– 2,55	0,82– 5,04	0,10– 2,93	0,64– 4,93	0,13– 2,64	0,66– 5,00	0,13– 2,64
		Mix	0,27– 3,79	0,15– 1,64	0,88– 4,49	0,38– 2,52	0,56– 4,14	0,29– 1,85	0,57– 4,06	0,39– 1,89
	V, %	Flint	62,24	48,16	47,05	37,06	48,30	27,52	47,82	28,02
		Iodent	45,91	70,41	32,32	34,38	37,42	46,47	37,35	42,55
		Mix	49,23	64,35	33,87	41,75	37,96	39,79	37,55	38,19
Збиральна вологість зерна, %	$\bar{x} \pm t_{s(\bar{x})}$	Flint	15,5 ± 0,4	17,1 ± 1,0	13,0 ± 0,6	15,6 ± 0,5	14,3 ± 0,5	16,1 ± 0,8	14,3 ± 0,5	16,3 ± 0,7
		Iodent	15,8 ± 0,4	18,1 ± 0,7	13,3 ± 0,7	15,7 ± 0,5	14,6 ± 0,3	17,0 ± 0,4	14,6 ± 0,3	16,9 ± 0,4
		Mix	15,6 ± 0,3	17,4 ± 0,5	13,1 ± 0,3	15,7 ± 0,6	14,3 ± 0,3	16,5 ± 0,4	14,3 ± 0,3	16,6 ± 0,4
	Lim (min-max)	Flint	14,7– 17,7	14,8– 21,1	12,2– 16,7	13,4– 17,3	13,5– 17,0	14,0– 18,9	13,4– 17,1	14,1– 18,6
		Iodent	14,5– 17,6	16,1– 21,7	12,0– 16,2	14,3– 17,4	13,6– 15,7	15,2– 18,6	13,7– 15,9	15,2– 18,5
		Mix	14,8– 17,4	15,6– 20,2	12,2– 14,4	14,0– 19,0	13,5– 15,8	15,0– 18,6	13,5– 15,9	15,4– 18,3
	V, %	Flint	4,6	10,7	8,9	6,1	6,1	9,1	6,3	7,7
		Iodent	4,8	8,2	9,8	5,7	4,1	5,0	4,6	5,2
		Mix	4,2	6,4	5,1	7,5	3,8	5,3	3,7	4,9

*Строки сівби: ОСС – оптимальний; ПСС – пізній.

Серед ліній плазми Міх найвищий середній рівень урожайності за оптимального строку сівби забезпечила лінія ДК2668 – 4,06 т/га, за пізнього – ДК367 – 1,92 т/га. Мінімальну збиральну вологість зерна у цій групі за оптимального строку сівби – 13,5% – показала лінія-стандарт ДК366, за пізнього – ДК2323МВ – 15,4%. Максимальна збиральна вологість зерна серед ліній цієї плазми за оптимального строку сівби була зафіксована в лінії ДК2668 – 15,9%, за пізнього – у ДК 247 – 18,3%. Окремо слід виділити лінії ДКДЗ, ДК6356, ДК367, ДК2332, ДК129-4, ДК2659, ДК247, ДК6381 та ДК2668, які за обох строків сівби забезпечили найвищу середню врожайність за три роки досліджень. Лінії ДК6381, ДК6356, ДК2659, ДК2668 та ДК367 за обох строків сівби відзначалися достовірно вищими показниками врожайності зерна порівняно з лінією-стандартом ДК366.

Виявлено взаємозв'язки між урожайністю та іншими господарсько-цінними ознаками

досліджуваного матеріалу. Зокрема, коефіцієнт кореляції між урожайністю та вологістю зерна за обох строків сівби був незначним та недостовірним за обох строків сівби ($r = 0,13$ і $0,14$ відповідно). Між урожайністю зерна та висотою рослин за обох строків сівби він був середнім та достовірним ($r = 0,42$ за оптимального та $r = 0,36$ за пізнього строків). Аналогічний взаємозв'язок був між урожайністю зерна та висотою прикріплення качана – $r = 0,54$ за оптимального та $r = 0,39$ за пізнього строків сівби. Кореляційний зв'язок між ознаками «врожайність зерна» та «тривалість періоду сходи-цвітіння 50% качанів» за оптимального строку сівби був середнім та достовірним ($r = 0,39$), проте за пізнього строку він був недостовірним та становив лише $r = 0,03$. Кореляційний зв'язок між ознаками «збиральна вологість зерна» та «тривалість періоду сходи-цвітіння 50% качанів» був слабким та недостовірним як за оптимального ($r = 0,20$), так і пізнього ($r = 0,17$) строків сівби.

**Урожайність зерна ліпших інбредних ліній різних генетичних груп
за двох строків сівби, т/га**

Лінія	Урожайність зерна, т/га							
	Оптимальний строк сівби				Пізній строк сівби			
	2016 р.	2017 р.	2018 р.	x*	2016 р.	2017 р.	2018 р.	x
Flint								
F2 st	0,95	0,47	0,82	0,74	0,33	0,48	0,39	0,40
ДК239	2,04	1,61	1,86	1,84	0,74	1,65	1,17	1,19
ДК673	0,88	3,27	1,96	2,04	0,57	1,70	1,06	1,11
ДК50-7	3,14	2,51	2,67	2,77	1,15	1,67	1,27	1,36
ДК2459	3,30	2,43	2,86	2,86	0,37	2,14	1,24	1,25
ДК2073	2,65	3,37	2,74	2,92	0,56	1,68	1,14	1,13
Iodent								
ДК744 st	2,88	3,54	3,40	3,28	1,38	2,78	1,96	2,04
ДК2285	3,19	2,94	3,16	3,10	1,05	2,44	1,59	1,69
ДК2613	3,52	2,87	3,00	3,13	1,11	2,28	1,54	1,64
ДК305	2,59	3,07	3,74	3,13	1,45	3,00	2,21	2,22
ДК5510	2,45	3,94	3,21	3,20	0,69	2,59	1,80	1,69
ДК5568	4,86	3,91	4,02	4,26	2,55	2,88	2,74	2,72
МС252ВМ3	5,55	4,51	4,73	4,93	1,66	2,17	2,13	1,99
ДК7174	5,03	5,04	4,83	4,96	1,71	2,59	1,87	2,06
Mix								
ДК366 st	0,34	0,88	0,58	0,60	0,44	0,39	0,44	0,42
ДКДЗ	2,35	2,47	2,23	2,35	0,45	1,93	1,17	1,19
ДК6356	2,74	2,07	2,44	2,42	1,01	1,53	1,21	1,25
ДК367	2,23	2,94	2,38	2,52	1,64	2,23	1,90	1,92
ДК2332	3,15	2,30	2,66	2,70	0,46	1,61	0,98	1,02
ДК129-4	2,56	3,07	3,12	2,91	0,16	2,51	1,25	1,31
ДК2659	2,98	3,16	2,70	2,95	1,10	2,18	1,66	1,65
ДК247	2,85	3,50	3,43	3,26	0,45	2,63	1,55	1,54
ДК6381	3,79	3,42	3,43	3,55	0,90	1,30	1,17	1,12
ДК2668	3,56	4,49	4,14	4,06	0,93	2,50	1,73	1,72
НІР _{0,05}	0,19	0,24	0,24	–	0,07	0,17	0,12	–

*x – середнє за роками.

Висновки

За результатами оцінювання самозапилених ліній кукурудзи різних геноплазм можна зазначити таке:

- найвищим рівнем урожайності відзначилися лінії групи Iodent за обох строків сівби;
- мінімальною вологістю зерна на час збирання характеризувалися лінії плазм Flint та Mix;
- найменшу середню тривалість періоду сходи–цвітіння 50% чоловічих та жіночих суцвіть за обох строків сівби мали лінії плазми Flint;
- стабільно високі показники висоти рослин за оптимального строку сівби відзначено у групі ліній плазми Mix, за пізнього – у ліній плазми Iodent;
- стабільно високі значення показника висоти прикріплення качана за обох строків сівби зафіксовано в ліній плазми Iodent;
- найскоростиглішими серед різних груп ліній були: F2, ДК23, ДК239, ДК3527, ДК541, ДК2275 – плазма Flint; ДК7174, ДК2285, ДК305, ДК2613, ДК5568, МС381МВ – Iodent;

ДК366, КГ232, ДК2332, ДК2659 – плазма Mix.

– найліпшими за комплексом господарсько-цінних ознак були лінії ДК239, ДК673, ДК50-7, ДК2459, ДК2073 (плазма Flint), ДК2285, ДК2613, ДК305, ДК5510, ДК5568, МС252ВМ3со, ДК7174 (Iodent), ДКДЗ, ДК6356, ДК367, ДК2332, ДК129-4, ДК2659, ДК247, ДК6381, ДК2668 (Mix). Вони є перспективними для використання в селекції гібридів кукурудзи, адаптованих до умов Степу України.

Використана література

1. Влащук А. М., Прищепо Н. Н., Колпакова А. С. Влияние приёмов агротехники на урожайность гибридов кукурузы различных групп спелости. *Вестник БГСХА*. 2017. № 4. С. 105–108.
2. Надь Я. Кукурудза. Вінниця : ФОРМ Корзун Д. Ю, 2012. 580 с.
3. Лавриненко Ю. А., Зинченко В. А. Селекционные аспекты снижения ресурсоёмкости продукции при выращивании кукурузы на зерно в южной Степи Украины. *Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы*. Майкоп : Адыгея, 1999. С. 341–345.
4. Лавриненко Ю. О., Нетреба О. О., Туровець В. М., Лашина М. В. Селекційна цінність вихідного матеріалу кукурудзи, отриманого на базі ліній, відмінних за групами стиглості в умовах

- зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство*. 2011. Вип. 55. С. 47–54.
5. Воскобойник О. В. Добір вихідного матеріалу за ознаками скоростиглості при селекції ранньостиглих гібридів кукурудзи : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.05 / Ін-т зернового госп-ва УААН. Дніпропетровськ, 2007. 18 с.
 6. Марченко Т. Ю., Лавриненко Ю. О., Михаленко І. В., Хоменко Т. М. Біометричні показники гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від обробки мікродобривами за умов зрошення. *Plant Var. Stud. Prot.* 2019. Т. 15, № 1. С. 71–79. doi: 10.21498/2518-1017.15.1.2019.162486
 7. Рябченко Є. М. Створення самоzapильних ліній кукурудзи плазми Ланкастер з використанням методу гаплоїдії : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.05 / ДУ Ін-т зернових культур НААН. Дніпро, 2016. 178 с.
 8. Федько М. М. Селекційна цінність ліній кукурудзи різних зародкових плазм при селекції посухо- та жаростійких гібридів для умов Степу України. *Теоретичні й практичні досягнення молодих вчених аграріїв* : матер. Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених (м. Дніпропетровськ, 11–12 квітня 2006 р.). Дніпропетровськ, 2006. С. 62–63.
 9. Лавриненко Ю. О. Мінливість кореляційних зв'язків між кількісними ознаками кукурудзи та їх селекційне значення. *Таврійський науковий вісник*. 2001. Вип. 17. С. 12–17.
 10. Черчель В. Ю., Антонюк С. П., Олешко А. А. Селекція скороспелых гибридов для Степи Украины. *Бюл. ИЗХ НААН*. 1997. № 35. С. 7–9.
 11. Манятина Л. А. Морфобиологическая характеристика мексиканских популяций кукурузы в условиях юга Украины. *Селекция и семеноводство кукурузы*. 1986. № 3. С. 41–48.
 12. Batty D. C. Facing the Reality of a Possible Hybrid Corn Extension. *Crops and Soils*. 1975. Vol. 21, No. 7. P. 16–18.
 13. Зозуля А. Л. Методы классификации гибридов и сортов кукурузы по вегетационному периоду. *Селекция и семеноводство*. 1988. № 5. С. 25–26.
 14. Чучмий И. П., Моргун В. В. Генетические основы и методы селекции скороспелых гибридов кукурузы. Киев : Наукова думка, 1990. 283 с.
 15. Томов Н. Некоторые проблемы селекции раннеспелых гибридов кукурузы. *Селекция и семеноводство раннеспелых гибридов кукурузы*. Кишинев : Штиинца, 1991. 240 с.
 16. Юнгхеймер Р. У. Кукуруза: улучшение, производство семян, использование. Москва : Колос, 1979. 519 с.
 17. Гурьев Б. П., Гурьева И. А. О генетическом потенциале зародышевой плазмы кукурузы и путях его использования в гетерозисной селекции. *Селекция и семеноводство*. 1976. № 19. С. 87–94.
 18. Сотченко Ю. В. Анализ признаков «урожай зерна» и «уборочная влажность зерна» при отборе гибридов кукурузы на скороспелость. *Кукуруза и сорго*. 2000. № 1. С. 7–18.
 19. Пинтер Я., Сунди Т., Ковач К. Основы создания сверххранних гибридов кукурузы. *Кукуруза и сорго*. 1995. № 2. С. 20–21.
 20. Чилашвили И. М. Оценка нового исходного материала для селекции ранних и среднеранних гибридов кукурузы. *Научный журнал КубГАУ*. 2012. № 79(05). С. 1–16. URL : <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/01.pdf>
 21. Garba L. L., Namu O. A. T. Productivity of maize hybrid maturity classes in savanna agro-ecologies in Nigeria. *Afr. Crop Sci. J.* 2013. Vol. 21, No. 4. P. 323–335.
 22. Дзюбецький Б. В., Черчель В. Ю., Марочко В. А. Формування ознаки «вологість» у скоростиглих гібридів кукурудзи. *Вісн. аграр. науки*. 2013. № 1. С. 41–44.
 23. Дзюбецький Б. В., Черчель В. Ю., Антонюк С. П. Селекція кукурудзи. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть* / В. В. Моргун (гол. ред.) та ін. Київ : Логос, 2001. Т. 2. С. 571–589.
 24. Лебідь Є. М., Циков В. С., Пашенко Ю. М. та ін. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
- ## References
1. Vlashchuk, A. M., Pryshchepo, N. N., & Kolpakova, A. S. (2017). The influence of agro-technical methods on the yield of corn hybrids of different maturity groups. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy], 4, 105–108. [in Russian]
 2. Nad, Y. (2012). *Kukurudza* [Maize]. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
 3. Lavrynenko, Yu. A., & Zinchenko, V. A. (1999). Breeding aspects of reducing the resource intensity of products at growing of grain maize in the Southern Steppe of Ukraine. In *Genetika, selektsiya i tehnologiya vzdelyvaniia kukuruzy* [Genetics, selection and maize cultivation technology]. Maykop: Adygeya. [in Russian]
 4. Lavrynenko, Yu. O., Netebe, O. O., Turovets, V. M., & Lashyna, M. V. (2011). Breeding value of maize initial material obtained based on lines of different maturity groups under the irrigation in Southern Ukraine. *Zroshuvane zemlerobstvo* [Irrigated Agriculture], 55, 47–54. [in Ukrainian]
 5. Voskoboinyk, O. V. (2007) *Dobir vykhidnoho materialu za oznakamy skorostykhlosti pry selektsii rannostyhykh hibrydiv kukurudzy* [The selection of initial material by short-season traits for breeding early maturity hybrids of maize] (Cand. Agric. Sci. Diss.). Institute of Grain Management of UAAS, Dnipropetrovsk, Ukraine. [in Ukrainian]
 6. Marchenko, T. Yu., Lavrynenko, Yu. O., Mykhalenko, I. V., & Khomenko, T. M. (2019). Biometric indices of corn hybrids of different FAO groups depending on microfertilizer treatment under irrigation conditions. *Plant Var. Stud. Prot.*, 15(1), 71–79. doi: 10.21498/2518-1017.15.1.2019.162486 [in Ukrainian]
 7. Riabchenko, Ye. M. (2016). *Stvorennia samozapylnykh liniy kukurudzy plazmy Lankaster z vykorystanniam metodu haploidi* [Creating of the self-pollinated lines of maize on the basis plasma Lancaster with using the haploid methods]. (Cand. Agric. Sci. Diss.). Institute of Grain Crops of NAAS, Dnipro, Ukraine. [in Ukrainian]
 8. Fedko, M. M. (2016). Breeding value of maize lines of different germplasm in selection of drought- and heat-resistant hybrids for Steppe of Ukraine. In *Teoretychni y praktychni dosiahnennia molodykh vchenykh ahraryiv: Materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf. molodykh vchenykh* [Theoretical and practical achievements of young scientists agrarians: Proc. Int. Sci.-Pract. Conf.] (pp. 62–63). April, 11–12, 2016, Dnipropetrovsk, Ukraine. [in Ukrainian]
 9. Lavrynenko, Yu. O. (2001). Variability of correlations between quantitative characteristics of maize and their breeding value. *Tavrijs'kij naukovij visnik* [Tavria Scientific Bulletin], 17, 12–17. [in Ukrainian]
 10. Cherchel, V. Yu., Antoniuk, S. P., & Oleshko, A. A. (1997). Selection of short-season hybrids for the Steppe of Ukraine. *Byulleten Institutu zernovogo khozyaystva UAAN* [Bulletin of Institute of Grain Farming of the UAAS], 35, 7–9. [in Russian]
 11. Maniatina, L. A. (1986). Morphobiological characteristics of Mexican maize populations in the South of Ukraine. *Selektsiya i semenovodstvo kukuruzy* [Breeding and seed production of maize], 3, 41–48. [in Russian]
 12. Batty, D. C. (1975). Facing the Reality of a Possible Hybrid Corn Extension. *Crops and Soils*, 21(7), 16–18.
 13. Zozulia, A. L. (1988). Methods for the classification of hybrids and varieties of maize by the growing season. *Selektsiya i semenovodstvo* [Plant Breeding and Seed Production], 5, 25–26. [in Russian]
 14. Chuchmyi, Y. P., & Morhun, V. V. (1990). *Geneticheskie osnovy i metody selektsii skorospelykh hibrydiv kukuruzy* [Genetic bases and breeding methods for short-season maize hybrids]. Kyiv: Naukova dumka. [in Ukrainian]
 15. Tomov, N. (1991). Some problems of selection for the early-season maize hybrids. In *Selektsiya i semenovodstvo rannespe-*

- lykh hibridov kukuruzy* [Breeding and seed production of early-season maize hybrids]. Chisinau: Shtiintsa. [in Russian]
16. Yugenkheimer, R. U. (1979). *Kukuruza: Uluchshenie, proizvodstvo semian, ispolzovanie* [Maize: Improvement, seed production, use]. Moscow: Kolos. [in Russian]
 17. Gurev, B. P., & Gureva, Y. A. (1976). On the genetic potential of the germplasm of maize and the ways of its use in heterosis breeding. *Selektsiya i semenovodstvo* [Plant Breeding and Seed Production], 19, 87–94. [in Russian]
 18. Sotchenko, Yu. V. (2000). Analysis of the traits “grain yield” and “harvest moisture content of grain” in the selection of maize hybrids for early maturity. *Kukuruza i sorgo* [Maize and sorghum], 1, 7–18. [in Russian]
 19. Pinter, Ya., Sundi, T., & Kovach, K. (1995). The basics of creating ultra-early maize hybrids. *Kukuruza i sorgo* [Maize and sorghum], 2, 20–21. [in Russian]
 20. Chilashvili, Y. M. (2012). Evaluation of new initial material for selection of early and mid-early maize hybrids. *Nauchnyi zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU], 79(05), 1–16. Retrieved from <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/01.pdf> [in Russian]
 21. Garba, L. L., & Namu, O. A. T. (2013). Productivity of maize hybrid maturity classes in savanna agro-ecologies in Nigeria. *Afr. Crop Sci. J.*, 21(4), 323–335.
 22. Dziubetskyi, B. V., Cherchel, V. Yu., & Marochko, V. A. (2013). Formation of an attribute «humidity» at early hybrids of corn. *Visn. agrar. nauki* [Bull. Agric. Sci.], 1, 41–44. [in Ukrainian]
 24. Dziubetskyi, B. V., Cherchel, V. Yu., & Antoniuk, S. P. (2001). Breeding of maize. In V. V. Morhun (Ed.), *Henetyka i selektsiia v Ukraini na mezhi tysiacholit* [Genetics and breeding in Ukraine at the turn of the millennium]. (Vol. 2). Kyiv: Lohos. [in Ukrainian]
 25. Lebid, Ye. M., Tsykov, V. S., Pashchenko, Yu. M., Dziubetskyi, B. V., & Cherchel, V. Yu. (2008). *Metodyka provedennia polovykh doslidiv z kukurudzoiu* [Method of conducting field experiments with corn]. Dnipropetrovsk: N.p. [in Ukrainian]

UDC 633.15:631.527

Olkhovyk, M. S.^{1*}, Haidash, O. L.¹, Kupar, Yu. Yu.¹, & Tahantsova, M. M.² (2021). The results of the assessment of self-pollinated precocious lines of maize (*Zea mays* L.) on the main economically valuable traits at two sowing dates. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(2), 113–122. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236515>

¹*Institute of Grain Crops, NAAS of Ukraine, 14 Volodymyra Vernadskoho St., Dnipro, 49009, Ukraine, *e-mail: maksimusgall@ukr.net*

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

Purpose. Comprehensive study, selection, evaluation and systematization of self-pollinated lines of maize (*Zea mays* L.) obtained on the basis of material of different genetic structure from endosperm of flint and dent maize were implemented according to the main economically valuable traits and precocity in order to select the best genotypes for selection. **Methods.** Hybridization, inbreeding were used in the process of creating the initial material; visual method – for phenological observations; laboratory and field – to determine the morphobiological characteristics of self-pollinated lines of maize; measuring and weighing – to account the harvest and determine the metric characteristics of plants; mathematical and statistical – to determine the validity of the results, indicators of trait variability, correlation dependence of traits; analysis of variance; comprehensive assessment of morphobiological and economically valuable traits of self-pollinated maize lines of the most common germplasms. **Results.** As a result of assessment of self-pollinated lines of the most common germplasms, it was revealed that the highest level

of grain yield was obtained under both sowing periods – Iodent germplasm; the minimum grain moisture content – Flint and Mix germplasms; the shortest average duration of the emergence – flowering of 50% of male and female inflorescences stage – Flint germplasm; steadily high values of plant height for germplasm Mix – under the optimal sowing date, and Iodent plasma – under the late sowing date. Steadily high values of the ear insertion height at both sowing dates were obtained for lines based on Iodent germplasm. The number of the most precocious and the best by the economically valuable traits germplasms of self-pollinated lines were identified. **Conclusions.** The DK239 lines – Flint germplasm, DK7174, DK2285, DK305, DK2613, DK5568 – Iodent germplasm, DK2332 and DK2659 – Mix germplasm were the most precocious and the best by the economically valuable traits. They are promising for the selection of ultra-early hybrids of maize adapted to the conditions of the Steppe of Ukraine.

Keywords: *common maize; self-pollinated lines; germplasm; precocious; grain yield; harvesting grain moisture.*

Надійшла / Received 19.05.2021

Погоджено до друку / Accepted 23.06.2021

Вплив біопрепаратів бульбочкових бактерій із кармоїзином на формування та функціонування симбіотичних систем соя – *Bradyrhizobium japonicum*

К. П. Кукол*, Н. А. Воробей, П. П. Пухтаєвич, С. Я. Коць

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, вул. Васильківська, 31/17, м. Київ, 03022, Україна,
*e-mail: katerinakukol@gmail.com

Мета. Установити особливості формування та функціонування симбіотичних систем сої за інокуляції насіння біопрепаратами на основі стійких до фунгіцидів штамів *Bradyrhizobium japonicum* PC07 та B78 з різними нормами синтетичного барвника кармоїзину. **Методи.** Фізіологічні, мікробіологічні, газова хроматографія, статистичні. **Результати.** Установлено, що внаслідок інокуляції сої [*Glycine max* (L.) Merr] сорту 'Алмаз' мікробними препаратами, виготовленими на основі *B. japonicum* PC07 та B78 з додаванням кармоїзину (0,25 та 0,5 г на 200 г препарату), кількість та маса сформованих на коренях бульбочок упродовж вегетації були на рівні показників контрольних рослин або перевищували їх. За інокуляції насіння обома штамми ризобій та додавання до біопрепаратів різних норм барвника найбільшу різницю за показниками кількості й маси кореневих бульбочок між рослинами контрольних і дослідних варіантів відзначено у фазі повного цвітіння. У результаті аналізу азотфіксувальної активності (АФА) сформованих симбіотичних систем відзначено відсутність негативного впливу синтетичного барвника на її рівень. За бактеризації насіння сої *B. japonicum* PC07 у фазі трьох справжніх листків АФА була вищою на 15,6–25,9%; у фазі бутонізації–початку цвітіння – на 7,4–29,5% порівняно з контрольними рослинами за додавання 0,25 та 0,5 г кармоїзину відповідно. На фоні бактеризації насіння сої штамом B78 до фази повного цвітіння інтенсивність асиміляції N_2 за додавання до біопрепарату 0,25 г кармоїзину була на рівні контрольних рослин. У період повного цвітіння рослин цей показник перевищував контроль на 7,6 та 18,8% за внесення 0,25 та 0,5 г барвника відповідно. **Висновки.** Кармоїзин можна залучати до подальшого вивчення ефективності його застосування як барвника-ідентифікатора контролю рівномірності нанесення сипучих бактеріальних препаратів на насіння, додаючи 0,25 і 0,5 г на 200 г біопрепарату, оскільки при цьому не виявлено негативного впливу на формування та функціонування симбіотичних систем соя – *B. japonicum*.

Ключові слова: *Bradyrhizobium japonicum*; інокуляція; кармоїзин; кількість і маса бульбочок; азотфіксувальна активність.

Вступ

Застосування бактеріальних добрив, виготовлених на основі азотфіксувальних мікроорганізмів, – це безальтернативний спосіб забезпечення рослин біологічним азотом, який має переваги господарського та екологічного характеру порівняно з використанням мінеральних добрив [1]. Інокуляція на-

сіння зернобобових культур високоефективними штамми бульбочкових бактерій, одержаними в процесі селекційного відбору, дає змогу реалізувати до 15–50% симбіотичного азотфіксувального потенціалу, а решта резерву може бути використана за оптимізації умов функціонування симбіозу [2].

Важливими завданнями під час виробництва бактеріальних добрив є максимальне накопичення бактеріальних клітин, підтримання їх життєздатності на всіх стадіях технологічного процесу та виготовлення на їхній основі різних форм препаратів зі збереженням активності впродовж гарантійного терміну зберігання [3, 4].

За препаративними формами бактеріальні добрива поділяють на рідкі, напіврідкі (суспензійні препарати, препарати зі згущува-

Ekaterina Kukol
<https://orcid.org/0000-0002-2889-9957>
Nadiya Vorobey
<https://orcid.org/0000-0002-6039-5409>
Petro Pukhtaievych
<https://orcid.org/0000-0002-6179-6239>
Sergii Kots
<https://orcid.org/0000-0002-3477-793X>

чами – гелна форма), сипучі та гранульовані препарати [5]. Рідкі мікробні препарати містять у своєму складі культуральну рідину (бактерії та їхні метаболіти, залишки компонентів середовища). Вони зручні в застосуванні, особливо за механізованого оброблення насіння [4, 6]. Водночас у світовій практиці найпоширеніші тверді (сипучі) форми біопрепаратів на основі торфу, вермикуліту, каоліну та ін. [5]. Відомо, що в разі застосування інокулянтів на вермикуліті перехід бактерій з носія у ґрунт є більш тривалим, оскільки його частинки мають пористу будову й загальна площа поверхні в них є значно більшою. Імовірно, згодом, за появи дефіциту елементів живлення в рослин, цей процес може прискоритися, що позитивно позначиться на розвитку макросимбіонта. При цьому дослідники відзначали підвищення врожайності зерна сої на 21% порівняно з контролем. У варіанті зі стартовою дозою азоту (N_{30}) урожайність була на 32% вище контрольної [7].

У багатьох країнах світу для забезпечення високої якості інокулянтів науковці досліджують життєздатність азотфіксуючих мікроорганізмів у різних сипучих носіях, за потреби коригують умови зберігання готових препаратів або кількість додаткових компонентів у їхньому складі [5, 6].

Для забезпечення візуального ефекту нанесення на насіння сої бактеріальних препаратів на сипучих носіях (зокрема вермикуліті) доцільно дослідити можливість застосування харчових барвників, асортимент яких є дуже широким. З літератури відомо, що спочатку для отримання барвників використовували продукти рослинного й тваринного походження, але із розвитком органічного синтезу місце натуральних барвників зайняли синтетичні. Найбільшим класом серед органічних синтетичних сполук є азобарвники [9]. Їх отримують поєднанням ароматичних діазоз'єднань із фенолами, ароматичними амінами або їхніми похідними [10, 11].

Синтетичні барвники, порівняно з натуральними, мають низку переваг: вони є стійкими до технологічної обробки, тривалого зберігання, надають яскравих кольорів, що легко відтворюються [12].

Нами попередньо досліджено вплив 0,5 та 1,0%-го розчинів синтетичного барвника кармоїзину (азорубіну) на енергію проростання та лабораторну схожість насіння сої сортів 'Алмаз' і 'Васильківська'. Установлено відсутність або слабкий рівень фітотоксичності цього барвника на посівні якості насіння сої вказаних сортів [13].

Сьогодні актуальним є поліпшення елементів технології застосування мікробних препаратів під сою, виготовлених на основі високоактивних і конкурентоздатних штамів бульбочкових бактерій. Оскільки захист рослин від фітопатогенів є невід'ємним елементом технології вирощування сої, як і інокуляція насіння біопрепаратами на основі мікроорганізмів-азотфіксаторів, доцільно залучати в дослідження контролю якості передпосівного оброблення штами ризобій, стійкі до впливу діючих речовин фунгіцидів.

Мета досліджень – установити особливості формування та функціонування симбіотичних систем сої за інокуляції насіння біопрепаратами на основі стійких до фунгіцидів штамів *V. japonicum* PC07 та B78 з різними нормами синтетичного барвника кармоїзину.

Матеріали та методика досліджень

Вегетаційні досліди проводили у 2019–2020 рр. з рослинами сої [*G. max* (L.) Merrill] сорту 'Алмаз', що занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні з 2007 р., є ранньостиглим та рекомендований для вирощування у зоні Лісостепу [14].

Перед висіванням (на початку другої декади травня) насіння сої інокулювали впродовж 1 год бактеріальними препаратами на основі *V. japonicum* PC07 та B78. Одна порція біопрепарату бульбочкових бактерій (200 г) використовується для оброблення 120 кг насіння сої.

Схема досліду включала такі варіанти передпосівної інокуляції насіння:

- 1) *V. japonicum* B78 (контроль – без барвника);
- 2) *V. japonicum* B78 + кармоїзин (0,25 г/200 г біопрепарату);
- 3) *V. japonicum* B78 + кармоїзин (0,5 г/200 г біопрепарату);
- 4) *V. japonicum* PC07 (контроль – без барвника);
- 5) *V. japonicum* PC07 + кармоїзин (0,25 г/200 г біопрепарату);
- 6) *V. japonicum* PC07 + кармоїзин (0,5 г/200 г біопрепарату).

Залучені до роботи штами *V. japonicum* PC07 (аналітичної селекції) та B78 [Tn5-мутант штаму 646 (pSup5011::Tn5mob)] отримані у відділі симбіотичної азотфіксації ІФРГ НАН України і входять до складу колекції азотфіксуючих мікроорганізмів ІФРГ НАН України, яка має статус національного надбання. За результатами проведених нами раніше лабораторних дослідів, зазначені штами

виявили стійкість до різних фунгіцидів у чистій культурі [15].

Сою вирощували по 10 рослин у 10-кілограмових посудинах, попередньо простерилізованих 20%-м розчином H_2O_2 , на річковому піску зі внесенням поживної суміші Гельрігеля [16], збагаченої мікроелементами молібдену, бором і міддю та збідненої на азот – 0,25 норми [одна норма відповідає 708 мг $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ на 1 кг піску], за природного освітлення та оптимального (60% ПВ) водо-забезпечення, на спеціально обладнаному майданчику ІФРГ НАН України. Повторюваність у варіантах досліду п'ятиразова.

Кармоїзин (азорубін) – синтетичний азобарвник червоного кольору, є діазотованим похідним сульфонафталінів; кристалічна речовина із кристалами розміром від 1 до 50 мкм та з температурою плавлення понад 300 °С, добре розчинний у воді та етиловому спирті [12]. За додавання цього барвника до сипучих біопрепаратів бульбочкових бактерій для оброблення насіння сої червоний колір візуально помітніший, що дає змогу відрізнити інокульоване насіння від неінокульованого за таких умов використання.

Як субстрат-носіє для приготування бактеріального препарату використовували вермикуліт, що є мінералом класу алюмосилікатів та має постійний хімічний склад, завдяки чому виключається необхідність перевірки кожної його партії [7]. У складі вермикуліту відзначено наявність оксидів таких елементів, як кальцій, магній, калій, алюміній, залізо і кремній, тому він є ефективним біостимулятором росту рослин. Характеризується високими сорбційними й аераційними властивостями, не є токсичним, не піддається гниттю, перешкоджає поширенню плісняви [17].

Для приготування бактеріального препарату (200 г) на твердому носії у пакети з вермикулітом (130 г) вводили стерильно 50 мл бактеріальної суспензії з вихідним титром 5×10^9 КУО/мл (попередньо вирощеної на манітно-дріжджовому середовищі в колбах на качалці), 0,25 або 0,5 г кармоїзину (згідно зі схемою досліду), а також поживні добавки: мелясу, кукурудзяний екстракт, глюкозу у співвідношенні 1:1, які готували з розрахунку на 130 г сухого вермикуліту, добре перемішували. Препарат витримували (дорощували) за кімнатної температури (18–23 °С) 7 діб. Насіння сої інокульовали в асептичних умовах.

Відбори рослин здійснювали у фазі трьох листків, бутонізації–початку цвітіння та повного цвітіння. Азотфіксувальну активність

кореневих бульбочок сої визначали ацетиленовим методом [18] і виражали в мікромолях етилену, який утворився бульбочками однієї рослини за 1 год. Газову суміш аналізували на газовому хроматографі «Agilent Technologies 6850» (США) Network GC System з полум'яно-іонізаційним детектором. Гази розділяли на колонці (Supelco Porapak N) за температури термостата 55 °С і детектора 150 °С. Газовим носієм був азот (50 мл за 1 хв), визначення проводили у чотирикратній повторності.

Отримані дані обробляли статистично. У таблицях наведено середньоарифметичні значення. Достовірність відмінностей між вибірками оцінювали методом однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA). Відмінності вважали достовірними за $P \leq 0,05$.

Результати досліджень

Установлено, що за додавання різної кількості кармоїзину в сипучий бактеріальний препарат на основі стійких до фунгіцидів штамів ризобій загальна кількість сформованих на коренях бульбочок упродовж вегетації була на рівні контрольних рослин або перевищувала їх. Зокрема, за бактеризації насіння біопрепаратом на основі *B. japonicum* В78 і додаванням 0,25 та 0,5 г кармоїзину кількість бульбочок була вищою порівняно з рослинами контрольного варіанту відповідно на 10,4 і 16,0% (фаза трьох справжніх листків), 13,8% (бутонізації–початку цвітіння) та 29,2 і 33,3% (повного цвітіння).

За інокуляції насіння сої біопрепаратом на основі *B. japonicum* РС07 із фарбувальним агентом (0,25 та 0,5 г кармоїзину) також не відзначено негативного впливу на загальну кількість утворених бульбочок на коренях рослин. Зазначений показник був вищим у дослідних рослин порівняно з контрольними за інокуляції аналітично селекціонованими ризобіями штаму РС07 відповідно на 9,0 і 19,4% (фаза трьох справжніх листків), 3,9 і 20,8% (фаза бутонізації–початку цвітіння) та на 16,9 і 28,9% (фаза повного цвітіння) (табл. 1).

Маса утворених бульбочок на коренях сої, інокульованої біопрепаратом на основі *B. japonicum* В78 + 0,25 г кармоїзину, у фазі трьох справжніх листків була меншою порівняно з рослинами на контролі на 13,5%. Однак цей показник перевищував контрольні рослини в 1,4 раза у фазі бутонізації–початку цвітіння та у 2,4 раза у фазі повного цвітіння. У разі застосування препарату з більшою кількістю барвника (0,5 г) маса симбіотичних утворень у фазі трьох справж-

Таблиця 1

Загальна кількість кореневих бульбочок (шт./рослину) на рослинах сої сорту 'Алмаз' за оброблення біопрепаратами на основі штамів *B. japonicum* із додаванням різних норм кармоїзину

Варіант	Штам-інокулянт	Фаза розвитку рослин		
		три листки	бутонізація–початок цвітіння	повне цвітіння
Контроль – без барвника	<i>B. japonicum</i> PC07	7,0	11,4	19,0
0,25 г кармоїзину / 200 г біопрепарату		7,6	11,8	22,2
0,5 г кармоїзину / 200 г біопрепарату		8,4	13,8	24,5
НІР _{0,05}		0,5	0,4	0,9
Контроль – без барвника	<i>B. japonicum</i> B78	4,5	8,8	16,1
0,25 г кармоїзину / 200 г біопрепарату		5,0	10,0	20,8
0,5 г кармоїзину / 200 г біопрепарату		5,2	9,0	21,5
НІР _{0,05}		0,1	0,5	0,6

ніх листків була на рівні рослин контролю, а в наступні фази росту й розвитку в 1,6–2,3 раза перевищувала їх.

Аналогічну тенденцію відзначено також у рослин варіантів з обробленням насіння препаратами на основі бульбочкових бактерій

B. japonicum PC07. При цьому максимальне перевищення показників у контрольних рослин встановлено у фазі повного цвітіння сої – в 1,2 і 1,4 раза відповідно за внесення 0,25 та 0,5 г кармоїзину на однокотарну норму біопрепарату (табл. 2).

Таблиця 2

Загальна маса кореневих бульбочок (г/рослину) на рослинах сої сорту 'Алмаз' за оброблення біопрепаратами на основі штамів *B. japonicum* із додаванням різних норм кармоїзину

Варіант	Штам-інокулянт	Фаза розвитку рослин		
		три листки	бутонізація–початок цвітіння	повне цвітіння
Контроль – без барвника	<i>B. japonicum</i> PC07	0,176	0,208	0,693
0,25 г кармоїзину / 200 г біопрепарату		0,157	0,229	0,807
0,5 г кармоїзину / 200 г біопрепарату		0,189	0,303	0,999
НІР _{0,05}		0,011	0,018	0,112
Контроль – без барвника	<i>B. japonicum</i> B78	0,052	0,114	0,249
0,25 г кармоїзину / 200 г біопрепарату		0,045	0,157	0,596
0,5 г кармоїзину / 200 г біопрепарату		0,055	0,189	0,576
НІР _{0,05}		0,006	0,028	0,120

У результаті вивчення функціональної активності сформованих симбіотичних систем у більшості варіантів дослідження виявлено підвищення інтенсивності азотфіксації кореневих бульбочок сої за використання біопрепаратів з кармоїзином. Зокрема, за інокуляції насіння сої *B. japonicum* PC07 у фазі трьох справжніх листків АФА була вищою на 15,6–25,9% ; у фазі бутонізації–початку цвітіння на 7,4–29,5% порівняно з контрольними рослинами за додавання 0,25 та 0,5 г кармоїзину відповідно. У фазі повного цвітіння сої рівень АФА симбіотичних систем,

сформованих за участю бульбочкових бактерій штаму *B. japonicum* PC07, істотно не відрізнявся в контрольних та дослідних рослин.

За бактеризації насіння сої біопрепаратом *B. japonicum* B78 + 0,25 г кармоїзину активність азотфіксації кореневих бульбочок була на рівні рослин контрольного варіанту аж до фази повного цвітіння. У період повного цвітіння рослин відзначено збільшення цього показника відповідно на 7,6 та 18,8% у варіантах із застосуванням біопрепарату з 0,25 та 0,5 г кармоїзину (табл. 3).

Таблиця 3

**Загальна азотфіксувальна активність бульбочок
на коренях сої [мкмоль C_2H_4 / (росл*год)] за оброблення біопрепаратами
на основі штамів *V. japonicum* із додаванням різних норм кармоїзину**

Варіант	Штам-інокулянт	Фаза розвитку рослин		
		три листки	бутонізація– початок цвітіння	повне цвітіння
Контроль – без барвника	<i>V. japonicum</i> PC07	3,97	4,98	10,68
0,25 г кармоїзину / 200 г біопрепарату		4,59	5,35	9,41
0,5 г кармоїзину / 200 г біопрепарату		5,01	6,45	10,48
НІР _{0,05}		0,33	0,35	1,15
Контроль – без барвника	<i>V. japonicum</i> B78	1,56	2,80	7,81
0,25 г кармоїзину / 200 г біопрепарату		1,54	2,56	8,40
0,5 г кармоїзину / 200 г біопрепарату		2,56	3,07	9,28
НІР _{0,05}		0,39	0,26	0,57

Отже, отримані в цій роботі результати відкривають перспективу подальшого ґрунтового дослідження можливості застосування кармоїзину як барвника – добавки до вермикуліту, яка слугуватиме ідентифікатором візуального контролю якості рівномірного нанесення на насіння сої сипучих біопрепаратів на основі бульбочкових бактерій *V. japonicum*.

У літературі досить обмежена кількість робіт (публікацій) про вплив кармоїзину (азорубіну) на рослини. Однак, є дані щодо застосування розчинів кармоїзину для більш детального вивчення біологічних властивостей фітопаразитичних нематод *Meloidogyne javanica* (Treub) та *M. incognita* (Kofold & White) на поверхні коренів та в тканинах рослин і розроблення протинематодних заходів [19].

Також відомо, що інтенсивність впливу синтетичних азобарвників на бактерії та рослини залежить від їх концентрації в середовищі культивування мікроорганізмів та вмісту фарбувального агента в розчині, яким обробляють насіння або поливають проростки. Зокрема, досліджуючи фітотоксичний вплив кармоїзину на проростання насіння пшениці, науковці відзначали пригнічення ростових процесів та зміни антиоксидантної активності в клітинах *Triticum aestivum* L. зі збільшенням (до 0,25%) концентрації барвника у розчині та тривалості періоду дії синтетичної сполуки на проростки [12]. Виявлено також зростання активності каталази у 2,5 раза в рослин кропу пахучого (*Anethum graveolens* L.) за впливу іншого барвника – понсо (E124) у концентрації 0,01% порівняно з 0,001%-м розчином. За використання для поливу E124 у концентрації понад 10 мг/л у рослин виникає окислювальний стрес [20]. На підставі вище за-

значеного, перспективним у подальшій нашій роботі може бути визначення впливу кармоїзину на ферментативну активність макросимбіонта, за передпосівного оброблення насіння бактеріальними добривами на вермикуліті з додаванням барвника.

На цьому етапі нашої роботи, використавши кармоїзин як фарбувальний агент у складі біопрепарату, ми досягли візуалізації нанесення вермикулітного препарату бульбочкових бактерій на насіння сої, при цьому наявність барвника (у досліджуваних концентраціях) не зашкодила формуванню та функціонуванню бобово-ризобіальної симбіотичної системи, а навпаки привела до поліпшення цих показників.

Висновки

Кармоїзин можна залучати до подальшого вивчення ефективності його застосування як барвника-ідентифікатора контролю рівномірності нанесення сипучих бактеріальних препаратів на насіння, додаючи 0,25 і 0,5 г на 200 г біопрепарату, оскільки при цьому не виявлено негативного впливу на формування й функціонування симбіотичних систем соя – *V. japonicum*.

Використана література

- Bhat T. A., Ahmad L., Ganai M. A. et al. Nitrogen fixing biofertilizers; mechanism and growth promotion: a review. *J. Pure Appl. Microbiol.* 2015. Vol. 9, Iss. 2. P. 1675–1690.
- Патика В. П., Гнатюк Т. Т., Булеца Н. М., Кириленко Л. В. Біологічний азот у системі землеробства. *Землеробство.* 2015. № 2. С. 12–20.
- Mahmud K., Makaju S., Ibrahim R., Missaoui A. Current progress in nitrogen fixing plants and microbiome research. *Plants.* 2020. Vol. 9, Iss. 2. 97. doi: 10.3390/plants9010097
- Коць С. Я., Воробей Н. А., Кириченко О. В. та ін. Мікробіологічні препарати для сільського господарства. Київ : Логос, 2016. 48 с.

5. Zayed M. S. Advances in formulation development technologies. *Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity* / D. Singh, H. Singh, R. Prabha (Eds.). New Delhi : Springer, 2016. P. 219–237. doi: 10.1007/978-81-322-2644-4_14
6. Kaljeet S., Keyeo F., Amir H. G. Influence of carrier materials and storage temperature on survivability of rhizobial inoculants. *Asian J. Plant Sci.* 2011. Vol. 10, Iss. 6. P. 331–337. doi: 10.3923/ajps.2011.331.337
7. Sahu P. K., Brahma Prakash G. P. Formulations of biofertilizers—approaches and advances. In *Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity* / D. Singh, H. Singh, R. Prabha (Eds.). New Delhi : Springer, 2016. P. 179–198. doi: 10.1007/978-81-322-2644-4_12
8. Лактионов Ю. В., Попова Т. А., Андреев О. А. и др. Создание стабильной формы ростстимулирующих микробиологических препаратов и их эффективность. *Сельскохозяйственная биология*. 2011. № 3. С. 116–118.
9. Benkhaya S., Mrabet S., El Harfi A. Classifications, properties, recent synthesis and applications of azo dyes. *Heliyon*. 2020. Vol. 6, Iss. 1. e03271. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03271
10. Aljamali N. M. Review in azo compounds and its biological activity. *Biochem. Anal. Biochem.* 2015. Vol. 4, Iss. 2. doi: 10.4172/2161-1009.1000169
11. Chaudhary B. Chemistry of synthetic dyes: a review. *J. Interdisc. Cycle Res.* 2020. Vol. 12, Iss. 11. P. 390–396.
12. Leulescu M., Rotaru A., Moana A. et al. Azorubine: physical, thermal and bioactive properties of the widely employed food, pharmaceutical and cosmetic red azo dye material. *J. Therm. Anal. Calorim.* 2021. Vol. 143, Iss. 6. P. 3945–3967. doi: 10.1007/s10973-021-10618-4
13. Кукол К. П., Воробей Н. А., Коць С. Я. Вплив кармоїзину на енергію проростання та лабораторну схожість насіння сої. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. Т. 85, № 3. doi: 10.31548/dopovid2020.03.003
14. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік. Київ, 2021. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>
15. Воробей Н. А., Кукол К. П., Коць С. Я. Оцінка токсичності впливу фунгіцидів на бульбачкові бактерії *Bradyrhizobium japonicum* у чистій культурі. *Мікробіол. журн.* 2020. Т. 82, № 3. С. 45–54. doi: 10.15407/microbiolj82.03.045
16. Mukhina I., Rizhiya E., Bankina T. Biochar effect on nutrients availability to barley. *Environ. Res. Eng. Manag.* 2020. Vol. 76, Iss. 2. P. 43–53. doi: 10.5755/j01.erem.76.2.21854
17. Овчинников А. С., Карпов А. В., Бородычев В. В., Колодницькая Н. В. Разработка мелиоранта на основе природного минерала для рекультивации почвенного покрова, загрязненного нефтепродуктами, в условиях Волгоградской области. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*. 2013. Т. 30, № 2. С. 172–177.
18. Somasegaran P., Hoben H. J. Handbook for rhizobia: methods in legumes-rhizobium technology. New York, NY : Springer-Verlag, 1994. 450 p. doi: 10.1007/978-1-4613-8375-8
19. Kandouh B. H., Hasan A. E., Al-Hakeem A. M., Aridh Z. H. A complete safe and cost effective method for staining root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. *Plant Arch.* 2019. Vol. 19, Iss. 2. P. 3885–3888.
20. Стугарева С. С. Действие пищевых красителей на активность каталазы в растительных объектах. *Наука – образованию, производству, экономике* : матер. XIX Регион. научно-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов (г. Витебск, 13–14 марта 2014 г.). Витебск, 2014. Т. 1. С. 121–122.
- (2015). Biological nitrogen in the farming system. *Zemlerobstvo* [Agriculture], 2, 12–20. [in Ukrainian]
3. Mahmud, K., Makaju, S., Ibrahim, R., & Missaoui, A. (2020). Current progress in nitrogen fixing plants and microbiome research. *Plants*, 9(1), 97. doi: 10.3390/plants9010097
4. Kots, S. Ya., Vorobey, N. A., Kyrychenko, O. V., Melnykova, N. N., Mykhalkiv, L. M., & Pukhtayevych, P. P. (2016). *Мікробіологічні препарати для сільськогосподарства* [Microbiological preparations for agriculture]. Kyiv: Logos. [in Ukrainian]
5. Zayed, M. S. (2016). Advances in formulation development technologies. In D. Singh, H. Singh, & R. Prabha (Eds.), *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity* (pp. 219–237). New Delhi: Springer. doi: 10.1007/978-81-322-2644-4_14
6. Kaljeet, S., Keyeo, F., & Amir, H. G. (2011). Influence of carrier materials and storage temperature on survivability of rhizobial inoculants. *Asian J. Plant Sci.*, 10(6), 331–337. doi: 10.3923/ajps.2011.331.337
7. Sahu, P. K., & Brahma Prakash, G. P. (2016). Formulations of biofertilizers—approaches and advances. In D. Singh, H. Singh, & R. Prabha (Eds.), *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity* (pp. 179–198). New Delhi: Springer. doi: 10.1007/978-81-322-2644-4_12
8. Laktionov, Yu. V., Popova, T. A., Andreev, O. A., Ibatullina, R. P., & Kozhemyakov, A. P. (2011). Creating new forms of growth-stimulating microbiological preparations and their effectiveness. *Sel'skokhozyaystvennaya Biologiya* [Agricultural Biology], 3, 116–118. [in Russian]
9. Benkhaya, S., Mrabet, S., & El Harfi, A. (2020). Classifications, properties, recent synthesis and applications of azo dyes. *Heliyon*, 6(1), e03271. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03271
10. Aljamali, N. M. (2015). Review in azo compounds and its biological activity. *Biochem. Anal. Biochem.*, 4(2). doi: 10.4172/2161-1009.1000169
11. Chaudhary, B. (2020). Chemistry of synthetic dyes: a review. *J. Interdisc. Cycle Res.*, 12(11), 390–396.
12. Leulescu, M., Rotaru, A., Moanta, A., Iacobescu, G., Palarie, I., Cioatera, N., ... Rotaru, P. (2021). Azorubine: physical, thermal and bioactive properties of the widely employed food, pharmaceutical and cosmetic red azo dye material. *J. Therm. Anal. Calorim.*, 143(6), 3945–3967. doi: 10.1007/s10973-021-10618-4
13. Kukul, K. P., Vorobey, N. A., & Kots, S. Ya. (2020). The effect of carmoisine on germination energy and laboratory germination of soybean seeds. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukraini* [Scientific reports NULES of Ukraine], 85(3). doi: 10.31548/dopovid2020.03.003 [in Ukrainian]
14. *Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2021 rik* [State register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2021]. (2021). Kyiv: N.p. Retrieved from <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin> [in Ukrainian]
15. Vorobey, N. A., Kukul, K. P., & Kots, S. Ya. (2020). Fungicides toxicity assessment on *Bradyrhizobium japonicum* nodule bacteria in pure culture. *Mikrobiol. Z.*, 82(3), 45–54. doi: 10.15407/microbiolj82.03.045 [in Ukrainian]
16. Mukhina, I., Rizhiya, E., & Bankina, T. (2020). Biochar effect on nutrients availability to barley (2020). *Environ. Res. Eng., Manag.* 79(2), 43–53. doi: 10.5755/j01.erem.76.2.21854
17. Ovchinnikov, A. S., Karpov, A. V., Borodychev, V. V., & Kolodnitskaya, N. V. (2013). Development of ameliorant based on natural mineral for reclamation of soil cover contaminated with petroleum products in the Volgograd region. *Izvestia Niznevolzskogo agrouniversitetskogo kompleksa* [Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.], 2(30), 172–177. [in Russian]
18. Somasegaran, P., & Hoben, H. J. (1994). *Handbook for rhizobia: methods in legumes-rhizobium technology*. New York, NY: Springer-Verlag. doi: 10.1007/978-1-4613-8375-8
19. Kandouh, B. H., Hasan, A. E., Al-Hakeem, A. M., & Aridh, Z. H. (2019). A complete safe and cost effective method for stai-

References

1. Bhat, T. A., Ahmad, L., Ganai, M. A., Shams-Ul-Haq, & Khan, O. A. (2015). Nitrogen fixing biofertilizers; mechanism and growth promotion: a review. *J. Pure Appl. Microbiol.*, 9(2), 1675–1690.
2. Patyka, V. P., Gnatiuk, T. T., Buletsa, N. M., & Kyrylenko, L. V.

ning root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. *Plant Arch.*, 19(2), 3885–3888.

20. Stugareva, S. S. (2014). The effect of food colors on catalase activity in plant objects. In *Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu, ekonomike: materialy XIX Region. nauch.-prakt. konferentsii*

prepodavateley, nauch. sotrudnikov i aspirantov. [Science – education, production, economy: proceedings of the XIX Region. scientific-practical conference of teachers, scientific. staff and graduate students] (Vol. 1, pp. 121–122). March 13–14, 2014, Vitebsk, Belarus. [in Russian]

UDC 633.34:581.557: 631.847.21:581.133.1

Kukol, K. P., Vorobey, N. A., Pukhtaievych, P. P., & Kots, S. Ya. (2021). The effect of biopreparations of nodules bacteria with carmoisine on the formation and functioning of the soybean – *Bradyrhizobium japonicum* symbiotic systems. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(2), 123–129. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236517>

*Institute of Plant Physiology and Genetics, NAS of Ukraine, 31/17 Vasylykivska St., Kyiv, 03022, Ukraine, *e-mail: katerinakukol@gmail.com*

Purpose. Investigate the formation and functioning of symbiotic systems of soybeans with nodule bacteria by inoculation of seeds with biological products based on fungicide-resistant strains of *Bradyrhizobium japonicum* PC07 and B78 with different rates of synthetic carmoisine colorant. **Methods.** Physiological, microbiological, gas chromatography, statistical. **Results.** It was found that as a result of inoculation of soybean [*Glycine max* (L.) Merr] variety 'Almaz' with microbial preparations based on *B. japonicum* PC07 and B78, with the addition of carmoisine (0.25 and 0.5 g per 200 g of the preparation), the amount and the weight of nodules formed on the roots during the growing season were at the level of the control plants or exceeded them. The greatest difference in indicators of quantity and weight of root nodules between plants of control and experimental variants is noted in a phase of full flowering at inoculation by both strains of rhizobia and addition to biological products of various norms of dye. Analysis of nitrogen-fixing activity (NFA) of the formed symbiotic systems showed the absence of a negative effect of the synthetic colorant on its level. When inoculated with soybean seeds

B. japonicum PC07 in the phase of three true leaves, NFA was higher by 15.6–25.9% and in the budding-beginning of flowering stage by 7.4–29.5% compared with control plants with the addition of 0.25 and 0.5 g of carmoisine, respectively. Against the background of bacterization of soybean seeds by strain B78 before the phase of full flowering of plants the level of N₂ assimilation by adding 0.25 g of carmoisine to the vermiculite preparation was at the level of the control plants. During the period of full flowering, this figure exceeded the indicators of control plants by 7.6 and 18.8% with the introduction of 0.25 and 0.5 g of the colorant. **Conclusions.** Carmoisine can be applied in the further study of the effectiveness of its use as a dye identifier for controlling the uniformity of marking of loose bacterial preparations on seeds by adding 0.25 and 0.5 g per 200 g of a biopreparation, since this did not show a negative impact on the formation and functioning of the soybean – *Bradyrhizobium japonicum* symbiotic systems.

Keywords: *Bradyrhizobium japonicum*; inoculation; carmoisine; number and weight of nodules; nitrogen-fixing activity.

Надійшла / Received 24.05.2021

Погоджено до друку / Accepted 25.06.2021

Influence of the substrate composition on the yield and nutritional value of the fruiting bodies of the edible mushrooms *Pleurotus citrinopileatus* and *Cyclocybe aegerita*

I. I. Bandura^{1*}, A. S. Kulyk¹, S. V. Makohon¹, O. V. Khareba², V. V. Khareba²

¹Dmytro Motorny Tavriya State Agrotechnological University, 18 Bohdana Khmelnytskoho Ave., Melitopol, Zaporizhia region, 72312, Ukraine, *e-mail: irabandura@gmail.com

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

Purpose. To reveal the influence of the substrate compositions on technical indicators and the chemical composition of the fruiting bodies of the golden oyster mushroom and poplar mushroom. **Methods.** The experimental design included cultivation of two species of wood-decay fungi *Pleurotus citrinopileatus* Singer (strain 2161 IVK) and *Cyclocybe aegerita* (V.Brig.) Vizzini (strain 2230 IVK) on three variants of substrate composition. Laboratory, laboratory-production methods for evaluating the effectiveness of growing technology, chemical composition of the obtained raw materials, statistical methods of analysis were applied. **Results.** The structure and composition of substrates affect the technological characteristics of the culture, physical and chemical properties of fruiting bodies. The shortest fruiting cycle of 35.2 ± 1.7 days was determined for *C. aegerita* under growing conditions on SC1 substrate which formula included «straw, husks, pellet, rapeseed, corn, and CaCO_3 » in the ratio of 30: 40: 70: 20: 20: 1. The highest yield (170.5 ± 15.2 g per 1 kg of substrate) in the experiment was determined for *P. citrinopileatus* on the SC1 substrate composed of «straw / pellets / rapeseed / corn / CaCO_3 » in the ratio 40: 90: 20: 25: 1. Fruiting bodies of *P. citrinopileatus* obtained from the SC3 substrate composed of «pellets / rapeseed / corn / CaCO_3 » in the ratio 60: 110: 20: 30: 1 had the highest protein content – $22.47 \pm 0.19\%$, and fruiting bodies from the SC1 substrate had the least amount of proteins – $17.38 \pm 2.60\%$. Fruiting bodies of *C. aegerita* contained more lipids than those of *P. citrinopileatus*, but the factor of the influence of the substrate composition on the total amount of lipids for some cultivars was insignificant. The largest amount of endopolysaccharides was isolated from the fruiting bodies of *C. aegerita* ($6.81 \pm 0.41\%$) cultivated on SC3 substrate, and the smallest in the SC1 variant ($1.38 \pm 0.25\%$). The content of endopolysaccharides in the fruiting bodies of *P. citrinopileatus* had less variability from 2.54 ± 0.54 (SC3) to $4.72 \pm 0.61\%$ (SC1). **Conclusion.** Substrate compositions significantly affect the biological efficiency of cultivars and the content of nutrients in fruiting bodies of the studied species. The obtained results enable producers of mushrooms to predict the production efficiency and quality of grown mushrooms in accordance with the use of available raw materials.

Keywords: cultivation of mushrooms; golden oyster mushroom; poplar mushroom; biological effectiveness; chemical composition.

Introduction

Exotic mushrooms have already become an integral part of functional diets due to the con-

tent of bioactive substances with proven nutritional and medicinal value. In Asian countries, which are leaders in the production and consumption of mushrooms, wood-decay fungi are preferred, and shiitake and various species of oyster mushrooms are popular: oyster mushroom, king oyster mushroom, Lung Oyster and others. But in recent years, the demand for golden oyster mushroom *Pleurotus citrinopileatus* Singer («Gold mushroom») and poplar mushroom *Cyclocybe aegerita* (V.Brig.) Vizzini, known in Europe and America as «velvet pioppini» has been growing rapidly [1, 2].

The golden oyster mushroom is appreciated for its bright, rich yellow color of the cap and the

Iryna Bandura

<http://orcid.org/0000-0001-7835-3293>

Alina Kulyk

<http://orcid.org/0000-0001-5403-3084>

Serhii Makohon

<http://orcid.org/0000-0002-4791-5115>

Olena Khareba

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

Volodymyr Khareba

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

specific light and pleasant aroma of seafood, which appears after a short thermal treatment [3]. Fruiting bodies of this fungus contain $22.10 \pm 2.03\%$ of protein, and in the biomass obtained by submerged cultivation, protein content reaches $36.2 \pm 1.2\%$ [3, 4]. According to published data [5], the amount of lipids varies from 1.32 to 3.37%, but does not exceed 5%. Such interesting dietary features of *P. citrinopileatus* are complemented by the content of substances with high medicinal potential, for example, the nonlectin glycoprotein (PCP-3A) found in fresh fruiting bodies [6]. Researchers [7, 8] emphasize the high antitumor ability of glycoproteins of this species of oyster mushroom, as well as their antioxidant and hypoglycemic properties.

The poplar mushroom is firm in texture and keeps the shape and structure of fruiting bodies after boiling; mushrooms remain dense and crisp, retaining the dark color of the cap [9]. But in addition to high nutrition indicators, the fruiting bodies of poplar mushroom contain unique ceramides with proven antitumor potential [10]. The antioxidant properties of the extracted polysaccharides and their ability to stabilize skin collagen were discovered. That reveals the prospects for the use of these substances as natural agents or food additives in gerontological practice and for combating age-related complications [11].

Bright and rich colors of fruiting bodies of golden oyster mushrooms and poplar mushrooms always attract consumers. On the other hand, these species have repeatedly proven nutritional and medicinal value, which makes them an integral part of health food in Asia and Europe [1–4]. The price of these mushrooms is an order of magnitude higher in comparison with the already known button mushroom champignons and oyster mushrooms, what determines the interest of mushroom producers in growing these species. The domestic adaptation of the known regulations for the cultivation of golden oyster mushrooms and poplar mushroom is significantly slowed down in the absence of information about the possibility of using available agricultural by-products and its effect on the quality of mushroom products. Researchers emphasize the significant influence of substrate compositions and methods of their preparation on the technical indicators of growing mushroom culture, on the content of organic and mineral substances in mushrooms, which, accordingly, changes their taste and aroma [3, 4]. In particular, scientists from Kenya determined that the formation of *P. citrinopileatus* primordia began on the 13th day

from the moment of inoculation on bean straw substrate, while on the sawdust substrate – on the 31st; the biological efficiency of the culture was 149% from the bean straw substrate and decreased to less than 1% when sawdust was used [4]. Enrichment of wheat straw substrates with poultry litter and millet grains allowed researchers from the United States to increase the biological efficiency of *C. aegerita* cultivation fivefold. In the same experiment, the optimal ratio of 70 : 10 : 20 components in the substrate formula «straw / litter / millet» contributed to the increased protein content in the fruiting bodies of *C. aegerita* to 37.6%, while on the substrate made of wheat straw this indicator was 27.1% [12–14].

The main components of substrates for artificial cultivation of *P. citrinopileatus* and *C. aegerita* are cereal straw and sunflower husk, which cost increases annually and significantly depends on logistics. Previous studies showed the possibility of using fuel pellets made from sunflower husks to increase the efficiency of growing wood-decay fungi [15]. But the high density of such raw materials leads to a decrease in the aeration characteristics of the substrates, which can affect the physiological and biochemical parameters of the culture.

The purpose of the study is to reveal the effect of substrate composition content on the technical and chemical parameters of fresh fruiting bodies of golden oyster mushroom (*P. citrinopileatus*) and poplar mushroom (*C. aegerita*).

Materials and methods

The cultures of the studied species – strains of *P. citrinopileatus* 2161 IVK and *C. aegerita* 2230 IVK, were obtained from the collection of cap mushrooms cultures of the M. G. Kholodny Institute of Botany and maintained on a nutrient medium of the following composition: 20 g agar-agar, 20 g malt-dextrose, 2 g dry yeast extract, up to 1 liter water. The pH of the medium was adjusted to 6.7 ± 0.2 with 0.1N KOH solution and sterilized for 35 min at 121 °C [16].

For the manufacture of substrate compositions, the following components were used: local raw materials – barley straw and sunflower husks crushed to 5–7 mm, as well as fuel pellets from husk. The composition of the substrate compositions was calculated so as to achieve a carbon to nitrogen (C : N) ratio of 20 : 1, in accordance with published data [17]. Rapeseed was added to the formula to provide the required lipid content [18]. Also, the formulas of the compositions were calculated so as to achieve the optimal values of moisture indicators (63–65%) and substrate density

from 350 to 550 kg/m [15]. The required water content was calculated taking into account the

initial moisture content of the raw material (Table 1).

Table 1
The ratio of the components of the substrate compositions (SC) by weight (kg)

Composition code	Straw	Husks	Pellets	Rapeseed	Corn	Chalk (CaCO ₃)	Water
SC1	30	40	70	20	20	1	263
SC2	40	0	90	20	25	1	325
SC3	0	60	110	20	30	1	288
Moisture, %	11.5	8.8	7.5	10.5	7.8	12.3	100

Straw, husks and rape plant seeds were soaked with an excess of cold water for 8–10 hours. The moistened raw materials were put into mixing containers. Pallets were prepared separately: warm water (30–40 °C) was added, the moist components were mixed adding ground corn and chalk. The finished compositions were packed in polypropylene bags 580 × 480 mm, with four filters in the upper part measuring 20 × 480 mm, 3250 ± 50 g each. The substrates were sterilized in an industrial autoclave at 121 ± 3 °C for 120 min. The substrates, cooled to a temperature of 26 ± 1 °C, were inoculated under aseptic conditions with mycelium-covered cereal at 3% by weight (100 ± 15 g per bag). For each variant of the experiment, 30 bags were made. Substrate samples were taken after inoculation (from five bags of 50 g each) and mixed. The averaged sample was used for analysis.

The density of the substrate was determined by the formula:

$$\rho = m / V,$$

where ρ – density of the substrate, kg/m³; m – mass of the substrate, kg; V – volume of a unit of the substrate, m³.

The volume of the substrate block was determined by the formula:

$$V = \pi \times a \times b \times h,$$

where π – 3.14; a – the semi-major axis of the package after installation on the shelf had the shape of an ellipse, m; b – semi-minor axis, m; h – substrate height, m.

The moisture content of plant raw materials and manufactured substrates was determined gravimetrically at a temperature of 102 ± 1 °C, but the samples of fruiting bodies were first dried at a temperature of 45 °C, taking into account the characteristics of the mushroom raw material, and then dried to an absolutely dry mass at 92 ± 2 °C.

The concentration of hydrogen ions (pH) of the substrate was determined according to national standard DSTU ISO 10390: 2007 Soil quality. Determination of pH (ISO 10390: 2007, IDT).

The ash content was determined as follows: 3 g of absolutely dry powder of the fruiting

body were weighed in ceramic crucibles of known weight, burned in a muffle furnace at a temperature of 550 ± 10 °C for three hours, and the samples were cooled in a desiccator. The ratio of the residual mass to the original mass of the sample in percent was calculated.

The total nitrogen content was determined by the chloramine method according to Pochinok.

The C/N ratio was determined by the formula $C/N = 0.5 (100 - a) / N$, where a – the ash content, %; 0.5 – coefficient of carbohydrate content, adjusted for the biochemical characteristics of raw materials; N – the content of total nitrogen in the substrate [20].

The analysis of the technical parameters of the substrates and the chemical analysis of the fungi were carried out in triple repetition for each cultivation cycle.

The substrates were incubated at a temperature of 23 ± 3 °C and a humidity of 65% indoors. Lighting was used only to control the development of a culture.

Fruiting was initiated from the 20th day. The packages were placed in a growing chamber with appropriate microclimatic conditions: air temperature 14 ± 1 °C, relative air humidity 91 ± 5%; carbon dioxide content 1250 ± 150 ppm (0.12%). Illumination was maintained at 150–200 lux for 8 ± 1 hour per day. Taking into account the different level of shelves on racks regarding the floor and the possible difference in microclimatic conditions, the packages were installed randomly. Two 100 ± 20 mm cuts were made on the bags with *P. citrinopileatus* culture, but the substrate was not freed from the film. On the bags with the *C. aegerita* culture, a cut was made in the upper part and a polypropylene film was peeked back to the side (Fig. 1). The crop was harvested at the stage of technical maturity before the onset of sporulation.

Fresh fruiting bodies for biochemical analysis were collected from different blocks in accordance with the variant of the experiment, dried at a temperature of 55 ± 3 °C for 8–10 hours and ground into flour. Before analysis, the sample was additionally dried at a temperature of 102 ± 2 °C and cooled in a desiccator.

The moisture content, the amount of total nitrogen and ash were determined by the above methods in triplicate repetition. Lipid content was determined by extraction of mushroom samples (absolutely dry weight) in petroleum ether as a solvent using a Soxhlet extractor.

The total nitrogen content per crude protein content was calculated using a coefficient of 4.38 in terms of the amount digested in the human body [16].



Fig. 1. Types of holes on polypropylene bags for fruiting stimulation:

- a) two cuts 100 ± 20 mm for *P. citrinopileatus*;
b) one large incision for *S. aegerita*

Endopolysaccharides (endoPS) were extracted from dry matter according to the following procedure: 2 g of fruiting bodies powder were added to 10 ml of distilled water and thoroughly mixed; for 16 hours kept in an oven at a temperature of 98 ± 0.1 °C; the obtained extract was added with 96% ethyl alcohol in a ratio of 1 : 2 (by volume) to precipitate polysaccharides and settled for 24 hours at a temperature of 4 °C. The precipitate was separated by centrifugation at 5000 RPM for 25 minutes. The precipitate was dissolved by adding 20–30 ml of hot deionized water (90 ± 1 °C). The suspended endopolysaccharide fraction was dried at 60 °C

for 8 hours. The amount of endopolysaccharides in dry matter was determined gravimetrically and calculated by the formula: *weight of endopolysaccharide / weight of sample* × 100% [19].

The percentage of carbohydrates, excluding endopolysaccharides, was calculated using the formula: *100 – the amount of proteins (%) – the amount of lipids (%) – the amount of ash elements (%) – the amount of endopolysaccharides (%)*. The C/N ratio in the substrate was determined by the formula:

$$C/N = 0.52 (100 - a) / N,$$

where *a* – ash content, %; 0.52 – averaged coefficient of carbon content; *N* – total nitrogen content, % [20].

The yield from each separate bag was calculated by the ratio of the mass of the harvested mushrooms in grams per kilogram of the prepared substrate mass.

The biological efficiency (BE) of cultivars was calculated using the formula:

$$BE = \frac{M_{fb}}{M_{dm}} \times 100 \%$$

where M_{fb} – mass of raw fruit bodies; M_{dm} – mass of the substrate dry matter [21].

Statistical analysis of the obtained results was carried out using the Microsoft Office Excel 2016 MSO package and the built-in QI Macros 2020 program. One and two-factor ANOVA analysis was performed («a» is the highest indicator in the experiment), to compare the mean in the groups, the U-test (Mann–Whitney). The smallest significant difference was found using the significance level = 0.05.

Results and discussion

Based on the results of the analysis of the content of the prepared substrate compositions, the differences in the indicators of the content of ash elements and density were determined (Table 2).

In SC1 and SC2 substrates, which included straw, high ash content was determined in comparison with SC3, where only sunflower waste was used. The latter corresponds to the literature data on the composition of raw materials [22]. Also, the SC3 substrate significantly differed from others in terms of density (568 ± 21 kg/m³), which is associated with the absence of a sufficiently large fraction of straw. The indicators of moisture content and the content of the main nutrients in the calculated compositions did not differ, which indicates the possibility of theoretical calculation of the substrate formula based on the results of the analysis of raw materials. According to the

Table 2

**Characteristic of substrate compositions in the experiment
(mean \pm standard error)**

Code	Moisture (%)	Total nitrogen (%)	Ash (%)	C/N ratio	Density (kg/m ³)
SC1	63.4 \pm 1.8	2.25 \pm 0.21	4.6a \pm 0.4	21.2 \pm 0.8/1	337b \pm 29
SC2	65.9 \pm 1.7	2.38 \pm 0.15	4.8a \pm 0.7	20.0 \pm 1.3/1	315b \pm 42
SC3	63.9 \pm 2.1	2.29 \pm 0.29	3.6b \pm 0.5	21.1 \pm 1.0/1	568a \pm 21
LSD _{0.05}	1.9	0.25	0.93	1.7	75

results of statistical analysis, a significant effect of the substrate composition content on the term of vegetative development of crops in the substrate (its end was determined by

the date of the first primordia formation), as well as on the indicators of the total yield and biological efficiency of cultivars was proved (Table 3).

Table 3

**Indicators of cultivation of *C. aegerita* and *P. citrinopileatus*
(average over 3 growing cycles \pm standard error) (2019–2020)**

Culture	SC	Primordia formation (day)	Harvesting (day)	Total yield (g/kg)	Biological efficiency (%)
<i>C. aegerita</i>	1	25.3c \pm 1.45	35.22b \pm 1.66	122.7a \pm 23.1	31.46b \pm 5.92
	2	28.2b \pm 0.80	38.20ab \pm 1.36	123.3a \pm 22.7	35.27ab \pm 6.48
	3	29.8ab \pm 0.41	38.58ab \pm 0.35	132.1a \pm 11.5	33.87ab \pm 2.95
<i>P. citrinopileatus</i>	1	26.3bc \pm 1.62	41.18a \pm 2.43	167.5a \pm 27.2	42.95ab \pm 6.96
	2	24.8c \pm 1.02	40.00a \pm 2.51	170.5a \pm 15.2	48.71a \pm 4.35
	3	32.0a \pm 0.95	39.60ab \pm 1.25	45.5b \pm 4.6	11.66c \pm 1.18
LSD _{0.05}	–	3.2	4.51	58.9	15.22
<i>p</i>	–	0.001	0.156	0.013	0.007

The shortest terms of primordia formation in the experiment were recorded when *P. citrinopileatus* was grown on the SC2 substrate composition, and the longest, also for this culture, on the SC3 substrate (24.80 \pm 1.02 and 32.00 \pm 0.95 days, respectively).

The cultures colonized the substrates and began to form primordia at different times. The fastest development of *C. aegerita* was determined on SC1 substrate (25.33 \pm 1.45 days), while the *P. citrinopileatus* culture was more active on SC2 (24.80 \pm 1.02 days). It should be noted that primordia appeared on SC3 substrate in both cultures much later: *C. aegerita* on 29.84 \pm 0.41 day, and *P. citrinopileatus* on 32.00 \pm 0.95 day.

There was no significant difference between the end of the harvest for grown crops by two-factor analysis of ANOVA data ($p = 0.156$), but after comparing means of the groups by the Mann–Whitney U-Test method, a significantly longer duration of fruiting ($p < 0.05$) was determined for *P. citrinopileatus* culture. The shortest cycle in the experiment had *C. aegerita* culture grown on SC1 substrate (35.22 \pm 1.66 days).

The substrate composition significantly ($p = 0.013$) influenced the yield of the studied species. In the experiment, the largest mass of fruiting bodies was collected on *P. citrinopileatus* culture on SC1 and SC2 (167.5 \pm 27.2 and

170.5 \pm 15.2 g per 1 kg of substrate, respectively). The lowest yield in the experiment (45.5 \pm 4.6 g/kg) was also determined for this crop on SC3 substrate.

The overall yield of *C. aegerita* cultivar in the experiment (122.7 ... 132.1 g/kg) was lower than the known scientific data. For example, when using a composition of wheat straw, chicken litter and millet seeds in a ratio of 70 : 20 : 10, researchers received up to 770.5 \pm 118.4 g of fresh mushrooms from 5000 g of substrate [12]. But the results obtained in the experiment significantly exceed the yield indicators for *C. aegerita*, grown on birch sawdust (87 g/kg) [13]. The obtained indicators of *P. citrinopileatus* productivity confirm the results [4] with the definition of low efficiency of this species when using substrates with high density. Also, the yield indicators practically coincided when grown on similar plant residues: on straw – 109.6 g, sugar cane – 177.1 g.

According to the results of statistical analysis, a significant effect of the composition of the substrate on the biological efficiency (BE) of *P. citrinopileatus* culture ($p = 0.006$) was determined, while for *C. aegerita* culture, no significant difference was found in this indicator between the experimental options ($p = 0.877$). The highest BE in the experiment was obtained under the conditions of *P. citrinopileatus* cultiva-

tion on SC2 substrate ($48.71 \pm 4.35\%$), and the lowest ($11.66 \pm 1.18\%$) – on the SC3 substrate for the same culture. The BE index of *C. aegerita* in the experiment varied slightly from $31.46 \pm 5.92\%$ (SC1) to $35.27 \pm 6.48\%$ (SC2). It should be noted that the results of the analysis were higher compared to the indicators of BE of *C. aegerita*, obtained by American scien-

tists [12] when using substrates with a low ratio of carbon to nitrogen (C/N), where BE was $6.3 \pm 2.4\%$ for C/N = 13/1 and $9.4 \pm 4.1\%$ for C/N = 30/1. As a result of the analysis of the obtained data, a significant influence of substrates on the chemical composition of the fruiting bodies of the studied species was determined (Table 4).

Table 4

Chemical parameters of fruiting bodies of *C. aegerita* and *P. citrinopileatus* according to experimental variants

Species	SC	Crude protein (%)	Lipids (%)	Endopolysaccharides (%)	Other polysaccharides (%)	Ash (%)	Dry matter (%)
<i>C. aegerita</i>	1	$19.62ab \pm 0.30$	$2.59a \pm 0.08$	$3.38bc \pm 0.89$	72.79 ± 1.15	$1.64b \pm 0.55$	$8.67b \pm 0.49$
	2	$20.53ab \pm 0.6$	$2.77a \pm 0.56$	$1.38c \pm 0.25$	73.86 ± 0.83	$1.47b \pm 0.35$	$10.52a \pm 0.15$
	3	$21.78a \pm 0.52$	$2.30ab \pm 0.10$	$6.81a \pm 0.41$	61.45 ± 1.12	$7.47a \pm 0.17$	$10.11a \pm 0.23$
<i>P. citrinopileatus</i>	1	$17.38b \pm 2.60$	$1.41b \pm 0.19$	$4.72b \pm 0.61$	67.38 ± 1.64	$9.12a \pm 1.42$	$10.33a \pm 0.29$
	2	$20.45ab \pm 0.90$	$1.41b \pm 0.05$	$3.12bc \pm 0.95$	64.90 ± 1.80	$10.14a \pm 1.19$	$8.87b \pm 0.05$
	3	$22.47a \pm 0.19$	$1.63b \pm 0.41$	$2.54c \pm 0.54$	65.90 ± 1.63	$7.65a \pm 0.26$	$8.22b \pm 0.03$
LSD _{0.05}		3.63	0.93	2.03	–	2.76	0.80
<i>p</i>		0.111	0.021	0.001	–	0.0001	0.0001

The highest protein content in the experiment ($22.47 \pm 0.19\%$) was found in the fruiting bodies of *P. citrinopileatus*, grown on SC3 substrate, and the lowest for the same species ($17.38 \pm 2.60\%$) when SC1 was used. It should be noted that in both cultivars, fruiting bodies obtained from SC3 had the highest amount of proteins, while those grown on SC1 had the least.

The lipid content in the fruiting bodies of *C. aegerita* was significantly higher ($p = 0.021$) compared to that in *P. citrinopileatus*, but the factor of the influence of the substrate composition on the total amount of fats for individual cultivars was insignificant. The maximum amount of lipids ($2.77 \pm 0.56\%$) was contained in the fruiting bodies of *C. aegerita* obtained from SC2, and the lowest in the fruiting bodies of *P. citrinopileatus* on substrates SC1 and SC2 (1.41%).

According to the results of statistical analysis of the data, significant differences were proved in terms of the content of endopolysaccharides in fruiting bodies of cultivars obtained on different substrates ($p = 0.001$). In particular, a high amount of endopolysaccharides ($6.81 \pm 0.41\%$) was isolated from the fruiting bodies of *C. aegerita*, grown on SC3, and the smallest ($1.38 \pm 0.25\%$) on SC1. The content of endopolysaccharides in the fruiting bodies of *P. citrinopileatus* had less variability from 2.54 ± 0.54 (SC3) to $4.72 \pm 0.61\%$ (SC1). Indicators of the content of other polysaccharides were calculated, but their greatest value was recorded in the fruiting bodies of *C. aegerita* on SC2 substrate ($73.86 \pm 0.83\%$), the smallest

value also for this cultivar, on SC3 substrate ($61.45 \pm 1.12\%$).

As a result of comparing the means by the Mann–Whitney U-Test method, a significant difference was determined between the studied crops in terms of ash content. The highest index was observed for the fruiting bodies of *P. citrinopileatus* obtained from SC2 substrate ($10.14 \pm 1.19\%$), the lowest – for the fruiting bodies of *C. aegerita* from substrates of the same composition ($1.47 \pm 0.35\%$).

Based on the results of two-factor statistical analysis, a significant effect of the content of substrate compositions on the content of dry matter (DM) in the fruiting bodies of cultivars was determined. The highest DM content was observed in *C. aegerita* mushrooms from SC2 substrate ($10.52 \pm 0.15\%$), the lowest – in *P. citrinopileatus* from SC3 ($8.22 \pm 0.03\%$). According to univariate analysis, the fruiting bodies of *P. citrinopileatus* grown on SC1 substrate had the highest DM content ($10.33 \pm 0.29\%$), while the fruiting bodies of *C. aegerita* on the same substrate had the lowest one ($8.67 \pm 0.49\%$).

The chemical composition of the obtained fruiting bodies coincides with the results of previous researchers [23]. For example, under the conditions of *C. aegerita* cultivation on substrates with the addition of fermented chicken manure, the lipid content in the fruiting bodies varied from 1.02 to 2.28%, while the content of crude proteins varied from 27.1 to 37.6% when using the composition «straw / waste / millet» in the ratio 70 : 10 : 20 [12]. According to Musieba [24], the fruiting bodies of the golden oyster mushroom contained $22.10 \pm 2.03\%$ crude pro-

teins on substrates containing straw. So, the investigated substrate compositions make it possible to obtain the fruiting bodies of *P. citrinopileatus* and *C. aegerita* with satisfactory indicators of nutritional value.

Conclusions

The possibility of using agricultural by-products for the effective cultivation of wood-decay fungi *P. citrinopileatus* and *C. aegerita* was investigated. The significant influence of the composition of substrates on technological and chemical parameters of the studied crops was determined. The efficiency of using a substrate composition from barley straw, fuel pellets from sunflower husk, rapeseed, corn flour, and CaCO₃ in a ratio of 40 : 90 : 20 : 25 : 1 by mass fractions was proven. The obtained results made it possible to assess positively nutritional value of fruit bodies by the content of crude proteins in terms of the amount digested in the human body – from 17.38 to 22.47% in dry matter in *P. citrinopileatus* and from 19.62 to 21.78% in *C. aegerita*. The presence of endopolysaccharides in the fruiting bodies of *P. citrinopileatus* (2.54–4.72%) and *C. aegerita* (1.38–6.81%) indicates the possibility of their use as a source of functional substances in therapeutic nutrition.

References

- Prasad, S., Rathore, H., Sharma, S., & Yadav, A. S. (2015). Medicinal mushrooms as a source of novel functional food. *Int. J. Food Sci. Nutr. Diet.*, 04(5), 221–225. doi: 10.19070/2326-3350-1500040
- Royse, D. J., Baars, J., & Tan, Q. (2017). Current overview of mushroom production in the world. In C. Zied Diego, & A. Pardo-Giménez (Eds.), *Edible and medicinal mushrooms: technology and applications* (pp. 5–13). New York, NY: John Wiley & Sons. doi: 10.1002/9781119149446.ch2
- Miyazawa, M., Dejima, Y., Takahashi, T., Matsuda, N., & Ishikawa, R. (2011). Characteristic Odor Components of Essential Oil from Dried Fruiting Bodies of Golden Oyster Mushroom (*Pleurotus citrinopileatus*). *J. Essent. Oil Res.*, 23(3), 58–63. doi: 10.1080/10412905.2011.9700459
- Musieba, F., & Okoth, S. (2011). First record of the occurrence of *Pleurotus citrinopileatus* Singer on new hosts in Kenya. *Agric. Biol. J. North Am.*, 2(9), 1304–1309. doi: 10.5251/abjna.2011.2.9.1304.1309
- Tarnopol'skaya, V. V., Alaudinova, E. V., Savolaynen, A. S., & Rop-topulo, S. I. (2014). Chemical composition of *Pleurotus xylo-troph basidiomycetes* in submerged culture. *Hvojnye boreal'noj zony* [Conifers of the Boreal Area], 32(1–2), 78–80. [in Russian]
- Chen, P. H., Weng, Y. M., Lin, S. M., Yu, Z. R., & Wang, B. J. (2017). Molecular weight affected antioxidant, hypoglycemic and hypotensive activities of cold-water extract from *Pleurotus citrinopileatus*. *J. Food Sci.*, 82(10), 2456–2461. doi: 10.1111/1750-3841.13851
- Minato, K. I. (2008). Immunomodulation activity of a polysaccharide fraction of a culinary-medicinal mushroom, *Pleurotus citrinopileatus* Singer (Agaricomycetidae), *in vitro*. *Int. J. Med. Mushrooms*, 10(3), 235–244. doi: 10.1615/IntJMedMushr.v10.i3.40
- Sheng, Y., Zhao, C., Zheng, S., Mei, X., Huang, K., Wang, G., & He, X. (2019). Anti-obesity and hypolipidemic effect of water extract from *Pleurotus citrinopileatus* in C57 BL/6J mice. *Food Sci. Nutr.*, 7(4), 1295–1301. doi: 10.1002/fsn3.962
- Bandura, I. I., Kulyk, A. S., & Koliadenko, V. V. (2020). Xylo-trophic mushrooms as a source of bioactive substances for functional nutrition. *Praci Tavrijs'kogo derzavnogo agrotehnologičnogo universitetu* [Proceedings of the Tavria State Agro-technological University], 20(2), 132–140. doi: 10.31388/2078-0877-20-2-132-141 [in Ukrainian]
- Diyabalanage, T., Mulabagal, V., Mills, G. L., DeWitt, D. L., & Nair, M. G. (2008). Health-beneficial qualities of the edible mushroom, *Agrocybe aegerita*. *Food Chem.*, 108(1), 97–102. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.10.049
- Jing, H., Li, J., Zhang, J., Wang, W., Li, S., Ren, Z., ... Jia, L. (2018). The antioxidative and anti-aging effects of acidic and alkalic-extractable mycelium polysaccharides by *Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. *Int. J. Biol. Macromol.*, 106, 1270–1278. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.08.138
- Isikhuemhen, O. S., Mikiashvili, N. A., & Kelkar, V. (2009). Application of solid waste from anaerobic digestion of poultry litter in *Agrocybe aegerita* cultivation: mushroom production, lignocellulolytic enzymes activity and substrate utilization. *Biodegradation*, 20(3), 351–361. doi: 10.1007/s10532-008-9226-y
- Jasińska, A., Siwulski, M., & Sobieralski, K. (2012). Mycelium growth and yielding of black poplar mushroom – *Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. on different substrates. *J. Agric. Sci. Technol.*, 2(9), 1040–1047.
- Kleofas, V., Sommer, L., Fraatz, M. A., Zorn, H., & Rühl, M. (2014). Fruiting body production and aroma profile analysis of *Agrocybe aegerita* cultivated on different substrates. *Nat. Res.*, 5(6), 233–240. doi: 10.4236/nr.2014.56022
- Bandura, I., Kulyk, A., Chausov, S., & Tsyg, O. (2020). Influence of plant substrate composition on the efficiency of edible mushrooms cultivation *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.), *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel., *Pleurotus citrinopileatus* Singer and *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer. *Visnik agrarnoi nauki Pricornomor'â* [Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science], 3, 62–71. doi: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)-8 [in Ukrainian]
- Bukhalo, A. S., & Dudka, I. A. (1988). *Vysshnye syedobnynye bazidiomitsety v chistoy kulture* [Higher edible basidiomycetes in pure culture]. Kyiv: Naukova dumka. [in Ukrainian]
- Wanzenböck, E., Apprich, S., Tirpanalan, Ö., Zitz, U., Kracher, D., Schedle, K., & Kneifel, W. (2017). Wheat bran biodegradation by edible *Pleurotus* fungi – A sustainable perspective for food and feed. *LWT – Food Science and Technology*, 86, 123–131. doi: 10.1016/j.lwt.2017.07.051
- Pardo-Giménez, A., Catalán, L., Carrasco, J., Álvarez-Ortí, M., Zied, D., & Pardo, J. (2016). Effect of supplementing crop substrate with defatted pistachio meal on *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* production. *J. Sci. Food Agric.*, 96(11), 3838–3845. doi: 10.1002/jsfa.7579
- Boromenskyi, D. O., & Bisko, N. A. (2020). Influence of cultivation conditions on biomass and endopolysaccharide production by species of the genus *Ganoderma* (Ganodermataceae). *Ukr. Bot. J.*, 77(2), 117–124. doi: 10.15407/ukrbotj77.02.117 [in Ukrainian]
- Zenova, G. M., Stepanov, A. L., Likhacheva, A. A., & Manucharova, N. A. (2002). *Praktikum po biologii pochv* [Soil Biology Workshop]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta. [in Russian]
- Chang, S. T., & Hayes, W. A. (Eds.). (2013). *The biology and cultivation of edible mushrooms*. New York, NY: Academic Press.
- Harkov, V. V., Tuncsev, D. V., & Kuznecov, M. G. (2018). Thermochemical processing of sunflower husk. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Kazan State Agrarian University], 4, 130–134. doi: 10.12737/article_5c3de39d111083.70940804 [in Russian]
- Shevale, S. B., & Deshmukh, H. V. (2016). Yield performance and nutritional analysis of *Pleurotus* species on different agro wastes and vegetable wastes. *Int. J. Plant Prot.*, 9(1), 162–167. doi: 10.15740/HAS/IJPP/9.1/162-167

24. Musieba, F., Okoth, S., Mibey, R. K., Wanjiku, S., & Mora, K. (2013). Proximate composition, amino acids and vitamins profile of *Pleurotus citrinopileatus* Singer: an indigenous mushroom in Kenya. *Am. J. Food Technol.*, 8(3), 200–206. doi: 10.3923/ajft.2013.200.206
- ### Використана література
- Prasad S., Rathore H., Sharma S., Yadav A. S. Medicinal mushrooms as a source of novel functional food. *Int. J. Food Sci. Nutr. Diet.* 2015. Vol. 04, Iss. 5. P. 221–225. doi: 10.19070/2326-3350-1500040
 - Royse D. J., Baars J., Tan Q. Current overview of mushroom production in the world. *Edible and medicinal mushrooms: Technology and applications* / C. Zied Diego, A. Pardo-Giménez (Eds.). New York, NY : John Wiley & Sons, 2017. P. 5–13. doi: 10.1002/9781119149446.ch2
 - Miyazawa M., Dejima Y., Takahashi T. et al. Characteristic Odor Components of Essential Oil from Dried Fruiting Bodies of Golden Oyster Mushroom (*Pleurotus citrinopileatus*). *J. Essent. Oil Res.* 2011. Vol. 43, Iss. 3. P. 58–63. doi: 10.1080/10412905.2011.9700459
 - Musieba F., Okoth S. First record of the occurrence of *Pleurotus citrinopileatus* Singer on new hosts in Kenya. *Agric. Biol. J. North Am.* 2011. Vol. 2, Iss. 9. P. 1304–1309. doi: 10.5251/abjna.2011.2.9.1304.1309
 - Тарнопольская В. В., Алаудинова Е. В., Саволайнен А. С., Поптопуло С. И. Химический состав глубинной культуры ксилотрофных базидиомицетов рода *Pleurotus*. *Хвойные бореальной зоны*. 2014. Т. 32, № 1–2. С. 78–80.
 - Chen P. H., Weng Y. M., Lin S. M. et al. Molecular weight affected antioxidant, hypoglycemic and hypotensive activities of cold-water extract from *Pleurotus citrinopileatus*. *J. Food Sci.* 2017. Vol. 82, Iss. 10. P. 2456–2461. doi: 10.1111/1750-3841.13851
 - Minato K. I. Immunomodulation activity of a polysaccharide fraction of a culinary-medicinal mushroom, *Pleurotus citrinopileatus* Singer (Agaricomycetidae), *in vitro*. *Int. J. Med. Mushrooms*. 2008. Vol. 10, Iss. 3. P. 235–244. doi: 10.1615/IntJMedMushr.v10.i3.40
 - Sheng Y., Zhao C., Zheng S. et al. Anti-obesity and hypolipidemic effect of water extract from *Pleurotus citrinopileatus* in C57 BL/6J mice. *Food Sci. Nutr.* 2019. Vol. 7, Iss. 4. P. 1295–1301. doi: 10.1002/fsn3.962
 - Бандура І. І., Кулик А. С., Коляденко В. В. Ксилотрофні гриби як джерело біоактивних речовин для функціонального харчування. *Праці Таврійського держ. агротехнол. ун-ту*. 2020. Т. 2, Вип. 20. С. 132–140. doi: 10.31388/2078-0877-20-2-132-141
 - Diyabalanage T., Mulabagal V., Mills G. et al. Health-beneficial qualities of the edible mushroom, *Agrocybe aegerita*. *Food Chem.* 2008. Vol. 108, Iss. 1. P. 97–102. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.10.049
 - Jing H., Li J., Zhang J. et al. The antioxidative and anti-aging effects of acidic-and alkaline-extractable mycelium polysaccharides by *Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. *Int. J. Biol. Macromol.* 2018. Vol. 106. P. 1270–1278. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.08.138
 - Isikhumhen O. S., Mikiashvili N. A., Kelkar V. Application of solid waste from anaerobic digestion of poultry litter in *Agrocybe aegerita* cultivation: mushroom production, lignocellulolytic enzymes activity and substrate utilization. *Biodegradation*. 2009. Vol. 20, Iss. 3. P. 351–361. doi: 10.1007/s10532-008-9226-y
 - Jasińska A., Siwulski M., Sobieralski K. Mycelium growth and yielding of black poplar mushroom – *Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. on different substrates. *J. Agric. Sci. Technol.* 2012. Vol. 2, Iss. 9. P. 1040–1047.
 - Kleofas V., Sommer L., Fraatz M. A. et al. Fruiting body production and aroma profile analysis of *Agrocybe aegerita* cultivated on different substrates. *Nat. Res.* 2014. Vol. 5, Iss. 6. P. 233–240. doi: 10.4236/nr.2014.56022
 - Бандура І. І., Кулик А. С., Чаусов С. В., Цизь О. М. Вплив складу рослинних субстратів на ефективність культивування їстівних грибів *Cyclocybe aegerita* (V.Brig.), *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel., *Pleurotus citrinopileatus* Singer та *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer. *Вісн. аграр. науки Причорномор'я*. 2020. № 3. С. 62–71. doi: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)-8
 - Бухало А. С., Дудка И. А. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре. Киев : Наукова думка, 1988. 144 с.
 - Wanzenböckab E., Apprichab S., Tirpanalanab Ö. et al. Wheat bran biodegradation by edible *Pleurotus* fungi – A sustainable perspective for food and feed. *LWT – Food Sci. Technol.* 2017. Vol. 86. P. 123–131. doi: 10.1016/j.lwt.2017.07.051
 - Pardo-Giménez A., Catalán L., Carrasco J. et al. Effect of supplementing crop substrate with defatted pistachio meal on *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* production. *J. Sci. Food Agric.* 2016. Vol. 96, Iss. 11. P. 3838–3845. doi: 10.1002/jsfa.7579
 - Бороменський Д. О., Бісько Н. А. Вплив умов культивування на накопичення біомаси та ендополісахаридів грибами роду *Ganoderma* (Ganodermataceae). *Ukr. Bot. J.* 2020. Т. 77, № 2. С. 117–123. doi: 10.15407/ukrbotj77.02.117
 - Зенова Г. М., Степанов А. Л., Лихачева А. А., Манучарова Н. А. Практикум по биологии почв. Москва : Изд-во МГУ, 2002. 120 с.
 - The biology and cultivation of edible mushrooms / S. T. Chang, & W. A. Hayes (Eds.). New York, NY : Academic press, 2013. 842 p.
 - Харьков В. В., Тунцев Д. В., Кузнецов М. Г. Термохимическая переработка лузги подсолнечника. *Вестник Казанского ГАУ*. 2018. № 4. С. 130–134. doi: 10.12737/article_5c3de39d111083.70940804
 - Shevale S. B., Deshmukh H. V. Yield performance and nutritional analysis of *Pleurotus* species on different agro wastes and vegetable wastes. *Int. J. Plant Prot.* 2016. Vol. 9, Iss. 1. P. 162–167. doi: 10.15740/HAS/IJPP/9.1/162-167
 - Musieba F., Okoth S., Mibey R. K. et al. Proximate composition, amino acids and vitamins profile of *Pleurotus citrinopileatus* Singer: an indigenous mushroom in Kenya. *Am. J. Food Technol.* 2013. Vol. 8, Iss. 3. P. 200–206. doi: 10.3923/ajft.2013.200.206

УДК 635.89/577.11

Бандура І. І.^{1*}, Кулик А. С.¹, Макогон С. В.¹, Хареба О. В.², Хареба В. В.² Вплив складу субстрату на врожайність і показники харчової цінності плодових тіл їстівних грибів *Pleurotus citrinopileatus* та *Cyclocybe aegerita*. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 2. С. 130–138. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236519>

¹Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, пр-т Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Запорізька обл., 72312, Україна, *e-mail: irabandura@gmail.com

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

Мета. Установити вплив складу субстратних композицій на технічні-показники та хімічний склад плодових тіл гливи золотої та опенька тополевого. **Методи.** Схема експерименту включала вирощування двох видів дереворуйнівних грибів *Pleurotus citrinopileatus* Singer (штам

2161 IBK) та *Cyclocybe aegerita* (V.Brig.) Vizzini (штам 2230 IBK) на трьох варіантах субстратних композицій. Застосовано лабораторні, лабораторно-виробничі методи оцінки ефективності технології вирощування, хімічного складу отриманої сировини, статистичні методи

аналізу. **Результати.** Структура та склад субстратів впливають на технологічні характеристики культури, фізичні та хімічні властивості плодівих тіл. Найкоротший цикл плодоношення у $35,2 \pm 1,7$ доби визначено для культури *C. aegerita* за умов вирощування на субстраті СК1 з формулою «солома / лушпиння / гранули / ріпак / кукурудза / крейда» у співвідношенні 30 : 40 : 70 : 20 : 20 : 1. Найвищу врожайність ($170,5 \pm 15,2$ г на 1 кг субстрату) у досліді визначено для *P. citrinopileatus* на субстраті СК2 з формулою «солома / гранули / ріпак / кукурудза / крейда» у співвідношенні 40 : 90 : 20 : 25 : 1. Плодові тіла *P. citrinopileatus*, отримані із субстрату СК3 з формулою «гранули / ріпак / кукурудза / крейда» у співвідношенні 60 : 110 : 20 : 30 : 1, мали найвищий у досліді вміст білків – $22,47 \pm 0,19\%$, а найменшу кількість білків – $17,38 \pm 2,60\%$ – мали плодові тіла із субстрату СК1. Плодові тіла *C. aegerita* містили більше ліпідів порівняно

з плодовими тілами *P. citrinopileatus*, але чинник впливу складу субстрату на загальну кількість ліпідів для деяких культиварів виявився несуттєвим. Найвищу кількість ендopolісахаридів виділено з плодівих тіл *C. aegerita* ($6,81 \pm 0,41\%$), отриманих із субстрату СК3, а найменшу – у варіанті СК1 ($1,38 \pm 0,25\%$). Уміст ендopolісахаридів у плодівих тілах *P. citrinopileatus* мав меншу варіативність: від $2,54 \pm 0,54$ (СК3) до $4,72 \pm 0,61\%$ (СК1). **Висновки.** Склад субстратних композицій суттєво впливає на біологічну ефективність культиварів та вміст нутрієнтів у плодівих тілах досліджених видів. Отримані результати дають змогу грибівникам спрогнозувати ефективність вирощування та якість отриманих грибів відповідно до використання доступної сировини.

Ключові слова: культивування грибів; глива золота; опеньок тополевий; біологічна ефективність; хімічний склад.

Надійшла / Received 28.04.2021
Погоджено до друку / Accepted 03.06.2021

Особливості росту рослин сорго зернового [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння в умовах Правобережного Лісостепу України

Л. А. Правдива

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

Мета. Установити оптимальні ширину міжрядь та норму висіву насіння сорго зернового сортів 'Дніпровський 39' й 'Вінець', обґрунтувати їхній вплив на тривалість вегетаційного періоду й біометричні показники рослин в умовах Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Польовий, лабораторний, математично-статистичний. **Результати.** Найінтенсивніший ріст і розвиток рослин сорго зернового відзначено за сівби насіння із шириною міжрядь 45 см та нормою висіву 200 тис. шт./га. Зокрема, тривалість вегетаційного періоду за таких умов була найменшою: 108 діб у сорту 'Дніпровський 39' та 106 діб у сорту 'Вінець'. Водночас показники польової схожості насіння, висоти рослин та діаметра стебла були максимальними в досліді: 'Дніпровський 39' – 88,7%, 137,3 та 1,7 см, 'Вінець' – 86,9%, 121,8 та 1,6 см відповідно. Установлено, що зі збільшенням норми висіву насіння зменшуються показники продуктивної куцистості, площі листової поверхні та маси однієї рослини. Найінтенсивніше рослини сорго зернового куцилились за норми висіву насіння 150 та 200 тис. шт./га за всіх досліджуваних варіантів ширини міжрядь: у середньому до двох добре виповнених зерном волоті на одну рослину залежно від сортових особливостей. За норми 250 тис. шт./га куциння рослин в обох сортів відбувалося дещо слабкіше – 1,0–1,1 волоті на рослину. Найбільшими показники площі листової поверхні та маси однієї рослини були за ширини міжрядь 45 см: 1528–2320 см² і 169,2–185,6 г у сорту 'Дніпровський 39' та 1476–2180 см² і 143,1–162,3 г у сорту 'Вінець' залежно від густоти посіву. Зменшення ширини міжрядь до 15 см і збільшення до 70 см призводило до зниження основних параметрів росту й розвитку рослин. **Висновки.** Найліпше розвивалися рослини сорго зернового за сівби із шириною міжрядь 45 см та нормою висіву 200 тис. шт./га, які й рекомендуються для вирощування культури в умовах Правобережного Лісостепу України.

Ключові слова: сорти; вегетаційний період; польова схожість насіння; біометричні показники.

Вступ

Сорго зернове – поширена посухо- та солестійка рослина, що має значні переваги у вирощуванні, зберіганні та використанні порівняно з іншими зерновими культурами [1–3]. Ефективність його вирощування зумовлена високою врожайністю та універсальністю використання: у харчовій промисловості, кормовиробництві й енергетичній галузі [4–8]. Сорго займає у світі п'яте місце після пшениці, рису, кукурудзи та ячменю, і трете серед зернофуражних культур, і вирощується здебільшого для виробництва біопалива [9].

Отримання високої продуктивності сорго зернового можливе лише за формування оптимальної густоти стеблостою та рівномірного розподілу рослин на посівній площі з урахуванням морфологічних особливостей досліджуваних сортів. Із шириною міжрядь і густотою посівів тісно пов'язані важливі функції рослин, як-от живлення, транспіра-

ція, тривалість вегетаційного періоду, ріст і розвиток рослин тощо [10–13].

За даними М. О. Бойка [14], Л. Х. Макарова та М. В. Скорого [15], оптимальним є широко-рядний спосіб сівби з міжряддям 70 см. Однак в умовах Півдня України доцільніше висівати низькоросле сорго зернове за ширини міжрядь 45 см. За таких умов приріст урожайності зерна, порівняно з міжряддями 70 см, становив приблизно 0,5 т/га.

В умовах Лісостепу України для одержання врожайності зерна на рівні 8,0–8,3 т/га сорго зернове рекомендується висівати нормою 300–400 тис. насінин/га за ширини міжрядь 45 см та з унесенням мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{60}K_{60}$ [16].

За даними С. М. Каленської та В. М. Найденко [17], в умовах Лівобережного Лісостепу України максимальну врожайність гібриди сорго зернового формували за сівби з міжряддями завширшки 50 см.

Пряму залежність між способом сівби, нормою висіву й тривалістю фенофаз встановлено дослідниками в умовах Східного Лісостепу України [18]. Зокрема, спостерігалось скорочення фази виходу в трубку внаслідок

Liudmyla Pravdyva
<https://orcid.org/0000-0002-5510-3934>

послаблення ценотичної напруги між рослинами в посівах у разі зменшення норм висіву насіння та звуження ширини міжрядь із 70 до 45 см і, відповідно, збільшення тривалості періодів куціння й формування–достигання зерна за дії цих же чинників.

Водночас сьогодні практично відсутні докладні наукові дані щодо особливостей росту й розвитку рослин сорго зернового залежно від впливу ширини міжрядь і норм висіву насіння в умовах Правобережного Лісостепу України, що, власне, й визначає актуальність проведення таких досліджень.

Мета досліджень – установити оптимальні ширину міжрядь та норму висіву насіння сорго зернового сортів ‘Дніпровський 39’ і ‘Вінець’, обґрунтувати їхній вплив на тривалість вегетаційного періоду й біометричні показники рослин в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2016–2020 рр. у зоні нестійкого зволоження в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий малогумусний, крупнопилувато-середньосуглинкового гранулометричного складу. Карбонати магнію й кальцію залягають на глибині 55–65 см. Орний шар (0–30 см) містить приблизно 17% мулуватих частинок та від 46 до 54% крупного пилу. Агрофізичні й агрохімічні властивості орного шару ґрунту (0–30 см) характеризуються такими показниками: уміст гумусу – 3,5%, загального азоту – 0,31%; легкогідролізованого азоту (N) – 13,4; P₂O₅ – 27,6; K₂O – 9,8 мг/100 г ґрунту; гідролітична кислотність – 2,41 мг-екв. Ступінь насиченості основами – 90%.

Схема дослідів: *чинник А* – сорти: ‘Дніпровський 39’, ‘Вінець’; *чинник В* – ширина міжрядь: 15, 45 і 70 см; *чинник С* – норма висіву насіння: 150, 200 та 250 тис. шт./га.

Площа посівної ділянки – 50 м², облікової – 25 м². Повторюваність дослідів – чотириразова. Дослід закладали за методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти дослідів розміщували на ділянках послідовно.

У дослідженнях здійснювали фенологічні спостереження за рослинами: початок кожної фази росту й розвитку встановлювали після настання її у 10% рослин, масові значення – у 75% рослин. Польову схожість насіння визначали після формування повних сходів, відношенням кількості насіння,

що зійшло, до висіяного, виражене у відсотках. Висоту рослин визначали мірною лінійкою від поверхні ґрунту до верхівки головного стебла в досліджуваній фазі росту й розвитку (40 постійних рослин на двох несутіжних повтореннях). Діаметр стебла визначали штангенциркулем на висоті скошування рослин у період збирання культури [19, 20].

Досліджувані сорти сорго зернового посухостійкі, добре реагують на зрошення та високий агрофон, середньо пошкоджуються злаковими попелицями [21].

‘Дніпровський 39’. Оригінація – Синельниківська селекційно-дослідна станція Інституту зернових культур НААН України. Ранньостиглий, занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні з 2000 р. Рекомендований для вирощування на зерно. Потенційна врожайність зерна – 6–7 т/га.

‘Вінець’. Оригінація – Генічеська ДС Інституту зернових культур НААН України. Ранньостиглий, занесений до Державного реєстру з 2004 р. Напрямок використання – зерновий і зерно-кормовий. Потенційна врожайність зерна – до 4–6 т/га (на незрошуваних землях).

Результати досліджень

Установлено, що ширина міжрядь та норма висіву насіння сорго зернового обох сортів впливали як на тривалість вегетаційного періоду культури, так і на ріст і розвиток рослин загалом. Найкоротшим періодом вегетації був за ширини міжрядь 45 см і залежно від норми висіву становив від 108 до 111 діб у сорту ‘Дніпровський 39’ та від 106 до 111 діб у сорту ‘Вінець’ (табл. 1).

За сівби насіння із шириною міжрядь 15 см вегетаційний період був дещо більшим і становив від 117 до 119 діб у сорту ‘Дніпровський 39’ та від 115 до 117 діб у сорту ‘Вінець’. Найдовший період вегетації відзначено за сівби із шириною міжрядь 70 см: у сорту ‘Дніпровський 39’ він становив 116–120 діб, у сорту ‘Вінець’ – 114–119 діб.

Щодо норми висіву, то цей чинник не мав суттєвого впливу на тривалість міжфазних періодів росту й розвитку рослин: з її збільшенням зі 150 до 250 тис. насінин/га різниця була в межах однієї-двох діб.

Відповідно до параметрів ширини міжрядь та кількості висіяних насінин змінювалася й польова схожість обох сортів культури (рис. 1 і 2).

За сівби насіння із шириною міжрядь 45 см та норми висіву 200 тис. шт./га його польова схожість була найвищою й становила 88,7%

Таблиця 1

Тривалість фенологічних фаз сорго зернового залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння, діб (середнє за 2016–2020 рр.)

Сорт	Ширина міжрядь, см	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Тривалість фенологічних фаз										Вегетаційний період
			сівба–поява сходів	повні сходи	3–4 листки	кущіння	вихід у трубку	стеблуння	викидання волоті	цвітіння–формування зернівки	молочно-воскова стиглість	повна стиглість	
'Дніпровський 39'	15	150	11	5	5	16	13	14	4	18	21	12	119
		200	10	5	5	16	13	14	4	18	20	12	117
		250	10	5	5	17	13	14	4	18	20	12	118
	45	150	10	5	4	15	12	13	4	17	19	12	111
		200	9	4	4	15	12	13	4	17	19	11	108
		250	9	4	4	15	13	13	4	18	19	11	110
	70	150	9	4	5	17	13	14	4	18	20	12	116
		200	9	4	5	18	13	14	5	19	20	13	120
		250	9	4	5	18	13	14	5	19	20	13	120
'Вінець'	15	150	10	5	5	16	13	13	4	19	20	12	117
		200	9	5	5	15	13	13	4	19	20	12	115
		250	9	5	5	15	13	13	4	20	20	12	116
	45	150	9	4	4	14	13	13	4	19	19	12	111
		200	9	4	4	13	12	12	4	18	19	11	106
		250	9	4	4	14	13	12	4	18	19	11	108
	70	150	9	4	5	15	13	13	4	19	20	12	114
		200	9	4	5	16	13	13	5	19	20	12	116
		250	9	4	5	16	13	14	5	20	20	13	119
НІР _{0,05}												1,0	

у сорту 'Дніпровський 39' та 86,9% у сорту 'Вінець'. За цієї ж ширини міжрядь, але норм висіву 150 та 250 тис. насінин/га, польова схожість була дещо меншою: 'Дніпровський 39' – 87,2 та 88,0%, 'Вінець' – 85,7 та 85,9% відповідно.

Насіння, висіяне ширококорядним способом (70 см), мало дещо нижчу польову схожість, яка за норми висіву 150, 200 та 250 тис. шт./га становила в сорту 'Дніпровський 39' – 83,0; 84,6 та 83,2%; у 'Вінець' – 82,0; 84,7 та 83,2% відповідно.

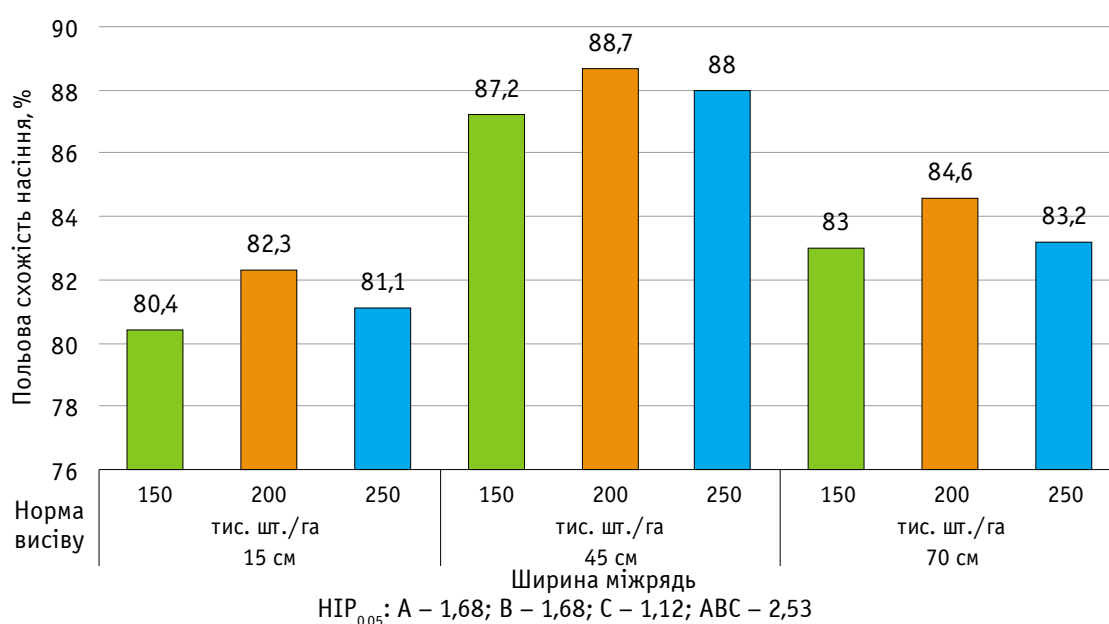


Рис. 1. Польова схожість насіння сорго зернового 'Дніпровський 39' залежно від ширини міжрядь та норми висіву, % (середнє за 2016–2020 рр.)

За вузькорядної сівби (15 см) польова схожість висіяного насіння була найменшою і становила за норми висіву 150 тис. шт./га в сорту 'Дніпровський 39' 80,4%, у 'Вінець' – 79,7%; 200 тис. шт./га – 82,3 та 81,4%, 250 тис. шт./га – 81,1 та 81,0% відповідно.

У середньому по досліді в сорту 'Дніпровський 39' за ширини міжрядь 15 см вона становила 81,3%; 45 см – 87,9%; 70 см – 83,6%; у сорту 'Вінець' – 80,7; 86,2 та 83,3% відповідно.

Щодо польової схожості насіння залежно від норми висіву, то в середньому по досліді в сорту 'Дніпровський 39' вона становила: 150 тис. шт./га – 83,5%; 200 тис. шт./га – 85,2%; 250 тис. шт./га – 84,1%; у сорту 'Вінець' – 82,4; 84,3 та 83,4% відповідно.

Загалом у сорту 'Дніпровський 39' цей показник залежно від ширини міжрядь у середньому становив 84,3%, у сорту 'Вінець' – 83,4%.

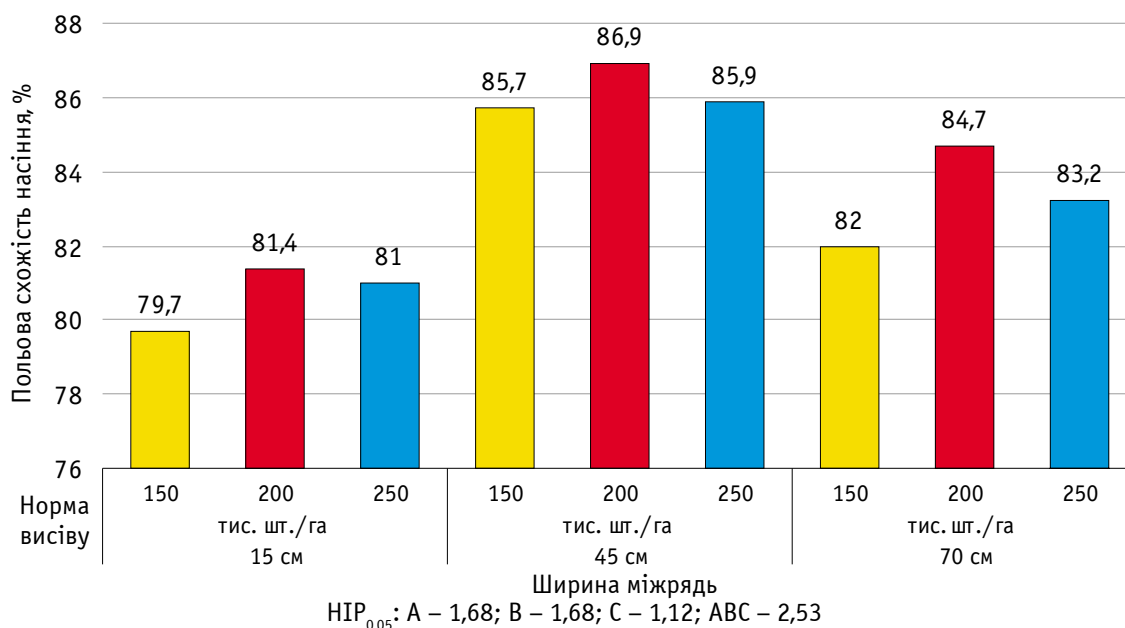


Рис. 2. Польова схожість насіння сорго зернового 'Вінець' залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння, % (середнє за 2016–2020 рр.)

Одним із основних морфо-фізіологічних показників рослин є їхня висота [22]. На час збирання врожаю сорго зернового найвищі рослини відзначено у варіанті сівби із шириною міжрядь 45 см: у сорту 'Дніпровський 39' за норми висіву насіння 150, 200 та 250 тис. шт./га – 130,9; 137,3 та 134,8 см; у сорту 'Вінець' – 120,3; 121,8 та 120,7 см відповідно. За ширини міжрядь 15 см цей показник становив 128,4; 134,7 і 133,1 см та 119,6; 120,4 та 119,6 см за сортами відповідно. За сівби із шириною міжрядь 70 см рослини були дещо нижчими: 'Дніпровський 39' – від 127,8 до 131,1 см, 'Вінець' – від 118,9 до 120,7 см.

Діаметр (товщина) стебла характеризує ріст рослин сорго, від якого залежить їхня стійкість до вилягання й продуктивність. Найменшим цей показник на час збирання культури був за норми висіву насіння 250 тис. шт./га і за ширини міжрядь 15, 45 і 70 см становив відповідно 1,4; 1,5 та 1,3 см у сорту 'Дніпровський 39' та 1,4; 1,4 і 1,2 см у сорту 'Вінець'. За оптимальних параметрів ширини міжрядь (45 см) та норми висіву насіння

(200 тис. шт./га) діаметр стебла мав найвищі значення в обох досліджуваних сортах, що пояснюється зміною площі живлення рослин унаслідок зменшення і збільшення ширини міжрядь та кількості рослин на одиниці довжини рядка, відповідно підвищення конкуренції рослин у посівах упродовж усього періоду росту й розвитку.

Важливим показником, що визначає величину асиміляційної поверхні злакових культур на одиниці площі, є куцистість, яка залежить від особливостей розвитку рослин, зокрема від здатності в конкретних умовах утворювати додаткові пагони. Процес куциння в сорго залежить від особливостей сорту та умов вирощування. Продуктивна куцистість є одним з основних елементів структури врожайності [23].

За всіх досліджуваних варіантів ширини міжрядь найбільшу продуктивну куцистість культури зафіксовано за норми висіву насіння 150 тис. шт./га, найменшу – за 250 тис. шт./га. В останньому випадку рослини обох сортів практично не куцилися – 1,0–1,1 шт. на рослину. Це пояснюється тим, що зі збіль-

шенням норми висіву насіння з 150 до 250 тис. шт./га зменшується площа живлення рослин, унаслідок чого рослини конкурують між собою, що негативно впливає на куцистість.

Зі збільшенням ширини міжрядь до 70 см чи зменшенням до 15 см кількість стебел на одній рослині зменшується внаслідок зміни форми площі живлення (табл. 2).

Таблиця 2

Біометричні показники рослин сортів сорго зернового залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння (середнє за 2016–2020 рр.)

Сорт	Ширина міжрядь, см	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Період				
			збирання				викидання волоті–цвітіння
			висота рослин, см	діаметр стебла, см	куцистість, шт./росл.	маса однієї рослини, г	площа листової поверхні однієї рослини, см ²
'Дніпровський 39'	15	150	128,4	1,5	1,5	174,2	1826
		200	134,7	1,6	1,5	167,8	1430
		250	133,1	1,4	1,4	153,2	1172
	45	150	130,9	1,6	1,9	185,6	2320
		200	137,3	1,7	1,8	177,6	1890
		250	134,8	1,5	1,7	169,2	1528
	70	150	127,8	1,4	1,2	131,4	1790
		200	131,1	1,3	1,1	124,1	1480
		250	129,4	1,3	1,0	114,3	1152
'Вінець'	15	150	119,5	1,5	1,8	158,6	1813
		200	120,4	1,5	1,6	150,3	1420
		250	119,6	1,4	1,5	141,5	1192
	45	150	120,3	1,5	2,0	162,3	2180
		200	121,8	1,6	1,9	157,6	1780
		250	120,7	1,4	1,8	143,1	1476
	70	150	118,9	1,3	1,4	124,3	1720
		200	120,7	1,3	1,2	116,3	1365
		250	120,1	1,2	1,1	112,8	1156
H _{IP} _{0,05} : A		1,13	0,068	0,062	1,62	9,38	
B		1,13	0,068	0,062	1,62	9,38	
C		0,75	0,047	0,041	1,08	6,25	
ABC		1,70	0,098	0,094	2,43	14,07	

Площа листової поверхні збільшувалася від фази куціння до фази повного цвітіння. Надалі вона починала зменшуватися до фази повної стиглості зерна через інтенсивне відмирання нижніх листків та припинення утворення нових. Найбільша площа листової поверхні однієї рослини спостерігалася за найменшою густиною в усіх досліджуваних варіантах [24].

У сорту 'Дніпровський 39' за норми висіву 150 тис. шт./га площа листової поверхні однієї рослини була максимальною у фазі цвітіння й за ширини міжрядь 15, 45 та 70 см становила 1826, 2320 та 1790 см². Із загущенням посівів цей показник зменшувався: за норми висіву 200 тис. шт./га – 1430, 1890 та 1480 см²; 250 тис. шт./га – 1172, 1528 та 1152 см² відповідно. Аналогічна закономірність спостерігалася і в сорту 'Вінець': за норми 150 тис. шт./га площа листової поверхні однієї рослини за ширини міжрядь 15, 45 та 70 см становила 1813, 2180 та 1720 см². Із загущенням посівів площа листової поверхні однієї рослини зменшувалась: 200 тис. шт./га – 1420, 1780 та 1365 см²; 250 тис. шт./га – 1192, 1476 та 1156 см² відповідно.

Найбільшою маса однієї рослини була за оптимальної ширини міжрядь (45 см): 169,2–185,6 г у сорту 'Дніпровський 39' та 143,1–162,3 г у сорту 'Вінець'.

Зменшення ширини міжрядь до 15 см і збільшення до 70 см та зменшення норми висіву до 150 тис. шт./га і збільшення до 250 тис. шт./га призводило до зниження біометричних показників, які є складниками врожайності культури.

Висновки

Найліпше розвивалися рослини сорго зернового за сівби із шириною міжрядь 45 см та нормою висіву 200 тис. шт./га, які й рекомендуються для вирощування культури в умовах Правобережного Лісостепу України.

За ширини міжрядь 45 см тривалість вегетаційного періоду обох досліджуваних сортів сорго зернового зменшувалася. Отримано високу польову схожість насіння, яка становила 88,7% у сорту 'Дніпровський 39' та 86,9% у сорту 'Вінець'. Біометричні показники росту й розвитку рослин у цьому варіанті досліду також були максимальними.

ми. Показники кущистості рослин, площі листової поверхні та маси однієї рослини зі збільшенням норми висіву насіння зменшувались.

Використана література

- Sarshad A., Talei D., Torabi M. et al. Morphological and biochemical responses of *Sorghum bicolor* (L.) Moench under drought stress. *SN Appl. Sci.* 2021. Vol. 3, Iss. 1. doi: 10.1007/s42452-020-03977-4
- Getachew G., Putnam, D., De Ben C., De Peters E. J. Potential of Sorghum as an Alternative to Corn Forage. *Am. J. Plant Sci.* 2016. Vol. 7, Iss. 7. P. 1106–1121. doi: 10.4236/ajps.2016.77106
- Somegowda V. K., Vemula A., Naravula J. et al. Evaluation of fodder yield and fodder quality in sorghum and its interaction with grain yield under different water availability regimes. *Current Plant Biology.* 2021. Vol. 25. 100191. doi: 10.1016/j.cpb.2020.100191
- Schittenhelm S., Schroetter S. Comparison of Drought Tolerance of Maize, Sweet Sorghum and Sorghum-Sudangrass Hybrids. *J. Agron. Crop Sci.* 2014. Vol. 200, Iss. 1. P. 46–53. doi: 10.1111/jac.12039
- Schlegel A. J., Assefa Y., Haag L. A. et al. Long-term tillage on yield and water use of grain sorghum and winter wheat. *Agron. J.* 2018. Vol. 11, Iss. 1. P. 269–280. doi: 10.2134/agronj2017.02.0104
- Valluru R., Valluru E. E., Gazave S. B. et al. Deleterious mutation burden and its association with complex traits in sorghum (*Sorghum bicolor*). *Genetics.* 2019. Vol. 211, Iss. 3. P. 1075–1087. doi: 10.1534/genetics.118.301742
- Kumar A. A., Anuradha K., Ramaiah B. et al. Recent advances in sorghum biofortification research. *Plant Breeding Reviews.* John Wiley & Sons, 2015. Vol. 39. P. 89–124. doi: 10.1002/9781119107743.ch03
- Kothari K., Ale S., Bordovsky J. P. et al. Simulation of efficient irrigation management strategies for grain sorghum production over different climate variability classes. *Agricult. Syst.* 2019. Vol. 170. P. 49–62. doi: 10.1016/j.agry.2018.12.011
- Marchini M., Marti A., Folli C. et al. Sprouting of Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): Effect of Drying Treatment on Protein and Starch Features. *Foods.* 2021. Vol. 10, Iss. 2. 407. doi: 10.3390/foods10020407
- Каражбей Г. М., Тегун С. В. Продуктивність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.) залежно від рівня мінерального живлення та густоти стояння. *Наукові праці ІБКіЦБ.* 2012. Вип. 14. С. 67–70.
- Matei Gh. Study on yield features of sweet sorghum hybrids grown in South West of Romania. *SGEM 2016 Conference Proceedings.* 2016. Book 6, Vol. 1. P. 783–790.
- Fernande C., Fromme D., Grichar J. Grain sorghum response to row spacing and plant populations in the Texas Coastal Bend Region. *Int. J. Agron.* 2012. Vol. 2012. Art. ID 238634. doi: 10.1155/2012/238634
- Крылов А. В., Филатов В. И. Продуктивность и основные показатели фотосинтетической деятельности зернового сорго в зависимости от нормы сева. *Кукуруза и сорго.* 2002. № 3. С. 21–24.
- Бойко М. О. Обґрунтування агротехнічних прийомів вирощування сорго зернового в умовах Півдня України. *Наук. вісник НУБІП України. Сер. : Агрономія.* 2016. Вип. 235. С. 33–39.
- Макаров Л. Х., Скорий М. В. Соріз (технологія, селекція, насінництво, переробка). Херсон : Айлант, 2009. 224 с.
- Овсієнко І. А. Формування зернової продуктивності сорго залежно від агротехнічних заходів. *Корми і кормовиробництво.* 2015. Вип. 81. С. 146–151.
- Каленська С. М., Найденко В. М. Урожайність сорго зернового залежно від ширини міжрядь та системи удобрення. *Наукові праці ІБКіЦБ.* 2018. Вип. 26. С. 67–75. doi: 10.47414/np.26.2018.211203
- Свиридова Л. А., Рожков А. О. Оцінка розвитку посівів сорго зернового за фенологічними спостереженнями. *Вісник ПДАА.* 2017. № 4. С. 18–23. doi: 10.31210/visnyk2017.04.02
- Ещенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця : Едельвейс і К, 2014. 332 с.
- Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії : у 2 кн. Кн. 1 : Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан. 2016. 316 с.
- Каталог сортів та гібридів лабораторії селекції соргових культур / Ін-т зернових культур НААН. Дніпро, 2017. 34 с.
- Бойко М. О. Формування асиміляційного апарату гібридів сорго зернового в залежності від строків сівби та густоти посівів. *Таврійський науковий вісник.* 2017. Вип. 97. С. 18–22.
- Шепель Н. А. Сорго – интенсивная культура. Симферополь : Таврия, 1989. 192 с.
- Правдива Л. А. Фотосинтетична діяльність посівів сорго зернового залежно від способу сівби насіння. *Збірник наукових праць УНУС.* 2020. Вип. 97. Ч. 1. С. 61–71. doi: 10.31395/2415-8240-2020-97-1-61-71

References

- Sarshad A., Talei D., Torabi M., Rafiei F., & Nejatkhah, P. (2021). Morphological and biochemical responses of *Sorghum bicolor* (L.) Moench under drought stress. *SN Appl. Sci.*, 3(1). doi: 10.1007/s42452-020-03977-4
- Getachew, G., Putnam, D., De Ben, C., & De Peters, E. (2016). Potential of Sorghum as an Alternative to Corn Forage. *Am. J. Plant Sci.*, 7(7), 106–121. doi: 10.4236/ajps.2016.77106
- Somegowda, V. K., Vemula, A., Naravula, J., Prasad, G., Rayaprolu, L., Rathore, A., Blümmel, M., & Deshpande, S. (2021). Evaluation of fodder yield and fodder quality in sorghum and its interaction with grain yield under different water availability regimes. *Cur. Plant Biol.*, 25, 100191. doi: 10.1016/j.cpb.2020.100191
- Schittenhelm, S., & Schroetter, S. (2014). Comparison of Drought Tolerance of Maize, Sweet Sorghum and Sorghum-Sudangrass Hybrids. *J. Agron. Crop Sci.*, 200(1), 46–53. doi: 10.1111/jac.12039
- Schlegel, A. J., Assefa, Y., Haag, L. A., Thompson, C. R., & Stone, L. R. (2018). Long-Term Tillage on Yield and Water Use of Grain Sorghum and Winter Wheat. *Agron. J.*, 110(1), 269–280. doi: 10.2134/agronj2017.02.0104
- Valluru, R., Gazave, E. E., Fernandes, S. B., Ferguson, J., Lozano, R., Hirannaiah, P., ... Bandillo, N. (2019). Deleterious mutation burden and its association with complex traits in sorghum (*Sorghum bicolor*). *Genetics*, 211(3), 1075–1087. doi: 10.1534/genetics.118.301742
- Kumar, A. A., Anuradha, K., Ramaiah, B., Grando, S., Frederick, H., Rattunde, W., Virk, P., & Pfeiffer, W. H. (2015). Recent Advances in Sorghum Biofortification Research. In *Plant Breeding Reviews* (Vol. 39, pp. 89–124). John Wiley & Sons. doi: 10.1002/9781119107743.ch03
- Kothari, K., Ale, S., Bordovsky, J. P., Thorp, K. R., Porter, D. O., & Munster, C. L. (2019). Simulation of efficient irrigation management strategies for grain sorghum production over different climate variability classes. *Agricult. Syst.*, 170, 49–62. doi: 10.1016/j.agry.2018.12.011
- Marchini, M., Marti, A., Folli, C., Prandi, B., Ganino, T., Conte, P., ... Carini, E. (2021). Sprouting of Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): Effect of Drying Treatment on Protein and Starch Features. *Foods*, 10(2), 407. doi: 10.3390/foods10020407
- Karazhbei, H. M., & Tehun, S. V. (2012). Productivity of *Sorghum bicolor* L. depending on the level of mineral nutrition and standing density. *Nauk. pracі Inst. bioenerg. kult. cukrov. burákv [Scientific papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet]*, 14, 67–70. [in Ukrainian]
- Matei, Gh. (2016). Study on yield features of sweet sorghum hybrids grown in South West of Romania. *SGEM 2016 Conference Proceedings*, 6(1), 783–790.

12. Fernande, C., Fromme, D., & Grichar, J. (2012). Grain sorghum response to row spacing and plant populations in the Texas Coastal Bend Region. *Int. J. Agron.*, 2012, 238634. doi: 10.1155/2012/238634
13. Krylov, A. V., & Filatov, V. I. (2002). Productivity and main indicators of photosynthetic activity of grain sorghum depending on the sowing rate. *Kukuruz i sorgo* [Corn and Sorghum], 3, 21–24. [in Russian]
14. Boiko, M. O. (2016). Substantiation of agrotechnical methods of grain sorghum cultivation in the conditions of the South of Ukraine. *Naukovij visnik NUBIP Ukraïni. Seriâ Agronomiâ* [Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Agronomy], 235, 33–39. [in Ukrainian]
15. Makarov, L. Kh., & Skoryi, M. V. (2009). *Soriz (tekhnohohiia, selektsiia, nasinnytstvo, pererobka)* [Soriz (technology, selection, seed processing)]. Kherson: Ailant. [in Ukrainian]
16. Ovsienko, I. A. (2015). Formation of sorghum grain productivity depending on agrotechnical measures. *Kormi i kormovirobnictvo* [Feeds and Feed Production], 81, 146–151. [in Ukrainian]
17. Kalenska, S. M., & Naidenko, V. M. (2018). Yield of grain sorghum depending on the width between rows and fertilizer system. *Nauk. praci Ìnst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 26, 67–75. doi: 10.47414/np.26.2018.211203 [in Ukrainian]
18. Svyrydova, L. A., & Rozhkov, A. O. (2017). Estimation of grain sorghum crops development according to phenological observations. *Visnik Poltav's'koï derzhavnoï agrarnoi akademii* [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy], 4, 18–23. [in Ukrainian]
19. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Opryshko, V. P., & Kostohryz, P. V. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnytsia: Edelweis i K. [in Ukrainian]
20. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Popov, S. I., Muzafarov, N. M., Bukhalo, V. Ya., & Kryshtop, Ye. A. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii. Knyha 1: Teoretychni aspekty doslidnoi spravy* [Experimenting in agronomy. Book 1. Theoretical aspects of experimenting]. Kharkiv: Maidan. [in Ukrainian]
21. Institute of Grain Crops of NAAS of Ukraine. (2017). *Kataloh sortiv ta hibrydiv laboratorii selektsii sorhovykh kultur* [Catalog of varieties and hybrids of the laboratory for selection of sorghum crops]. Dnipro: N.p. [in Ukrainian]
22. Boiko, M. O. (2017). Formation of the assimilation apparatus of grain sorghum hybrids depending on sowing dates and crop density. *Tavrjs'kij naukovij visnik* [Tavria Scientific Bulletin], 97, 18–22. [in Ukrainian]
23. Shepel, N. A. (1989). *Sorgo – intensivnaya kul'tura* [Sorghum is an intensive crop]. Simferopol: Tavriya. [in Russian]
24. Pravdyva, L. A. (2020). Photosynthetic efficiency of crops of grain sorghum in fallow according to the method of growing sorghum. *Zbirnik naukovih prac Umans'kogo nacional'nogo universitetu sadivnictva* [Collection of Scientific Papers of Uman National University of Horticulture], 97, 61–71. doi: 10.31395/2415-8240-2020-97-1-61-71

UDC 633.174:631.5

Pravdyva, L. A. (2021). Features of growth of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] plants depending on the width of rows and seeding rate in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(2), 139–145. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236521>

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

Purpose. To establish the optimal row spacing and sowing rate of sorghum seeds of grain varieties 'Dniprovskiy 39' and 'Vinets', to substantiate their influence on the growing season and biometric parameters of plants in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field, laboratory, mathematical and statistical. **Results.** The most intensive growth and development of sorghum plants was observed when sowing seeds with a row spacing of 45 cm and a seeding rate of 200 thousand pieces/ha. In particular, the duration of the growing season under such conditions was the smallest: 108 days for the 'Dniprovskiy 39' variety and 106 days for the 'Vinets' variety. At the same time, the indicators of field seeds germination, plant height and stem diameter were maximum in the experiment: 'Dniprovskiy 39' – 88.7%, 137.3 cm and 1.7 cm, 'Vinets' – 86.9%, 121.8 cm and 1.6 cm, respectively. It was found that an increase in seeding rate reduced indicators of productive tillering, leaf area and weight per plant. The most intense tillering of sorghum plants was observed at a seeding rate of 150

and 200 thousand pieces/ha for all the studied variants of the row spacing: on average, up to two panicles well filled with grain per plant, depending on the varietal characteristics. At the rate of 250 thousand pieces/ha, tillering of plants in both varieties was somewhat weaker – 1.0–1.1 panicles per plant. The largest indicators of leaf surface area and weight of one plant were with a row spacing of 45 cm: 1528–2320 cm² and 169.2–185.6 g in the variety 'Dniprovskiy 39' and 1476–2180 cm² and 143.1–162.3 g in the variety 'Vinets' depending on planting density. Reduction of row spacing up to 15 cm and its increase up to 70 cm led to a decrease in the main parameters of plant growth and development. **Conclusions.** Sorghum plants developed better when sown with a row spacing of 45 cm and a seeding rate of 200 thousand pieces/ha, which were recommended for growing crops in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Keywords: varieties; vegetation period; field germination of seeds; biometric indicators.

*Надійшла / Received 15.05.2021
Погоджено до друку / Accepted 24.06.2021*

Екологічна пластичність та стабільність урожайності проса посівного (*Panicum miliaceum* L.) у різних ґрунтово-кліматичних зонах України

Л. М. Присяжнюк*, О. В. Ночвіна, Ю. В. Шитікова, Н. А. Мізерна, С. М. Гринів

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

Мета. Оцінити екологічну пластичність урожайності проса посівного в умовах Степу, Лісостепу та Полісся України. **Методи.** Математико-статистичні: визначення стабільності та пластичності за методикою Ебергарда–Рассела, кореляційний аналіз. **Результати.** За результатами кореляційного аналізу посівних площ проса посівного за період 2011–2020 рр. визначено, що площі під посівами проса посівного в Україні залежать від світових ($r = 0,34$). Визначено, що високий рівень урожайності проса посівного отримано в зоні Лісостепу, а саме в Полтавській, Хмельницькій, Черкаській, Сумській та Харківській областях (2,20–2,51 т/га). Достатньо високі показники отримано у Вінницькій, Київській (зона Лісостепу) та Кіровоградській (зона Степу) областях (1,86–2,02 т/га). Низьку врожайність за 10 років відзначено у Рівненській, Житомирській та Волинській областях, які належать до зони Полісся (1,09–1,34 т/га). Показано, що протягом 2011–2015 рр. висока варіабельність урожайності проса спостерігалася в Хмельницькій, Вінницькій та Волинській областях. Коефіцієнт варіації становив 42,0–71,3%. У 2016–2020 рр. найбільшу варіацію відзначено в Донецькій, Волинській та Одеській областях. Коефіцієнт варіації – 31,8–43,9%. Визначено, що за період 2011–2015 рр. високою пластичністю врожайності проса посівного характеризуються Вінницька, Донецька, Київська, Кіровоградська, Сумська, Харківська, Хмельницька, Черкаська та Полтавська області. У проміжок із 2016 до 2020 рр. високу пластичність ознаки врожайності відзначено у Вінницькій, Київській, Харківській, Полтавській, Черкаській, Сумській та Хмельницькій областях. **Висновки.** За результатами проведених досліджень встановлено, що під час скорочення посівних площ під просом посівним у світі, обсяг його виробництва в Україні збільшується. Визначено, що найбільша врожайність проса посівного за досліджувані роки отримана в зоні Лісостепу. Відповідно до розрахованої пластичності врожайності проса посівного визначено, що для реалізації біологічного потенціалу сприятливі умови були в Донецькій та Кіровоградській областях зони Степу, у лісостеповій зоні – Полтавська, Київська, Харківська, Хмельницька, Черкаська та Сумська області.

Ключові слова: просо посівне; пластичність; урожайність; посівна площа; коефіцієнт варіації.

Вступ

Просо посівне вирощується переважно в посушливих регіонах з обмеженою кількістю опадів та може адаптуватися до різних агро-кліматичних умов [1]. Воно має високу стійкість проти шкідників і хвороб, короткий період вегетації та забезпечує продуктивність в умовах посухи порівняно з основними зерновими культурами [2, 3]. Важливо відзначити, що просо не містить глютену, що робить його цінною харчовою культурою [4, 5]. Основними виробниками проса є країни Азії та Африки (табл. 1). В Україні

за 2011–2015 рр. площі під посівами проса становили 91,57 тис. га, у 2016–2020 рр. – 93,30 тис. га.

Просо – важлива й досить поширена в Україні круп'яна культура. За смаковими якостями та харчовими властивостями воно займає одне з перших місць серед інших круп. Невелика норма висіву, пізніші строки сівби й короткий період вегетації роблять просо незамінною страховою культурою за необхідності пересіву озимини [6]. Упровадження культур, які найефективніше використовують вуглекислий газ та здатні забезпечувати стабільну продуктивність у посушливих умовах, є сьогодні актуальним завданням виробників рослинної продукції. Просо, як типовий представник культур типу С4, має здатність ефективніше використовувати азот і накопичувати досить значну суху масу на одиницю його засвоєння. Саме тому рослини цієї культури є високопродуктивними, з високою стійкістю до несприятливих умов вирощування [7]. Для виробництва важливим є не тільки високий рівень продуктивності, але і здатність отримувати ста-

Larysa Prysiazhniuk
<https://orcid.org/0000-0003-4388-0485>
Olena Nochvina
<https://orcid.org/0000-0002-6639-3260>
Yuliia Shytikova
<https://orcid.org/0000-0002-1403-694X>
Nataliia Mizerna
<https://orcid.org/0000-0001-6213-5216>
Svitlana Hryniv
<https://orcid.org/0000-0002-2044-4528>

Таблиця 1

Площа, урожайність та валовий збір проса посівного в регіонах світу

Регіон	2010–2014 рр.			2015–2019 рр.		
	Площа, тис. га	Урожайність, т/га	Валовий збір, тис. т	Площа, тис. га	Урожайність, т/га	Валовий збір, тис. т
Європа	552,45	1,23	702,51	449,26	1,41	642,35
Західна Європа	141,48	3,32	46,94	8,11	4,06	31,39
Південна Європа	0,93	1,79	1,65	0,83	1,40	1,42
Східна Європа	540,37	1,25	693,31	440,32	1,41	629,25
Азія	12444,97	1,19	14717,14	10927,85	1,30	14258,83
Африка	19742,51	0,63	12523,20	19833,98	0,69	13646,96

більшу врожайність у несприятливих умовах вирощування, що визначається адаптивним потенціалом рослин [8]. Зі зміною кліматичних умов, актуальності набувають дослідження щодо оцінювання умов вирощування проса в Україні в різних ґрунтово-кліматичних зонах. В Україні дослідженням адаптивного потенціалу сортів проса посівного займалися вчені Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН [8, 9]. Авторами вивчалися пластичність деяких сортів в умовах нестійкого зволоження. Проте, зважаючи на збільшення площ під посівами проса посівного останніми роками, актуальним є вивчення впливу умов вирощування для визначення регіонів, у яких просо значною мірою може реалізувати свій біологічний потенціал.

Мета досліджень – оцінити екологічну пластичність урожайності проса посівного в умовах Степу, Лісостепу та Полісся України.

Матеріали та методика досліджень

Аналізували показники врожайності, валового збору та площі проса посівного за регіонами України за 2011–2020 рр. за даними Державної служби статистики України [10]. Дослідження екологічної пластичності продуктивності проса посівного проводили за показниками врожайності проса у 19 регіонах України. Дані із чотирьох областей (Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська та Чернівецька) та Автономної Республіки Крим не враховували, оскільки в цих регіонах просо посівне висівали в незначних кількостях і тільки у певні роки, або вирощування ведеться на зрошуваних землях, що не відображає впливу обмежувальних чинників довкілля.

Визначення кореляційних залежностей між обсягом посівних площ та світовими масштабами проводили за допомогою кореляційно-регресійного аналізу з використанням функцій Microsoft Excel [11]. Для аналізу взято інформацію про посівні площі, урожайність та валовий збір проса посівного

у світі за даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН [12].

Розрахунок стандартного відхилення та коефіцієнтів варіації з інтервалом у 5 років у різних регіонах України здійснювали у програмі Statistica 12.0 (тестова версія) [13].

Стабільність та пластичність показників урожайності проса посівного аналізували за методикою Ебергарда–Рассела [14] з використанням програмного забезпечення PTC Mathcad Prime 3.1 (тестова версія). Застосування цієї методики передбачає оцінювання рівня продуктивності культури за пластичністю (β), яка є відображенням регресії певної культури на зміну умов культивування, та стабільністю (W) такої реакції [15].

Показником пластичності культури (β) до умов вирощування виступає коефіцієнт регресії. Для передбачення лінійної залежності між впливом генотипового складника та ефектом середовища використовується регресія певної ознаки на екологічні індекси середовища. Вважається, що за $\beta > 1$ відносно середньогрупової дисперсії при порівнянні показників пластичності, умови вирощування є високопластичними. У разі $1 > \beta = 0$ умови вирощування визначаються як низькопластичні. Якщо значення регресії наближене до одиниці, то умови не відрізняються від середньогрупового показника пластичності. Для визначення типу умов вирощування розраховують стабільність реакції за ступенем відхилення W . До умов, які сприяють отриманню високої врожайності та реалізації біологічного потенціалу культури за умови оптимального поєднання чинників середовища, належать високопластичні умови з низьким значенням стабільності реакції. Низькопластичні умови формування врожайності проса посівного, яким притаманне низьке значення стабільності реакції, не знижують урожайність за впливу обмежувальних чинників, проте їм не сприяють формуванню високої продуктивності.

Результати досліджень

Протягом 2009–2019 рр. спостерігалось варіювання посівних площ, урожайності та валового збору проса посівного як у світовому масштабі, так і в Україні. Дані кореляційно-регресійного аналізу свідчать, що посівні площі культури в Україні залежать від світових ($r = 0,34$): у кожен наступний рік площі під посівами проса в Україні збільшуються в разі зменшення їх у світі в попередній рік (рис. 1).

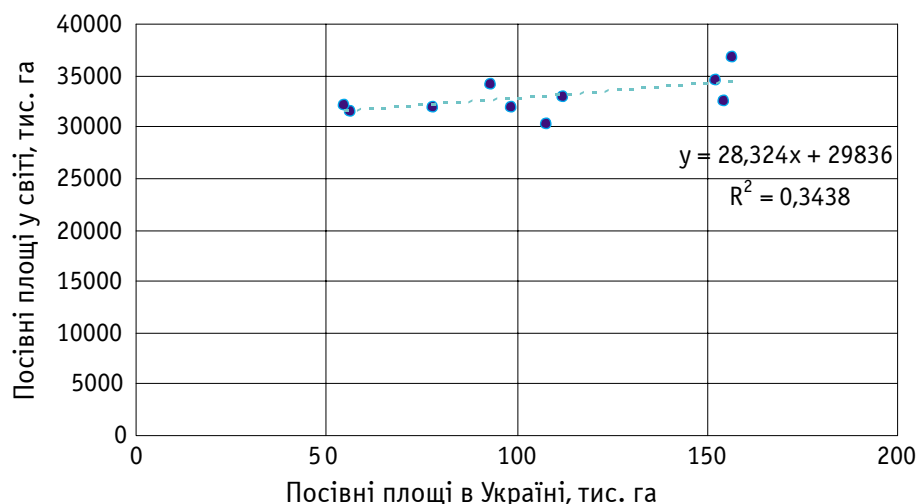


Рис. 1. Залежність показника посівних площ проса посівного в Україні від світових (2009–2019 рр.)

Це свідчить про те, що виробництво цієї культури в Україні реагує на коливання світового ринку проса та націлене на задоволення світового попиту. Деяко слабкіші кореляційні залежності, визначені між обсягом площ проса посівного в Україні та Китаї ($r = 0,20$), в Україні та Індії ($r = 0,16$). Між регіонами, які є лідерами у вирощуванні проса посівного в світі, та Україною спостерігалися слабкі кореляційні залежності: Україна та Азія – $r = 0,19$; Україна та Африка – $r = 0,15$.

Оскільки вирощування проса посівного економічно доцільне в посушливих регіонах, в Україні основні його посівні площі зосереджені в Запорізькій, Одеській та Херсонській областях: 10,54; 10,51 та 10,45 тис. га відповідно (табл. 2).

Високі показники врожайності відзначено в зоні Лісостепу: Київській, Полтавській, Сумській, Хмельницькій, Черкаській та Харківській областях (2,02–2,51 т/га). У Степу достатньо висока врожайність сформована в Кіровоградській області – 1,86 т/га. Низьку врожайність проса відзначено у Рівненській, Житомирській та Волинській областях, що належать до зони Полісся (1,09–1,36 т/га). Однак, у тих областях, де отримано низький урожай, високий збір проса досягається високими показниками посівних площ. Зокрема, валовий збір у Дніпропетровській області досягає 16,08 тис. т, у Запорізькій – 15,39; у Херсонській – 14,71; в Одеській – 14,23 тис. т.

ляційно-регресійного аналізу свідчать, що посівні площі культури в Україні залежать від світових ($r = 0,34$): у кожен наступний рік площі під посівами проса в Україні збільшуються в разі зменшення їх у світі в попередній рік (рис. 1).

Таблиця 2

Середньобогаторічні показники врожайності, площі та валового збору проса посівного за регіонами України (середнє за 2011–2020 рр.)*

Регіон	Урожайність, т/га	Площа, тис. га	Валовий збір, тис. т
Україна загалом	1,60	92,43	171,08
Вінницька	1,98	1,06	2,91
Волинська	1,35	0,67	0,96
Дніпропетровська	1,44	9,42	16,08
Донецька	1,48	6,70	12,26
Житомирська	1,36	3,86	6,21
Запорізька	1,34	10,54	15,39
Київська	2,02	1,74	4,64
Кіровоградська	1,86	2,34	5,60
Луганська	1,52	4,14	8,45
Миколаївська	1,37	8,78	13,09
Одеська	1,43	10,51	14,23
Полтавська	2,32	3,59	10,01
Рівненська	1,09	0,34	0,49
Сумська	2,20	2,10	5,76
Тернопільська	1,42	0,19	0,29
Харківська	2,13	9,04	22,55
Херсонська	1,35	10,45	14,71
Хмельницька	2,38	0,28	0,85
Черкаська	2,51	1,27	4,10
Чернігівська	1,66	4,41	8,72

*без урахування АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей.

Слід зазначити, що найбільший збір зерна за досліджувані роки отримано в Харківській області – 22,55 тис. т. Найнижчі показники зафіксовано в Тернопільській, Рівненській та Волинській областях (0,29–0,96 тис. т) за

рахунок низької врожайності та незначних посівних площ. Таким чином, в умовах, що склалися в зоні Лісостепу за досліджуваними роками, просо посівне забезпечило високу врожайність та навіть за невеликого обсягу посівних площ дало достатньо високий збір зерна. В умовах посухи просо може забезпечувати вищі врожаї, ніж інші

зернові культури, а за рахунок збільшення посівних площ – високі показники збору зерна.

Для визначення варіабельності врожайності проса посівного в період 2011–2020 рр. у розрізі регіонів його вирощування в Україні розраховували стандартне відхилення та коефіцієнт варіації (табл. 3).

Таблиця 3

Стандартне відхилення та коефіцієнт варіації врожайності проса посівного за регіонами України*

Регіон	2011–2015 рр.		2016–2020 рр.	
	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації
Україна загалом	0,37	23,9	0,15	9,4
Вінницька	0,80	50,1	0,50	21,3
Волинська	0,72	71,3	0,61	35,9
Дніпропетровська	0,48	33,5	0,20	13,7
Донецька	0,56	32,0	0,39	31,8
Житомирська	0,06	5,6	0,17	10,1
Запорізька	0,42	31,3	0,35	26,1
Київська	0,27	14,7	0,58	26,1
Кіровоградська	0,58	30,4	0,31	16,9
Луганська	0,34	21,3	0,26	18,2
Миколаївська	0,50	35,1	0,32	24,1
Одеська	0,31	22,6	0,64	43,9
Полтавська	0,53	22,3	0,34	15,1
Рівненська	0,23	33,2	0,36	23,9
Сумська	0,35	18,2	0,53	21,4
Тернопільська	0,49	32,3	0,36	27,0
Харківська	0,45	21,1	0,36	17,1
Херсонська	0,35	33,8	0,31	18,8
Хмельницька	0,84	42,0	0,64	23,0
Черкаська	0,47	19,5	0,41	15,8
Чернігівська	0,28	18,0	0,33	18,9

*без урахування АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей.

Висока варіабельність урожайності проса посівного відмічена в більшості досліджуваних регіонів України у проміжок з 2011 до 2015 р. Дуже висока варіабельність спостерігалась у Вінницькій та Волинській областях. Коефіцієнт варіації становив 50,1 та 71,3 відповідно. У Хмельницькій області також відзначено високу варіабельність урожайності – коефіцієнт варіації 42,0.

За період 2016–2020 рр. висока варіабельність показника врожайності відзначена у Вінницькій, Волинській, Донецькій, Запорізькій, Київській, Миколаївській, Рівненській, Сумській, Тернопільській та Хмельницькій областях. Слід зазначити, що достатньо високий рівень варіабельності спостерігався в Одеській області. Коефіцієнт варіації – 43,9. Найменш варіабельною врожайністю проса посівного за періоди 2011–2015 та 2016–2020 рр. була в Житомирській області. Як видно з попереднього аналізу, у цій області впродовж досліджуваних років просо посівне формувало не високу врожайність.

Висока варіабельність урожайності проса посівного впродовж досліджуваних років може бути зумовлена зміною клімату України на більш посушливий, за умов якого доцільніше вирощувати посухостійкі культури. Також однією з причин може бути впровадження нових технологій вирощування протягом останніх років, які сприяють підвищенню врожайності у певних регіонах [16].

За методикою Ебергарда–Рассела умови вирощування з коефіцієнтом регресії $\beta > 1$ відносять до високопластичних, за умови $1 > \beta > 0$ – до відносно низькопластичних за врожайністю проса посівного. Показники екологічної пластичності та стабільності наведено в таблиці 4.

Аналіз даних пластичності й стабільності врожайності проса посівного в різних регіонах України дав змогу дати повну характеристику умовам вирощування за екологічною пластичністю й стабільністю врожайності проса та розподілити регіони за обмежувальними чинниками середовища.

Таблиця 4

Стабільність (β) та пластичність (W) урожайності
проса посівного за регіонами України

Region	2011–2015 pp.		2016–2020 pp.	
	β	W	β	W
Вінницька	1,70	$7,42 \times 10^4$	2,55	$9,25 \times 10^4$
Волинська	-2,11	$7,72 \times 10^4$	1,22	$9,63 \times 10^4$
Дніпропетровська	1,49	$7,51 \times 10^4$	-0,37	$9,76 \times 10^4$
Донецька	1,81	$7,35 \times 10^4$	1,54	$9,90 \times 10^4$
Житомирська	0,05	$7,69 \times 10^4$	-0,11	$9,64 \times 10^4$
Запорізька	1,26	$7,54 \times 10^4$	0,92	$9,83 \times 10^4$
Київська	0,93	$7,31 \times 10^4$	2,60	$9,34 \times 10^4$
Кіровоградська	2,27	$7,27 \times 10^4$	1,55	$9,57 \times 10^4$
Луганська	1,03	$7,41 \times 10^4$	1,26	$9,77 \times 10^4$
Миколаївська	1,62	$7,50 \times 10^4$	0,80	$9,84 \times 10^4$
Одеська	0,73	$7,52 \times 10^4$	-2,59	$9,76 \times 10^4$
Полтавська	1,89	$7,04 \times 10^4$	1,42	$9,32 \times 10^4$
Рівненська	-0,63	$7,87 \times 10^4$	0,10	$9,74 \times 10^4$
Сумська	1,28	$7,27 \times 10^4$	2,01	$9,20 \times 10^4$
Тернопільська	1,68	$7,47 \times 10^4$	0,18	$9,83 \times 10^4$
Харківська	1,72	$7,15 \times 10^4$	1,39	$9,40 \times 10^4$
Херсонська	0,97	$7,70 \times 10^4$	0,55	$9,64 \times 10^4$
Хмельницька	0,04	$7,23 \times 10^4$	2,83	$9,04 \times 10^4$
Черкаська	1,30	$7,02 \times 10^4$	0,96	$9,14 \times 10^4$
Чернігівська	0,97	$7,43 \times 10^4$	1,19	$9,60 \times 10^4$

*без урахування АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей.

У період 2011–2015 pp. високою пластичністю врожайності проса посівного характеризувались умови Вінницької, Донецької, Київської, Кіровоградської, Полтавської, Сумської, Харківської, Хмельницької та Черкаської областей (рис. 1).

У 2016–2020 pp. умови, що склались у Вінницькій, Київській, Полтавській, Сумській, Харківській, Хмельницькій та Черкаській областях, були сприятливими для отримання високої продуктивності проса посівного (рис. 2).

Висока пластичність урожайності у поєднанні з низьким значенням коефіцієнта стабільності реакції (W) характеризує регіони з інтенсивними умовами. Зокрема, за період 2011–2015 pp. інтенсивні умови вирощування проса посівного склались у Донецькій, Київській, Кіровоградській, Полтавській, Сумській, Харківській, Хмельницькій та Черкаській областях (рис. 3).

У проміжок із 2016 до 2020 p. інтенсивністю умов вирощування проса посівного характеризувались Вінницька, Київська, Полтавська, Сумська, Харківська, Хмельницька та Черкаська області (рис. 4).

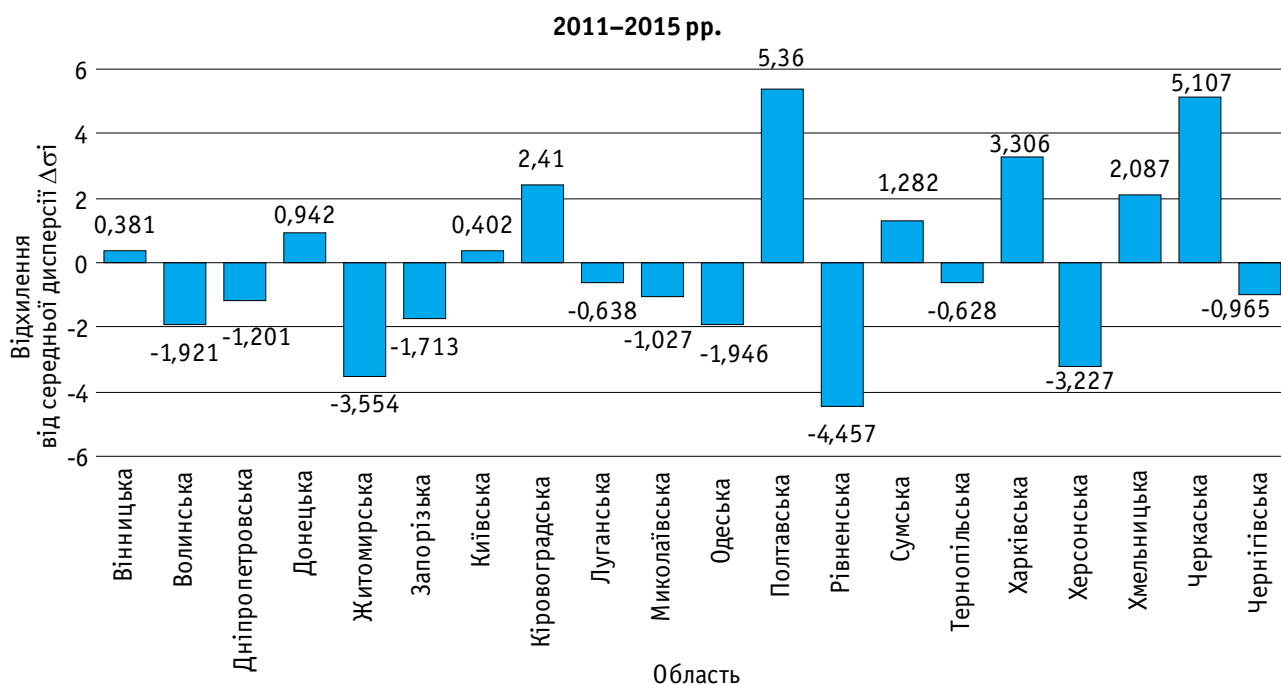


Рис. 1. Відхилення середньої дисперсії врожайності проса посівного за 2011–2015 pp. за регіонами України (без урахування АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей)

Таким чином, найсприятливішими для отримання високих урожаїв проса посівного були погодні умови, що склалися протягом 2011–2020 pp. у регіонах Лісостепу України: Київській, Полтавській, Сумській, Харківській, Хмельницькій та Черкаській областях. Варто зазначити, що лімітовані умови вирощування проса посів-

ного впродовж досліджуваних років склалися тільки в Луганській області у 2011–2015 pp.

Попри достатньо високу кількість регіонів України, умови в яких сприяли високій пластичності врожайності проса посівного, за період 2011–2015 pp. низька пластичність рівня продуктивності культури спосте-

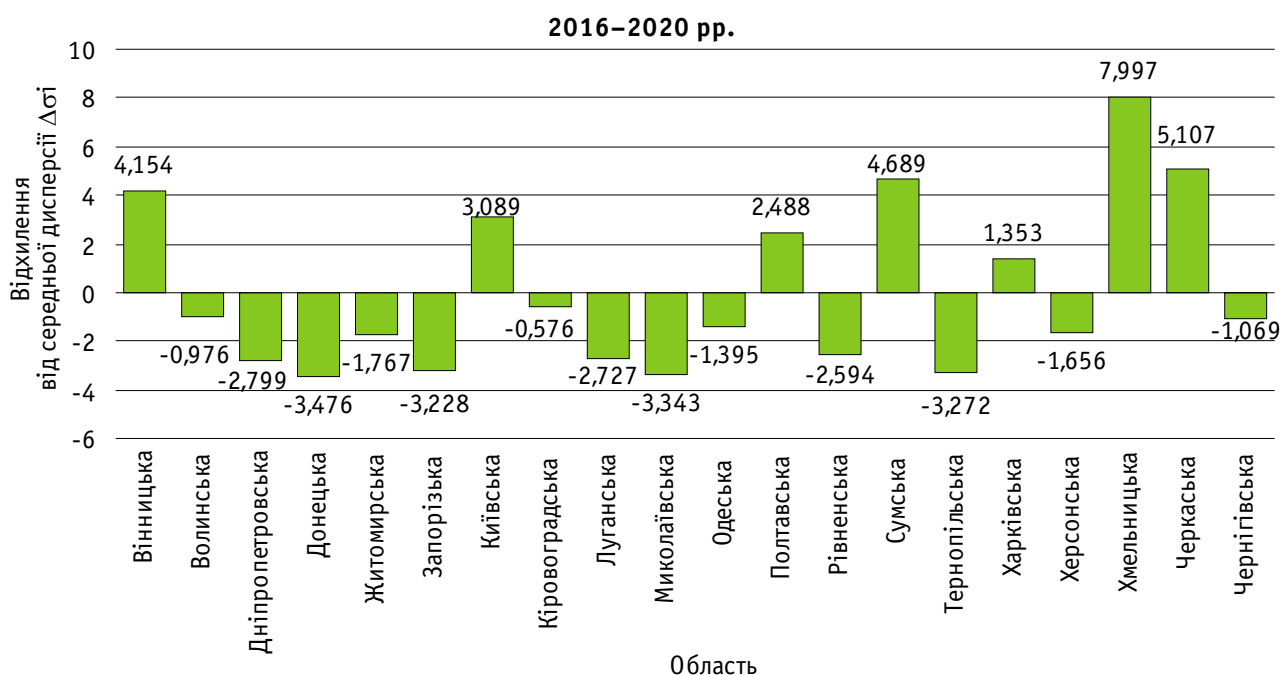


Рис. 2. Відхилення середньої дисперсії врожайності проса посівного за 2016–2020 рр. за регіонами України (без урахування АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей)

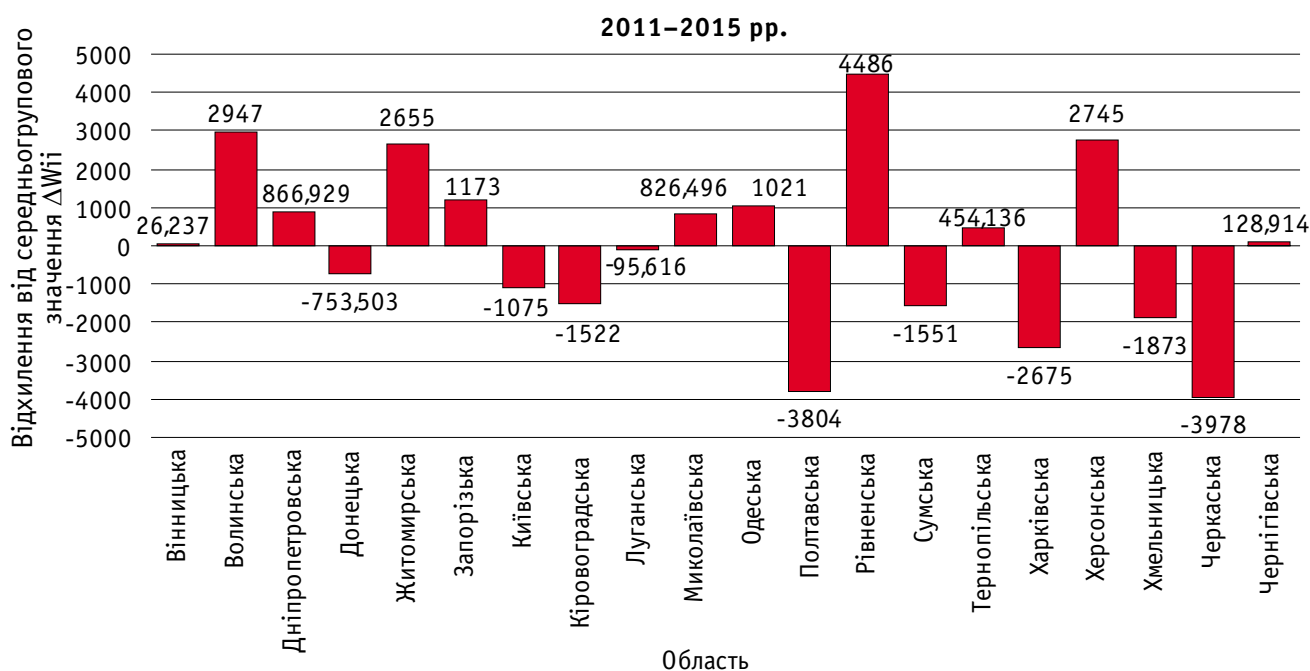


Рис. 3. Відхилення ознаки стабільності за врожайністю проса посівного за 2011–2015 рр. за регіонами України (без урахування АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей)

рігаласть переважно в зонах Степу та Полісся. Неприятливі умови для ефективної реалізації рослинами біологічного потенціалу у 2016–2020 рр. також склалися в регіонах Степу та Полісся. Однак, слід зазначити, що в степовій зоні тільки в Донецькій області у 2011–2015 рр. відзначено формування інтенсивних умов для реалізації біологічного потенціалу проса посівного. Умови, що склалися в Донецькій області у 2016–2020 рр.,

можна віднести переважно до таких, що чинять екстремальний вплив на формування врожайності.

Отже, зважаючи на глобальні зміни клімату, у зв'язку зі збільшенням регіонів із недостатньою вологою та, як наслідок, зміщенням меж ґрунтово-кліматичних зон в Україні, найсприятливішими умовами для вирощування проса посівного у 2011–2020 рр. була зона Лісостепу.

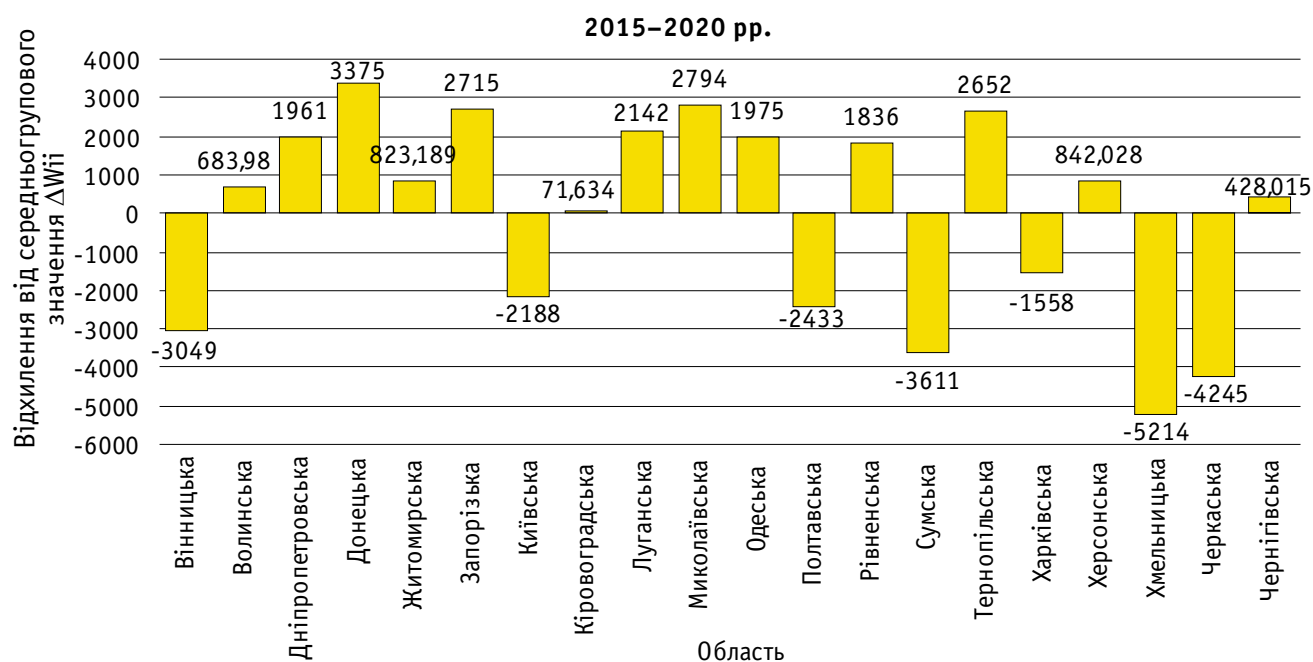


Рис. 4. Відхилення ознаки стабільності за врожайністю проса посівного за 2016–2020 рр. за регіонами України (без урахування АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей)

Під час дослідження екологічної пластичності та стабільності сортів проса посівного у східній частині Лісостепу України [8], визначено, що генотиповий складник сорту значною мірою впливає на продуктивність у зоні нестійкого зволоження. Дослідженнями Шевель та ін. [17] показано ефективність використання стійких до посухи сортів проса посівного в умовах Півдня України.

У роботі Беленіхіної та ін. [9] на основі аналізу адаптивності сортів проса посівного в регіонах України з різним рівнем зволоження показано, що певні сорти проса посівного реалізують свій генетичний потенціал у більш посушливих умовах вирощування, а інші – вимогливіші до забезпечення зволених умов вирощування.

Таким чином, зважаючи на результати наших досліджень щодо формування продуктивності проса посівного в різних регіонах України, для отримання високого врожаю цієї культури слід урахувати особливості певної ґрунтово-кліматичної зони.

Висновки

У результаті досліджень визначені кореляційні залежності між площами, зайнятими під просом посівним в Україні та світі, а також у регіонах та країнах світу, які є основними виробниками цієї культури. Установлено, що обсяги вирощування проса посівного в Україні у 2011–2020 рр. залежали від світового попиту на цю культуру. Виз-

начено регіони України, які забезпечили найбільшу врожайність та валовий збір проса посівного в Україні. Показано, що за досліджувані роки найбільший збір проса посівного забезпечили регіони зони Лісостепу та Степу (Донецька область).

Визначено високу варіабельність урожайності проса посівного в усіх регіонах України впродовж 2011–2020 рр., що може бути зумовлено зміною як ґрунтово-кліматичних умов, так і технологічних заходів вирощування. Найвищу продуктивність проса посівного отримали в регіонах Лісостепу України: Київській, Полтавській, Сумській, Харківській, Хмельницькій та Черкаській областях, про що свідчать результати аналізу пластичності та стабільності врожайності культури впродовж 2011–2020 рр.

Протягом досліджуваних років несприятливі умови для вирощування проса посівного склалися у Луганській області (2011–2015 рр.), однак за цей же проміжок часу в степовій зоні високу продуктивність проса забезпечила Донецька область із високими показниками пластичності врожайності.

Таким чином, регіони з низькою пластичністю врожайності проса посівного не забезпечують високий рівень урожайності та не є перспективними для значного поширення посівних площ під цією культурою. У регіонах із високою пластичністю врожайності проса посівне в роки зі сприятливими умовами реалізує свій біологічний потенціал на значному рівні.

Використана література

- Abah C. R., Ishiwu C. N., Obiegbuna J. E., Oladejo A. A. Nutritional composition, functional properties and food applications of millet grains. *Asian. J. Agric. Food Sci.* 2020. Vol. 14, Iss. 2. P. 9–19. doi: 10.9734/AFSJ/2020/v14i230124
- Saleh A. S., Zhang Q., Chen J., Shen Q. Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2013. Vol. 12, Iss. 3. P. 281–295. doi: 10.1111/1541-4337.12012
- Karaś M., Jakubczyk A., Szymanowska U. et al. Different temperature treatments of millet grains affect the biological activity of protein hydrolyzates and peptide fractions. *Nutrients*. 2019. Vol. 11, No. 3. 550. doi: 10.3390/nu11030550
- Chandrasekara A., Nacz M., Shahidi F. Effect of processing on the antioxidant activity of millet grains. *Food Chem.* 2012. Vol. 133, Iss. 1. P. 1–9. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.09.043
- Budhwar S., Sethi K., Chakraborty M. Efficacy of germination and probiotic fermentation on underutilized cereal and millet grains. *Food Prod. Process. Nutr.* 2020. Vol. 2. 12. doi: 10.1186/s43014-020-00026-w
- Гамаюнова В. В., Шевель В. І., Клімбовський С. О. Культура проса на Півдні України. *Родючий ґрунт – запорука добробуту : матер. регіональної наук.-практ. конф., присв. Все-світньому дню ґрунту (м. Суми, 2016 р.)*. Суми, 2016. С. 46–47.
- Рудник-Іващенко О. І., Григоращенко Л. В. Особливості фотосинтезу рослин проса посівного. *Вісн. аграр. науки*. 2010. № 7. С. 35–38.
- Беленіхіна А. В., Костромітін В. М. Сортовивчення проса посівного за агроecологічною стабільністю і пластичністю. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 106. С. 141–147. doi: 10.30835/2413-7510.2014.42143
- Беленіхіна А. В., Костромітін В. М., Глибокий О. М. Адаптивність і екологічна пластичність сортів проса залежно від умов року. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської обл.* 2013. Вип. 15. С. 10.
- Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
- Присяжнюк О. І., Король Л. В. Оцінка сортів гороху на основі кореляції кількісних ознак та індексів. *Plant Var. Stud. Prot.* 2016. Т. 33, № 4. С. 51–55. doi: 10.21498/2518-1017.4(33).2016.88674
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC>
- Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.
- Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. Vol. 6, No. 1. P. 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
- Присяжнюк О. І., Сторожик Л. І., Завгородня С. В. Екологічна пластичність сорго зернового. *Новітні агротехнології*. 2019. № 7. doi: 10.47414/na.7.2019.204818
- Аверчев О. В., Нікітенко М. П. Вирощування просо в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 116, Ч. 2. С. 26–27. doi: 10.32851/2226-0099.2020.116.2.7
- Шевель В. І., Коновалов С. С., Бичкова Ю. В., Огар Р. О. Культура проса на Півдні України. *Інноваційні розробки молоді – сучасному землеробству : збірник матер. Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених (м. Херсон, 15 травня 2018 р.)*. Херсон, 2018. С. 90–92.
- Saleh, A. S., Zhang, Q., Chen, J., & Shen, Q. (2013). Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 12(3), 281–295. doi: 10.1111/1541-4337.12012
- Karaś, M., Jakubczyk, A., Szymanowska, U., Jęderka, K., Lewicki, S., & Złotek, U. (2019). Different temperature treatments of millet grains affect the biological activity of protein hydrolyzates and peptide fractions. *Nutrients*, 11(3), 550. doi: 10.3390/nu11030550
- Chandrasekara, A., Nacz, M., & Shahidi, F. (2012). Effect of processing on the antioxidant activity of millet grains. *Food Chem.*, 133(1), 1–9. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.09.043
- Budhwar, S., Sethi, K., & Chakraborty, M. (2020). Efficacy of germination and probiotic fermentation on underutilized cereal and millet grains. *Food Prod. Process. Nutr.*, 2, 12. doi: 10.1186/s43014-020-00026-w
- Hamaiunova, V. V., Shevel, V. I., & Klimbovskiy, S. O. (2016). Millet crop in the South of Ukraine. In *Rodiuchy grunt – zaporka dobrobutu: materialy rehionalnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoi Vsesvitnomu dnu gruntu* [Fertile soil – the key to prosperity: materials of the regional scientific-practical conference dedicated to the World Soil Day] (pp. 46–47). Sumy, Ukraine. [in Ukrainian]
- Rudnyk-Ivashchenko, O. I., & Hryhorashchenko, L. V. (2010). Features of photosynthesis of millet plants. *Visn. agrar. nauki* [Bull. Agric. Sci.], 7, 35–38.
- Bieliienikhina, A. V., & Kostromitin, V. M. (2014). Varietal study of grain millet for sowing on agroecological stability and plasticity. *Selekciā i nasinnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 106, 141–147. doi: 10.30835/2413-7510.2014.42143 [in Ukrainian]
- Bieliienikhina, A. V., Kostromitin, V. M., & Hlubokiy, O. M. (2013). Adaptability and ecological plasticity of millet varieties depending on the conditions of the year. *Visnik Centru naukovogo zabezpečennā APV Harkivs'koj oblasti* [Bulletin of the Center for Science Provision of Agribusiness in the Kharkiv region], 15, 10. [in Ukrainian]
- Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy* [State Statistics Service of Ukraine]. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian]
- Prysiazhniuk, O. I., & Koroł, L. V. (2016). Evaluation of pea varieties based on correlation of quantitative traits and indices. *Plant Var. Stud. Prot.*, 4, 51–55. doi: 10.21498/2518-1017.4(33).2016.88674. [in Ukrainian]
- Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC>
- 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]
- Eberhart, S. A., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6(1), 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
- Prysiazhniuk, O. I., Storozhyk, L. I., & Zavorodnia, S. V. (2019). Ecological plasticity of grain sorghum. *Novitni agrotehnologii* [Advanced Agritechnologies], 7. doi: 10.47414/na.7.2019.204818. [in Ukrainian]
- Averchev, O. V., & Nikitenko, M. P. (2020). Growing millet in the South of Ukraine. *Tavrijskij naukovij visnik* [Tavria Scientific Bulletin], 116, 26–27. [in Ukrainian]
- Shevel, V. I., Konovalov, S. S., Bychkova, Yu. V., & Ohar, R. O. (2018). Millet crop in the South of Ukraine. In *Innovatsiini rozrobky molodi – suchasnomu zemlerobstvu: zbirnyk materialiv mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh* [Innovative developments of youth – modern agriculture: book of proceedings of the international scientific and applied conference of young scientists] (pp. 90–92). May 15, 2018, Kherson, Ukraine. [in Ukrainian]

References

- Abah, C. R., Ishiwu, C. N., Obiegbuna, J. E., & Oladejo, A. A. (2020). Nutritional composition, functional properties and food applications of millet grains. *Asian Food Sci. J.*, 14(2), 9–19. doi: 10.9734/AFSJ/2020/v14i230124

UDC 633.171:311.14/15

Prysiazhniuk, L. M., Nochvina, O. V., Shytikova, Yu. V., Mizerna, N. A., & Hryniv, S. M. (2021). Ecological plasticity and stability of common millet (*Panicum miliaceum* L.) productivity in different environmental conditions of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(2), 146–154. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236522>

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

Purpose. To estimate the ecological plasticity of common millet yield under conditions of Steppe, Forest-Steppe and Forest of Ukraine. **Methods.** Mathematical and statistical: determination of stability and plasticity by Eberhart & Russell method, correlation analysis. **Results.** As a result of correlation analysis of millet cultivated areas during the period of 2011–2020, it was revealed that cultivated areas in Ukraine depend on the world ones ($r = 0.34$). It was determined that a high level of common millet yield was obtained in the Forest-Steppe zone, namely in Poltava, Khmelnytskyi, Cherkasy, Sumy and Kharkiv regions (2.20–2.51 t/ha). Quite high rates of yield were obtained in Vinnytsia, Kyiv (Forest-Steppe zone) and Kirovohrad (Steppe zone) regions (1.86–2.02 t/ha). Low yield over 10 years was noted in Rivne, Zhytomyr and Volyn regions, which belong to the Forrest zone (1.09–1.34 t/ha). It is shown that during 2011–2015 high variability of millet yield was observed in Khmelnytskyi, Vinnytsia and Volyn regions. The coefficient of variation was 42.0–71.3%. During 2016–2020 significant variation was

noted in Donetsk, Volyn and Odesa regions. The coefficient of variation was 31.8–43.9%. In the period from 2016 to 2020, high plasticity of the yield trait was noted in Vinnitsa, Kyiv, Kharkiv, Poltava, Cherkasy, Sumy and Khmelnytsky regions. During 2016–2020 high plasticity trait of millet yield was in Vinnytsia, Kyiv, Sumy, Kharkiv, Khmelnytskyi, Cherkasy and Poltava regions. **Conclusions.** According to the results of the studies, it was found that with a reduction in the area under millet in the world, the volume of its production in Ukraine increases. It was determined that the highest yield of millet was obtained in the Forest-Steppe zone during the years of observation. According to the plasticity of millet yield, it was found that favorable conditions for realization of its biological potential were in Donetsk and Kirovohrad regions of Steppe zone, in Forest-Steppe zone of Vinnytsia, Poltava, Kyiv, Kharkiv, Khmelnytskyi, Cherkasy and Sumy regions.

Keywords: common millet; plasticity; yield; cultivated area; coefficient of variation.

Надійшла / Received 19.05.2021

Погоджено до друку / Accepted 24.06.2021

Effects of catnip (*Nepeta cataria* L.) and Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia* L.) density on growth, yield, and proximate composition of jute mallow (*Corchorus olitorius* L.)

O. P. Ayodele¹, O. A. Aluko², O. D. Adegbaju³

¹Department of Agronomy, Adekunle Ajasin University Akungba-Akoko, Ondo State, Nigeria, e-mail: olatunde.ayodele@aaua.edu.ng

²Institute of Agricultural Research and Training, Obafemi Awolowo University, Moor Plantation, P. M. B 5029, Ibadan, Nigeria, e-mail: bunmialuko2010@gmail.com

³Medicinal Plants and Economic Development (MPED) Research Centre, Department of Botany, University of Fort Hare, Alice 5700, Eastern Cape Province, South Africa, e-mail: oadegbaju@ufh.ac.za

Purpose. Jute mallow (*Corchorus olitorius* L.) is a mucilaginous vegetable and fiber crop cultivated in the tropics, where catnip (*Nepeta cataria* L.) and Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia* L.) are common weeds. Hence, the study investigated the growth, yield, and nutrient level of jute mallow in weed-free, catnip, and Mexican sunflower environments. **Methods.** The study involved two screen-house experiments in a Completely Randomized Design (CRD) with six replications. The treatments were 0 (control), 2, 4, 6, 8, and 10 weed plants per pot in both experiments. These are 0, 100, 200, 300, 400, and 500 weed count per square meter equivalent, based on the surface area of the pots used. Mexican sunflower and catnip plants interacted with jute plants in the first and second experiments, respectively. Growth parameters of jute mallow were recorded weekly from 5 to 8 weeks after sowing (WAS), and harvesting was done at 8 WAS. The proximate composition of jute was evaluated using standard procedures outlined by AOAC. The data collected were subjected to analysis of variance (ANOVA), and means were separated using Duncan Multiple Range Test (DMRT) at $P < 0.05$. **Results.** Catnip and Mexican sunflower negatively impacted the morphological features of jute mallow from 100 plants per square meter upwards. Catnip and Mexican sunflower, at 300 and 100–500 plants per square meter, respectively, reduced the dry weight of jute mallow. The crude protein content of jute mallow was also lessened by Mexican sunflower at some point. **Conclusions.** The study recommends that the density of catnip and Mexican sunflower plants interacting with jute mallow should be maintained below 100 plants per square meter to prevent yield loss.

Keywords: *Corchorus olitorius*; Mexican sunflower; catnip; weed density; proximate composition.

Introduction

People consume vegetables to overcome nutritional problems. Therefore, the proximate composition of a vegetable crop is vital. Jute mallow (*Corchorus olitorius* L.) is an annual herb in the *Malvaceae* family [1] that is rich in protein, carbohydrates, minerals, and vitamins [2, 3]. It is a popular mucilaginous vegetable cultivated in many parts of the world [4]. Nursing mothers use soup made from jute mallow to introduce solid foods to babies after weaning in southwestern Nigeria [5]. Besides the nutritional importance, the plant's bast fiber is a raw material used for textile production [6]. The plant may reach 2.4 m in height with few or no branches, and the leaves are simple, lanceolate, finely serrated, and alternate (Fig. 1a).

Previous studies showed that weeds are major constraints in jute production [7–9]. Weeds such as *Cyperus rotundus* L., *Echinochloa colonum* (L.) Link. and *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. have been reported to reduce jute mallow's yield (Hossain et al., 2020). However, contrary to weeds' general attributes, some weeds positively influence crop growth [11]. These two seemingly opposite attributes, the detrimental and the beneficial aspects of weeds, can be reconciled based on weed species and densities.

Generally, a negative correlation exists between weed density and crop growth [7]. Also, Ronchi & Silva [12] reported that weeds' influence on crop growth varies in intensity depending on the species involved. Therefore, the impact of weed species at various densities should be a rational premise for weed management decisions. Unfortunately, in many parts of the world, the action threshold for weed control is fixed by farmers without empirical references. For this reason, weed management decisions are sometimes untimely and ineffective.

The beneficial economic importance of some weeds may influence the consideration to suppress their population, particularly in the ab-

O. P. Ayodele
<https://orcid.org/0000-0001-7348-7954>

O. A. Aluko
<https://orcid.org/0000-0003-2896-9668>

O. D. Adegbaju
<https://orcid.org/0000-0002-7557-6608>

sence of empirical reference. In the tropics where jute mallow plants are cultivated, catnip (*Nepeta cataria* L.) and Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia* L.) are common weeds with some positive attributes [13, 14]. Catnip, a perennial herbaceous plant of the mint family Lamiaceae (15; Fig. 1b), repels insects [13]. The bioherbicidal potential of its extract has also been reported in many studies [14–16]. However, there is a paucity of information on its in-situ interactions with other plants. Mexican sunflower, an annual plant from the Asteraceae family, improves soil fertility [13] and controls nematodes [17, Fig. 1c].

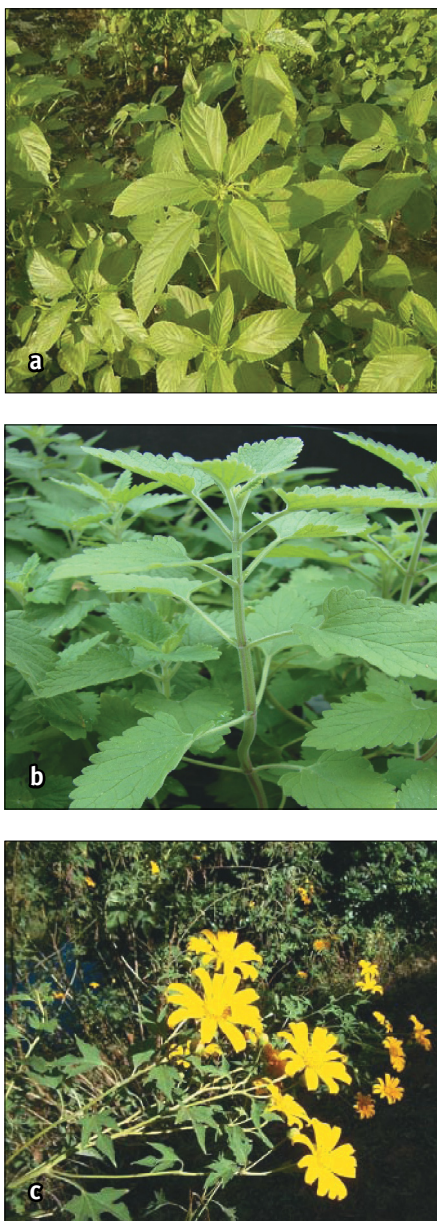


Fig. 1. Picture of jute plants (Fig. 1a), catnip plants (Fig. 1b), and Mexican sunflower plants (Fig. 1c)

The pest attributes of catnip and Mexican sunflower qualify them as weeds. Bozok et al. [18] reported that secondary metabolites from catnip

had a negative effect on the growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Also, Olabode et al. [19] found that Mexican sunflower reduced the yield of water yam (*Dioscorea alata* L.) to 3 tons per hectare against 21 tons per hectare in plastic mulch plots. Hence, this study sought to investigate the effects of catnip and Mexican sunflower on the growth, yield, and nutrient composition of jute mallow at varying densities.

Materials and methods

Experimental site

This study was conducted in a screen-house at Adekunle Ajasin University Akungba Akoko, Nigeria (7° 37' N, 5° 44' E). Prior to the screen-house experiments, seedlings were raised in a nursery close to the screen-house. The temperature and relative humidity in the screen-house during the trial were within the range of 22–35 °C and 51–77%, respectively.

Collection of materials

The study involved the collection of Mexican sunflower and catnip seeds from Adekunle Ajasin University Teaching and Research Farm, Akungba-Akoko, and jute seeds from Ondo State Agricultural Development Programme (ADP) Ikare-Akoko. The seeds were shortly stored in paper bags in a dry environment. Topsoil, 0–15 cm, from fallowing arable farmland in Adekunle Ajasin University Teaching and Research Farm, Akungba-Akoko, was collected using a shovel.

The physicochemical properties of the soil were determined using standard methods and are presented in Table 1. Soil organic carbon was evaluated using the dichromate wet oxidation method. The organic matter was obtained by multiplying the organic carbon by 1.724. The total nitrogen was determined by micro-Kjeldahl digestion and distillation techniques. Soil available phosphorus was extracted using Bray-1 solution and determined by molybdenum blue colorimetry. Exchangeable acidity, potassium, calcium, and magnesium were extracted using 1 N ammonium acetate. Thereafter, potassium was determined using a flame photometer (Jenway, PFP 7/C, England). Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) titration method was used to determine calcium and magnesium. The soil pH was determined at a soil to water ratio of 1 : 2 using a digital electronic pH meter (Mettler Toledo, FE20, Switzerland).

The soil was sieved into nylon bags, kept well-watered, and solarized for two weeks to deplete the weeds' seed bank. After this, seventy-two (72) nylon pots measuring 22 × 16 cm and 200 cm² at the open end were filled with 10 kg soil each and later arranged 1 m apart in the screen-house.

Raising of seedlings in the nursery

Three beds of 1 × 1 m were made to raise the seeds of jute, Mexican sunflower, and catnip separately. Shades were made on these beds with thatch to reduce sunlight intensity. Daily watering of the beds went on for the two weeks that the seedlings stayed in the nursery.

Transplanting of jute and weed species

Direct sowing of jute and weed into the same pot may not guarantee uniformity among the experimental units due to seed dormancy. Hence, the transplanting of jute and weed seedlings into the same pot was considered appropriate. Seedlings of jute, Mexican sunflower, and catnip were carefully uprooted and transplanted from the beds to the pots at two weeks after sowing (WAS). This activity was carried out in the evening to lessen water loss through transpiration. Jute seedlings were transplanted at the rate of one plant per pot. However, Mexican sunflower and catnip were transplanted into different pots according to the treatment plan (Fig. 2).

Experimental design and treatments

The screen-house phase of this study comprised two experiments running concurrently. In October 2019, the experiments were laid out in a completely randomized design with six replications. The first and second experiments had varying densities of Mexican sunflower and catnip as treatments, respectively. Also, weed-free treatment was incorporated as the control treatment in both experiments. The experimental treatments were 0, 2, 4, 6, 8, and 10 weed plants per pot coexisting with a jute

plant. These are equivalent to 0, 100, 200, 300, 400, and 500 weed plants per square meter based on the surface area of the pots used.

Collection of data

After three weeks of jute and weed interaction, growth parameters of jute plants, such as the plant height, number of branches, and number of leaves, were evaluated and recorded weekly, from 5 to 8 WAS. The jute plants were uprooted at 8 WAS when the shoots were succulent, and the fresh weights were recorded. Samples were taken from the freshly harvested jute plants and were subjected to proximate analysis to evaluate their nutrient composition. After oven drying the fresh jute plants samples at 80 °C for 48 hours, the dry weights were measured using an electronic balance (WANT, WT5002K, China).

Proximate analysis

Jute plants from each treatment were analyzed for moisture, ash, lipid, dietary fiber, protein, and carbohydrate following standard procedures outlined by the Association of Official Analytical Chemists [20]. The moisture content was determined by drying jute samples to a constant weight in an air-oven (Unident, UNI0009B, India) at 105 °C. The study employed the Soxhlet extraction method to evaluate the lipid content. Defatted samples were digested with 0.26 N sulphuric acid and 0.23 N potassium hydroxide solutions to determine the dietary fiber content. The total amount of nitrogen was determined using the micro-Kjeldahl method, and its protein content was estimated using a multiplying factor of 6.25.

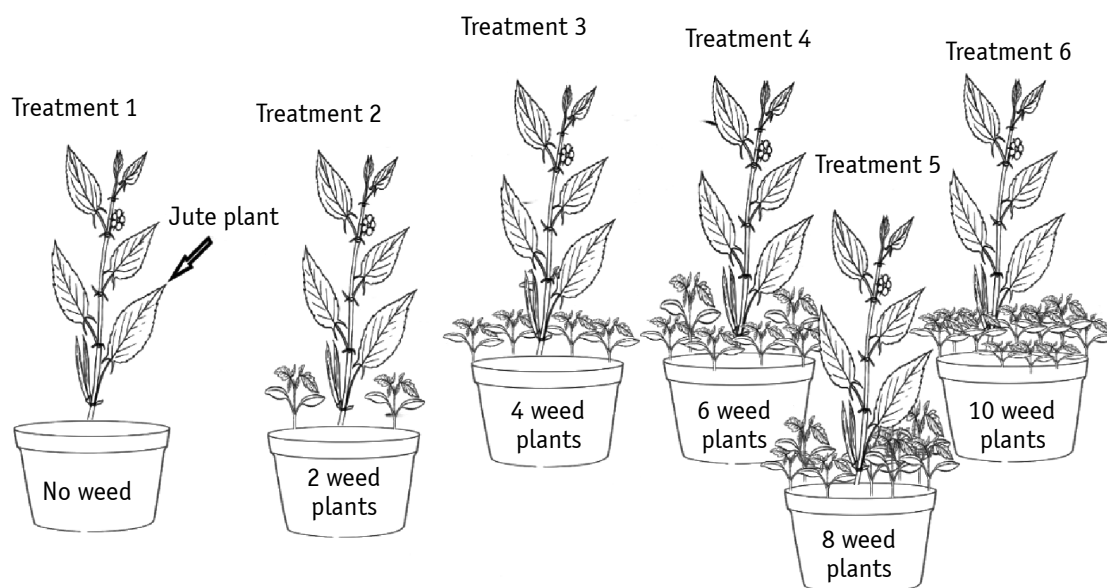


Fig. 2. Treatment plan showing the varying density of weeds coexisting with jute plant

The ash content was evaluated by subjecting the samples to the heat of 600 °C for 5 hours in a muffle furnace (BIOBASE, MX6-10T/TP, China). Finally, the carbohydrate content was calculated by subtracting the crude protein, crude fiber, ash, and lipid from the total dry matter.

Data analysis

Data on jute growth and proximate composition were subjected to analysis of variance (ANOVA) and post-hoc analysis using IBM SPSS Statistics 23 software [21]. The treatment means were separated using the Duncan Multiple Range Test (DMRT) at 5% probability level.

Results

Effects of Mexican sunflower density on the growth of jute

The density of the Mexican sunflower plant had a significant ($P < 0.05$) effect on the number of jute leaves at 5 to 8 WAS (Table 2). Notably, at 6 weed plants per pot, Mexican sunflower interacting with jute plants resulted in a significantly reduced number of jute leaves at 5 to 8 WAS. In contrast, at 2 weed plants per pot, there was no significant reduction in the number of leaves on jute plants interacting with Mexican sunflower at 5 to 8 WAS. However, Mexican sunflower density greater than 2 plants per pot resulted in a significantly reduced number of jute leaves at 8 WAS.

The densities of Mexican sunflower evaluated in this study significantly affected the number of jute branches at 6 to 8 WAS (Table 2). At 6 and 8 weed plants per pot, Mexican sunflower interacting with jute plant resulted in a significantly reduced number of jute branches

at 6 to 8 WAS. In contrast, 2 Mexican sunflower plants per pot and weed-free control resulted in a comparable number of jute branches at 6 to 8 WAS. However, Mexican sunflower greater than 2 plants per pot resulted in a significantly reduced number of jute branches at 8 WAS.

The densities of Mexican sunflower evaluated in this study did not significantly ($P < 0.05$) reduce the height of jute plant at 5 and 6 WAS. In contrast, a significant reduction in the height of jute plant was observed from the interactions involving Mexican sunflower density greater than 2 plants per pot at 7 WAS and all densities at 8 WAS.

Effect of Mexican sunflower density on the yield of jute

Mexican sunflower density did not significantly ($P < 0.05$) reduce the fresh weight of jute plant at 8 WAS (Table 3). However, the total dry weight of jute plant was significantly reduced by 42–77% at 8 WAS compared to the weed-free control. Among the Mexican sunflower and jute plant interactions, the highest dry weight of jute plant resulted from 4 weed plants per pot and it was comparable to 2 weed plants per pot. Also, interaction involving high Mexican sunflower density such as 10 weed plants per pot significantly reduced the dry weight of jute than those involving low densities such as 2 and 4 weed plants per pot.

Effect of Mexican sunflower density on the nutritional quality of jute

Mexican sunflower density had no significant effect on the moisture, ash, crude fiber,

Table 1

Physicochemical properties of the potting soil

OC	OM	N	P	K	Na	Ca	Mg	EH ⁺	EAL ³⁺	CEC	pH	Sand	Clay	Slit
	(%)		mg/kg				(Cmol/kg)				(1:2) H ₂ O		(%)	
0.54	0.9	0.12	12.2	0.14	0.11	1.2	0.9	1.1	0.01	14.12	5.24	57	28	15

*OC: organic carbon, OM: organic matter, EH⁺: exchangeable hydrogen, EAL³⁺: exchangeable aluminium, and CEC: cation exchange capacity

Table 2

Effect of Mexican sunflower density on the number of leaves, number of branches, and plant height of jute

Sunflower – Jute (Sunflower plants/pot)	No of leaves (count/plant)				No of branches (count/plant)				Plant height (cm)			
	WAS				WAS				WAS			
	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8
2	5.67ab	19.67a	28.00a	34.00ab	0a	6.33ab	10.50ab	13.00ab	6.17ab	14.33a	26.5ab	33.5b
4	5.50ab	15.83ab	24.33ab	26.33bc	0a	6.17ab	9.50ab	11.17bc	5.33b	13.67a	22.33b	26.83b
6	4.83 b	11.17b	14.67b	18.00c	0a	5.00b	8.33b	9.33c	6.83ab	13.33a	20.5b	24.33b
8	5.67ab	12.00b	14.83b	21.67c	0a	4.83b	8.17b	9.50c	8.17a	14.17a	20.67b	24.00b
10	5.83ab	11.83b	21.33ab	24.67bc	0a	6.33ab	9.33ab	10.50bc	8.17a	13.83a	22.17b	25.33b
Control	6.33a	22.67a	30.67a	40.83a	0a	7.67a	10.83a	14.33a	7.17ab	18.17a	32.83a	43.17a

*Sunflower – Jute: Mexican sunflower – Jute Interaction, WAS: weeks after sowing. Means in a column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT ($P = 0.05$)

Table 3
Effect of Mexican sunflower density on the weights of jute at 8 weeks after sowing

Mexican sunflower – Jute Interaction (Sunflower plants/pot)	Total fresh weight (g)	Total dry weight (g)
2	6.57a	2.21bc
4	4.67a	2.67b
6	2.20a	1.38cd
8	5.57a	1.66cd
10	3.90a	1.06d
Control	9.20a	4.64a

Means in a column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT ($P = 0.05$)

and fat content of the jute plant (Table 4). Conversely, the crude protein content of jute was significantly reduced by 32% at a Mexican sunflower density of 6 plants per pot. However, other Mexican sunflower densities and weed-free control had jute plants with comparable crude protein. The carbohydrate content of jute increased significantly ($P < 0.05$) by 46% at the Mexican sunflower density of 6 plants per pot. Nevertheless, other Mexican sunflower densities and weed-free control had jute plants with comparable carbohydrate content.

Effect of catnip density on the growth of jute

The density of catnip had a significant ($P < 0.05$) effect on the number of jute leaves at 5 to 8 WAS (Table 5). The catnip densities

evaluated in this study significantly reduced the number of jute leaves from 6 to 8 WAS compared to the weed-free control. Consistently, at 6 to 8 WAS, a catnip density of 10 plants per pot resulted in fewer jute leaves than 2 and 4 catnip plants per pot.

Catnip density also had a significant ($P < 0.05$) effect on the number of jute branches at 6 to 8 WAS (Table 5). All the densities of catnip evaluated significantly reduced the number of jute branches at 8 WAS. However, the reduction in jute branches manifested earlier in high catnip densities. Hence, the number of jute branches in catnip densities of 2, 6, and 10 plants per pot reduced for 1, 2, and 3 weeks, respectively. The lowest number of jute branches was consistently recorded in a catnip density of 10 plants per pot.

The density of catnip weed had a significant ($P < 0.05$) effect on the height of the jute plant at 5 to 8 WAS compared to the weed-free control (Table 5). The catnip densities evaluated in this study significantly reduced the height of jute plants at 6 to 8 WAS. Jute plants that interacted with catnip densities reduced by 32–55% in height at 8 WAS compared to the weed-free control. Noticeably, the height of jute plants that interacted with 10 catnip plants per pot was significantly lesser than those of 2 and 4 catnip plants per pot at 8 WAS.

Table 4
Effect of Mexican sunflower density on the nutritional composition of jute at 8 weeks after sowing

Mexican sunflower – Jute Interaction (Sunflower plants/pot)	Jute					
	Moisture (%)	Ash (%)	Crude Protein (%)	Crude Fiber (%)	Fat (%)	CHO (%)
2	20.79a	14.30a	13.34ab	18.61a	10.41a	22.57b
4	16.06a	12.34a	12.00ab	24.23a	10.60a	24.77ab
6	17.98a	13.22a	11.51b	17.06a	10.40a	29.84a
8	19.92a	12.02a	15.37ab	15.94a	10.34a	26.41ab
10	20.95a	12.75a	14.29ab	19.09a	11.23a	21.69b
Control	20.96a	13.80a	16.97a	17.62a	10.14a	20.50b

Means in a column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT ($P = 0.05$)

Table 5
Effect of catnip density on the number of leaves, number of branches, and plant height of jute

Catnip – Jute Interaction (Catnip plants/pot)	No of leaves (count/plant)				No of branches (count/plant)				Plant height (cm)			
	WAS				WAS				WAS			
	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8
2	4.50b	20.83b	26.5bc	37.17b	0a	8.17ab	9.83a–c	12.5b	5.33b	14.33b	24.17b	34.33b
4	6.17a	21.17b	28.00b	39.17b	0.17a	9.17a	10.67ab	12.33b	5.00b	14.00b	24.50b	34.50b
6	5.83ab	13.83bc	15.83cd	24.67bc	0a	6.67ab	8.00bc	10.17bc	6.33ab	13.00b	21.83b	27.17bc
8	5.33ab	13.83bc	20.33b–d	28.00bc	0.17a	7.00ab	8.17bc	10.67bc	5.17b	12.33b	20.17b	29.17bc
10	5.33ab	11.00c	13.33d	17.50c	0a	5.00b	6.67c	8.67c	6.33ab	11.67b	18.33b	23.00c
Control	6.17a	31.83a	43.00a	58.33a	0.5a	10.33a	13.00a	15.83a	7.67a	21.00a	32.83a	50.83a

*WAS: weeks after sowing.

Means in a column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT ($P = 0.05$)

Effect of catnip density on the yield of jute

The density of catnip significantly ($P < 0.05$) reduced the total fresh weight of jute by 50–90% at 8 WAS compared to weed-free control (Table 6). In addition, the fresh weights of jute plants that interacted with catnip at 2 and 4 plants per pot were significantly higher than those of 10 plants per pot, which had the least. Similarly, at 6 weed plants per pot, catnip significantly reduced the dry weight of jute by 64% at 8 WAS. However, other catnip densities and weed-free control resulted in comparable dry weights of jute plants.

Table 6

Effect of catnip density on the weights of jute at 8 weeks after sowing

Catnip – Jute Interaction (Catnip plants/pot)	Total fresh weight (g/plant)	Total dry weight (g/plant)
	2	7.17bc
4	9.03b	1.79ab
6	3.37d	1.04b
8	4.53cd	1.87ab
10	1.77d	1.62ab
Control	18.17a	2.86a

Means in a column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT ($P = 0.05$)

Effect of catnip density on the nutritional quality of jute

The density of catnip weed did not have a significant ($P < 0.05$) effect on the moisture, ash, crude protein, crude fiber, fat, and carbohydrate contents of jute at 8 WAS (Table 7).

Table 7

Effect of catnip density on the nutritional composition of jute at 8 weeks after sowing

Catnip – Jute Interaction (Catnip plants/pot)	Jute					
	Moisture	Ash	Crude protein	Crude fiber	Fat	CHO
2	15.44a	14.2a	14.29a	18.99a	11.03a	26.05a
4	13.94a	11.87a	15.08a	19.55a	10.14a	29.41a
6	17.71a	13.54a	15.86a	17.25a	11.69a	23.95a
8	14.82a	13.15a	13.09a	20.70a	10.57a	27.66a
10	16.86a	14.4a	13.96a	21.97a	11.16a	21.66a
Control	17.72a	14.28a	16.38a	17.32a	10.27a	24.04a

Means in a column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT ($P = 0.05$)

Discussion

It is appropriate to manage the density of catnip and Mexican sunflower in jute fields to avert yield loss. The reduction in the morphological features of jute by catnip and Mexican sunflower could be an indication that these weed species

compete with jute plants and retard their growth. Similarly, previous studies showed that Mexican sunflower retards the growth of okra and water yam [19, 22]. Also, a previous investigation confirmed that catnip exhibited a phytotoxic effect on garden cress (*Lipidium sativum* L.) and basil (*Ocimum basilicum* L.) [23].

The morphological features of jute that were not affected until 8 WAS by the low density of Mexican sunflower imply that it takes a long interaction time for low weed density to manifest growth retardation, unlike high density. Furthermore, the magnitude of change in jute morphology differed for high and low densities of Mexican sunflower, suggesting that the degree of interference resulting from Mexican sunflower is density-dependent. This finding corroborates the assertion that jute plant’s morphological features reduce with increasing weed density [7]. The decrease in the leaves, branches, and height of the jute plant, which intensified as catnip density increased, also supports the notation that weed competition increased with weed density.

It can be inferred from this study that weed species influence the growth of jute differently at the same density. For instance, at two (2) weed plants per pot, the number of jute leaves and branches was not reduced by Mexican sunflower, whereas catnip reduced the number of jute leaves and branches. Similarly, Ronchi and Silva [12] found that the effects of competition by *Nicandra physalodes* (L.) Gaertn. and *Sida rhombifolia* L. against coffee plants were slight compared to *Bidens Pilosa* L., *Commelina diffusa* Burm.f., *Leonurus sibiricus* L., and *Richardia brasiliensis* Gomes that markedly reduced the growth of coffee plants. Raoofi and Alebrahim [24] suggested that weeds’ morphology may be responsible for this differential impact. Sedge weeds were reported to be more detrimental to jute plants than grass weeds. Though the weeds evaluated in this study are both broadleaved species, their morphological differences can not be ignored. Hence, the action threshold for weed control should factor in weed species.

The stems and branches of jute plant are points of leaf attachment. Hence, the negative impact of catnip and Mexican sunflower interactions on these was probably responsible for the reduced jute leaves. This finding agrees with Law-Ogbomo and Osaigbovo [25] that the plant height and the number of branches of jute have a significant positive correlation with its number of leaves.

The reduction in the height and the number of jute branches could be due to the shading

effect of catnip and Mexican sunflower on the jute plant. Similarly, Silverio [26] found that jute plants exposed to sunlight were taller than those in the shade. The leaves, stems, and branches of the jute plant are chlorophyllous. These jute parts contribute to the synthesis of photosynthate and the subsequent accumulation [27]. Therefore, the decline in the number of leaves, length of stems, and branches of the jute plant may be responsible for the reduced weight.

The dry weights of jute plants, which decreased due to catnip and Mexican sunflower interactions, justify the need to circumvent these weeds from reaching a detrimental density of 100 plants per square meter during jute production. However, the comparable fresh weights of jute plants in weedy and weed-free pots suggest that the use of plant fresh weight to evaluate weed competition is not reliable, more so that the dry weight reflects otherwise. Similarly, Huang et al. [28] reported that plant fresh weights are inappropriate growth indicators, giving different growth indications from the dry matter of some plants.

The change in the nutrient composition of jute by Mexican sunflower interaction, unlike catnip, suggests that weed species impact differently on nutrient composition of crops. Previous studies [29, 30] identified that weed management, such as hoe weeding, mulching, and herbicide application influences the nutrient composition of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook.f.) and maize (*Zea mays* L.). It also alters the composition of weed population [31]. Hence, this study suggests that the ability of weed management to impact the nutrient composition of crops may emanate from its modifying role on the predominance of weed species. In addition, alteration of physiological processes, such as nutrient uptake, photosynthesis, respiration, and transpiration, influences plants' proximate composition [32]. Hence, the proximate composition of the jute that was not affected by the catnip interaction of 100–500 catnip plants per square meter suggests that these catnip densities did not significantly enable physiological conditions that bring about changes in jute's nutrient composition.

The decrease in the protein content of jute interacting with Mexican sunflower plants in this study agrees with the reported reduction in the protein content of alfalfa (*Medicago sativa* L.) growing in weedy environments [23]. The lowered protein content of jute may have resulted from reduced nitrogen uptake from the soil. Earlier studies showed that the protein content of plants increases with increasing

soil nitrogen [33, 34]. The reduced nitrogen uptake may be due to the competition caused by 6 Mexican sunflower plants per pot. The inability of Mexican sunflower plant densities of 8 and 10 plants per pot to reduce the protein content of jute suggests that intraspecific competition at this level had a mitigating effect on its interspecific competition.

The increase in the carbohydrate content of jute occurred concurrently with a decrease in its protein content. Similarly, Belle et al. [35] reported the same finding with the carbohydrate and protein contents of marandú palisade grass (*Brachiaria brizantha* (A.Rich.) Stapf) exposed to weeds. Hence, this study establishes an inverse relationship between the jute's carbohydrate content and its protein content.

Conclusions

Catnip and Mexican sunflower of 100–500 plant per meter square interacting with jute mallow cause a reduction in its morphology. Generally, the degree of reduction caused by 100 and 200 weed plants per square meter was less than that of 500 weed plants per square meter. Weed species such as Mexican sunflower alters the nutritional quality of jute. Hence, the catnip and Mexican sunflower density interacting with jute mallow should be managed below 100 plants per square meter to prevent yield loss.

References

1. Raifu, I., & Soyelu, O. (2017). Physicochemical basis for relative susceptibility of two jute mallow morphotypes to *Acraea eponina* Cramer. *Ife Journal of Agriculture*, 28(1), 96–105.
2. Obeng, E., Kpodo, F. M., Tettey, C. O., Essuman, E. K., & Adzinyo, O. A. (2020). Antioxidant, total phenols and proximate constituents of four tropical leafy vegetables. *Scientific African*, 7, e00227.
3. Tareq, Z., Bashar, K. K., Amin, R., Sarker, M. D. H., Moniruzzaman, M., Sarker, M. S. A., & Islam, S. (2020). Nutritional composition of some jute genotypes as vegetables. *International Journal of Vegetable Science*, 26(5), 506–515.
4. Adediran, O. A., Ibrahim, H., Tolorunse, K. D., & Gana, U. I. (2015). Growth, yield and quality of jute mallow (*Corchorus olitorius* L.) as affected by different nutrient sources. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 3(5), 2319–2473.
5. Tyokumbur, E. T., & Okorie, T. (2011). Bioconcentration of trace metals in the tissues of two leafy vegetables widely consumed in South West Nigeria. *Biological Trace Element Research*, 140(2), 215–224.
6. Karki, S., Timsina, G. P., & Sharma, S. (2021). Performance studies on jute genotypes (*Corchorus olitorius* L.) for screening fibre yield components and biotic stress factors under terai region of Province-1 Nepal. *Journal of Current Opinion in Crop Science*, 2(1), 130–133.
7. Aladesanwa, R., & Ayodele, O. (2011). Weed Control in the Long-Fruited Jute (*Corchorus olitorius* L.) with Paraquat alone and in combination with Glyphosate at varying doses including their effects on its growth, development, yield and nutrition. *Applied Tropical Agriculture*, 15(1–2), 65–75.
8. Datta, M. K., Halder, P., Biswas, U., & Kundu, C. K. (2017). Effect of different weed management practices on growth and yield

- of tossa jute (*Corchorus olitorius*) in the new alluvial zone of West Bengal, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11), 1118–1123.
9. Ferdous, J., Hossain, M. S., Alim, M. A., & Islam, M. M. (2020). Effect of weeding and herbicide management on fibre yield and yield attributes of tossa jute. *Bangladesh Agronomy Journal*, 23(1), 101–106.
 10. Hossain, M. S., Ferdous, J., Kamrujjaman, M., Alim, M. A., & Islam, M. M. (2020). Fibre yield, yield attributes and economics of tossa jute (*Corchorus olitorius* L.) as affected by different weedicides. *International Journal of Sustainable Agricultural Technology*, 16(5), 14–19.
 11. Storkey, J., & Neve, P. (2018). What good is weed diversity? *Weed Research*, 58(4), 239–243.
 12. Ronchi, C. P., & Silva, A. A. (2006). Effects of weed species competition on the growth of young coffee plants. *Planta Daninha*, 24(3), 415–423.
 13. Jama, B., Palm, C. A., Buresh, R. J., Niang, A., Gachengo, C., Nziguheba, G., & Amadalo, B. (2000). *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: a review. *Agroforestry Systems*, 49(2), 201–221.
 14. Mutlu, S., Atici, Ö., Esim, N., & Mete, E. (2011). Essential oils of catmint (*Nepeta meyeri* Benth.) induce oxidative stress in early seedlings of various weed species. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33(3), 943–951.
 15. Akbar, S. (2020). *Nepeta cataria* L. (Lamiaceae). In *Handbook of 200 Medicinal Plants* (pp. 1279–1285). Cham: Springer.
 16. Dmitrović, S., Perišić, M., Stojić, A., Živković, S., Boljević, J., Živković, J. N., Aničić, N., Ristić, M., & Mišić, D. (2015). Essential oils of two *Nepeta* species inhibit growth and induce oxidative stress in ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) shoots *in vitro*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(3), 64.
 17. Amulu, L., Oyedele, D., & Adekunle, O. (2021). Effects of Sunn hemp (*Crotalaria juncea*) and Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) soil amendments on yields and quality of two indigenous vegetables grown in a nematode-infested field. *Indian Phytopathology*. doi: 10.1007/s42360-021-00341-3
 18. Bozok, F., Cenet, M., Sezer, G., & Ulukanlı, Z. (2017). Essential oil and bioherbicidal potential of the aerial parts of *Nepeta nuda* subsp. *albiflora* (Lamiaceae). *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 20(1), 148–154.
 19. Olabode, O. S., Ogunsola, A., Oladapo, O. S., & Sangodele, A. O. (2019). Effectiveness of alternative control methods for *Tithonia diversifolia* on water yam (*Dioscorea alata*) plot. *Asian Journal of Research in Crop Science*, 3(3), 1–6.
 20. AOAC. (2012). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (Vols I & II). (19th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.
 21. George D., & Mallery P. (2016). *IBM SPSS Statistics 23 Step by Step: A Simple Guide and Reference*. (14th ed.). New York, NY: Routledge.
 22. Olabode, O. S., Adesina, G. O., & Ajibola, A. T. (2010). Seasonal effects on the critical period for weed removal and okra performance on *Tithonia diversifolia* (Helmsl) A.Gray infested field. *Academic Journal of Plant Sciences*, 3(4), 156–160.
 23. Saharkhiz, M. J., Zadnour, P., & Kakouei, F. (2016). Essential oil analysis and phytotoxic activity of catnip (*Nepeta cataria* L.). *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 4(1), 40–45.
 24. Raoofi, M., & Alebrahim, M. T. (2017). A comparison of weeds interference and non-interference at different planting densities, on yield, nutritional value and some morphological traits of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Sarhad Journal of Agriculture*, 33(2), 220–231.
 25. Law-Ogbomo, K. E., & Osaigbovo, A. U. (2018). Growth and yield performance of jute mallow (*Corchorus olitorius* L.) in response to nitrogen levels of poultry manure in an 'ultisols' environment. *Journal of Organic Agriculture and Environment*, 5(2), 5–12.
 26. Silverio, F. D. (2015). Morpho-Anatomical Structure and DNA Extract of Sun and Shade Leaves of Jute (*Corchorus capsularis* L.). *American Journal of Agriculture and Forestry*, 3(6–1), 1–5.
 27. Aschan, G., & Pfanz, H. (2003). Non-foliar photosynthesis – a strategy of additional carbon acquisition. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 198(2), 81–97.
 28. Huang, P., de-Bashan, L., Crocker, T., Klopper, J. W., & Bashan, Y. (2017). Evidence that fresh weight measurement is imprecise for reporting the effect of plant growth-promoting (rhizo) bacteria on growth promotion of crop plants. *Biology and Fertility*, 53(2), 199–208.
 29. Osadebe, V. O., Echezona, B. C., & Bakare, S. O. (2014). Effect of weed management and cutting frequency on the leaf yield and proximate composition of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook F.). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 14(7), 664–673.
 30. Omovbude, S., Oroka, F.O., & Udensi, E. U. (2017). Effect of Different Weed Control Practices on Proximate Composition, Nutrient Concentration and Uptake of Maize (*Zea mays* L.). *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 10(2), 98–104.
 31. Rana, S. S., Sharma, R., Singh, A., & Kumar, S. (2019). Studies on shifts in weed flora in maize (*Zea mays* L.) in Kangra district of Himachal Pradesh. *Journal of Research in Weed Science*, 2(3), 230–240.
 32. Khan, I., Azam, A., & Mahmood, A. (2013). The impact of enhanced atmospheric carbon dioxide on yield, proximate composition, elemental concentration, fatty acid and vitamin C contents of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(1), 205–214.
 33. Shang, C., Chen, A., Chen, G., Li, H., Guan, S., & He, J. (2017). Microbial biofertilizer decreases nicotine content by improving soil nitrogen supply. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 181(1), 1–14.
 34. Yadav, S., Kumar, R., Chauhan, S. S., Kumar, R., & Kumar, M. (2020). Effect of Different Nitrogen Levels and Varieties on Protein and Nitrogen Content in Grain and Nitrogen Uptake by Barley (*Hordeum vulgare* L.) in Sodic Soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(2), 612–618.
 35. Belle, J., Marchi, S., Martins, D., Sousa, A., & Pinheiro, G. (2018). Nutritional Value of Marandú Palisade Grass According to Increasing Coexistence Periods with Weeds. *Planta Daninha*, 36, e018170348.

Ayodele O. P.¹, Aluko O. A.², Adegbaaju O. D.³ Вплив щільності котячої м'яги справжньої (*Nepeta cataria* L.) і мексиканського соняшнику (*Tithonia diversifolia* L.) на ріст, урожайність та вміст деяких сполук у рослинах джуту довгоплідного (*Corchorus olitorius* L.). *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 2. С. 155–163. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236523>

¹Department of Agronomy, Adekunle Ajasin University Akungba-Akoko, Ondo State, Nigeria, e-mail: olatunde.ayodele@aaau.edu.ng

²Institute of Agricultural Research and Training, Obafemi Awolowo University, Moor Plantation, P. M. B 5029, Ibadan, Nigeria, e-mail: bunmialuko2010@gmail.com

³Medicinal Plants and Economic Development (MPED) Research Centre, Department of Botany, University of Fort Hare, Alice 5700, South Africa, e-mail: funmaj2005@gmail.com

Мета. Джут довгоплідний (*Corchorus olitorius* L.) – це овочева й луб'яна культура, яку вирощують у тропіках. Поширеними бур'янами, що засмічують його посіви, є котяча

м'яга справжня (*Nepeta cataria* L.) і мексиканський соняшник (*Tithonia diversifolia* L.). У нашому дослідженні вивчали ріст, урожайність і склад деяких компонентів у рослинах

джуту довгоплідного за умови присутності котячої м'яти справжньої і мексиканського соняшнику та в середовищі, вільному від бур'янів. **Методи.** Дослідження включало два скринінгових експерименти за повністю рендомізованою схемою в шести повтореннях. Схема досліду в експериментах була такою: 0 (контроль), 2, 4, 6, 8 і 10 бур'янів на ємність для вирощування. З урахуванням площі поверхні використаних ємностей, така кількість відповідала 0, 100, 200, 300, 400 і 500 бур'янам на 1 м². Параметри росту джуту довгоплідного реєстрували щотижня з 5 до 8 тижня після сівби, а врожай збирали через 8 тижнів. Уміст деяких сполук у рослинах джуту оцінювали з використанням стандартних процедур, викладених Асоціацією офіційних сільськогосподарських хіміків. Отримані результати були оброблені із застосуванням методів дисперсійного аналізу

(ANOVA). **Результати.** Котяча м'ята справжня й мексиканський соняшник за щільності від 100 рослин на квадратний метр найбільш негативно впливали на морфологічні характеристики джуту довгоплідного. Ці бур'яни, за щільності 100–500 рослин на квадратний метр, зумовлювали також зменшення сухої ваги джуту довгоплідного. За певних умов, мексиканський соняшник може також спричиняти зменшення вмісту сирого протеїну в джуті довгоплідному.

Висновки. Для запобігання втрат урожаю рекомендується підтримувати чисельність рослин котячої м'яти справжньої та мексиканського соняшнику в посівах джуту довгоплідного меншою ніж 100 шт./м².

Ключові слова: *Corchorus olitorius*; мексиканський соняшник; котяча м'ята справжня; густина бур'янів; уміст сполук.

Надійшла / Received 04.05.2021

Погоджено до друку / Accepted 09.06.2021

Sampling for vegetative propagation: A phytosanitary status survey of grapevines collection by One Step RT-PCR method

M. Yzeiraj

Agricultural Technology Transfer Center Vlorë, Shamojin, Vlorë Municipality, Albania, e-mail: melaize.yzeiraj@gmail.com

Purpose. Grapevines (*Vitis* spp.) are affected by many viral diseases which cause serious pathological problems. GLRaV-3 is among the most widespread leafroll viruses, while Grapevine Fanleaf Virus (GFLV) is a destructive pathogen which reduces the lifespan of grapevine. Considering the impact and the spread of these diseases, our objective was to analyse the presence of these two viruses in several grapevine varieties in grapevine collection at ATTC Vlore. Data gathered from plant pathogens serve to better understand and prevent the spread of pathogens, as a mandatory rule for the quality control of certified plant material during vegetative propagation. **Method.** The presence of two common viruses were tested using virus specific primers; LC1/LC2 primer pair designed from the hHSP70 gene for detecting Grapevine Leafroll-associated Virus-3 (GLRaV3) and C3390/H2999 primer pair, designed from coat protein coding regions for detecting Grapevine Fanleaf Virus (GFLV), in six varieties; 'Merlot', 'Kallmet', 'Shesh i zi', 'Shesh i bardhë', 'Debinë', and 'Pulëz', provided through a randomised sampling procedure. One Step Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction assay was used to detect the viral presence. **Results** showed a high (100%) prevalence of GLRaV3 virus in all of analysed samples, as the most frequent among the two pathogens. Analysis for of GFLV virus showed low infection rate, being present in only one sample. **Conclusions.** We herein show an efficient, fast and reproducible method for detecting grapevine viruses through one step RT-PCR. Our results suggest that sampling of the infected plant material should be avoided due to the presence of viral infections.

Keywords: one step RT-PCR; RNA extraction; grapevine varieties; GLRaV3; GFLV; vegetative propagation.

Introduction

Grapevine (*Vitis* spp.) is one of the most important economic species in the world [4] at the same time showing the highest number of intracellular infections. Among the potential listed threats are bacteria, fungi, oomycete and viruses with distinct characteristics, infection mechanisms and evasion strategies [1]. To date, there are more than 60 viral species reported to infect grapevines [13]. The main viruses infecting grapevines are closteroviridis which are associated with leafroll disease; flexiviridis related to rugose wood disease complex; and nepoviruses, which are responsible for fanleaf degeneration, as a major economic threat.

The production of propagative material has a beneficial impact on the health conditions of the viticultural industry. It implements stra-

tegies such as sanitary improvements of the crops and certification of nursery products for assuring quality standards [13]. In the very specific case of grapevine certification, it involves detection of viral infections, clonal identification and viticultural performance. As certified virus-free vineyards are more productive and have reported fewer problems, efforts are made to provide high standards to harmonize grapevine certification protocols, in order to ensure that no viticultural region is compromised by the introduction and spread of diseases [6].

In this study we have analysed the presence of Grapevine leafroll associated virus-3 (GLRaV-3), a phloem limited virus, being widespread and producing significant economic losses around the world [16] and Grapevine fanleaf virus (GFLV), one of the most-studied *Xiphiniema* nematode transmitted virus due to its negative economic impact on grapevine, causing fanleaf degeneration as one of the most severe and destructive viral disease of grapevine, reducing fruit quality and longevity of vineyards [5, 21]. Considering the de-

Melaize Yzeiraj

<https://orcid.org/0000-0002-7492-624X>

structive potential and economic loss these viruses cause, *the main aim of the research* was to establish a reliable and efficient protocol for detecting viruses in grapevines through RT-PCR. This technique is recommended by EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) as an appropriate method for certification, mainly due to detection of several plant viral infections, including leafroll (GLRaV's) and especially Fanleaf (GFLV) virus, being rapid, sensitive, reliable, reducing the contamination risk and circumventing the problem with low viral concentration, compared to serological techniques [3, 13, 19, 24].

RT-PCR has gained a lot of popularity for detection and diagnosis of plant viruses. As one of the most frequently used diagnostic technique, it is well established, validated and standardized. In addition, RT-PCR is known for its high sensitivity, ease of implementation and relatively low cost [18, 23]. However, other advanced techniques are currently in use for plant diagnostics such as: array technologies (which allow simultaneous detection of multiple plant viruses), quantitative PCR, and NGS (next generation sequencing) a revolutionary technique used to discover and characterize novel viruses and viral strains [23].

Reliable, early and correct detection methods are the most effective actions to develop control strategies for plant viral diseases management [18] however the future challenge might be to design strategies for preventing a quick sanitary deterioration of vineyards [13]. The aim of this study is to help in estimating the feasibility of grapevine sampling for vegetative propagation. This is relevant in context of mandatory rules for the use of certified plant material for vegetative reproduction, as an effective way to prevent the spread of pathogens.

Material and methods

Plant material and RNA isolation

Samples were taken randomly from mature leaves, petioles and phloem tissue of six varieties: 'Merlot', 'Kallmet', 'Shesh i zi', 'Shesh i bardhë', 'Debinë', 'Pulëz'. Pestles, mortars, and all glassware were kept for 4 hours at 200 °C [9] and plasticware autoclaved before use [4]. Samples were homogenized using mortar and pestle in liquid nitrogen. Two extraction protocols were followed; CTAB-TRIzol® and CTAB-LiCl. The first was a modified CTAB-TRIzol® combination method, where the first step is treatment with CTAB solution [9] followed by TRIzol® extraction protocol, according to the manufacturer's protocol (TRIzol® Reagent, Invitrogen) [8]. According-

ly, about 100 mg of pulverized plant material was treated for ten minutes at 56 °C in 900 µl CTAB solution (2% CTAB, 100 mM tris HCl, 20 mM NaEDTA, 1.4M NaCl, 2% PVP) where 1% β-mercapthoethanol was added prior to use. The samples were centrifuged and the suspension was treated with 900 µl TRIzol and incubated at 4 °C overnight. The following procedures were based on manufacturer guidelines and consist of; adding twice 0,2 ml chloroform, incubation for 5 minutes and centrifugation for 15 min. Isopropanol was added to the aqueous phase, incubated for 10 min, the pellet was washed with 75% ethanol, centrifuged, air dried, and resuspended in 50 µl RNase free water.

The second method is CTAB- LiCl protocol according to Ling et al. [11]. During the first step, samples were treated with 1ml of 3% CTAB solution and incubated at 65 °C for 30 minutes with occasional shaking. The supernatant was collected and centrifuged for 15 min at room temperature. An equal volume of chloroform-isoamyl alcohol (24 : 1, v/v) was added and centrifuged. The supernatant was collected and 1/3 volume of 10M LiCl was added and overnight incubated at 4 °C. The other extraction steps were performed as previously reported [11]. The spectrophotometric absorbance was evaluated at 230, 260, and 280 nm, using a UV-3100PC (VWR) spectrophotometer. The integrity of extracted RNA was evaluated on 1% agarose gel. The data were analysed using JMP 16 Statistical Software.

RT-PCR Analysis

Reverse transcription reactions were carried out with SuperScript IV One Step RT-PCR system (Invitrogen) with LC1/LC2 primers designed from the hHSP70 gene for GLRaV3 virus [15] and H2999/C3310 primers for GFLV virus, designed from coat protein coding regions [12]. The amplification was performed in a total volume of 25 µl, containing: 12,5 µl 2X Platinum™ SuperFi™ RT-PCR Master Mix, 10 µM specific forward and reverse primer, 0.5 µl SuperScript™ IV RT Mix, a maximum of 0.5 µg RNA template and nuclease free water up to 25 µl. The PCR reactions were carried out on a thermal cycler 2720 (Applied Biosystems) using the following program; 30 minutes reverse transcription at 52 °C, denaturation at 94 °C for 5 min, 35 cycles at 94 °C for 30 sec, annealing at 52 °C for 30 sec (GLRaV3) and 60 °C (GFLV), 72 °C for 50 sec and a final extension at 72 °C for 7 min as described by Osman and Rowhani [17], Turturo et al. [21] (Table 1). Each of the experiment was repeated at

least three times to assure the reproducibility of the assay. The amplified products were resolved by electrophoresis on 1.5% agarose gel buf-

fered in TBE (45 mM Tris-borate, 1 mM EDTA) and visualised using UV light after staining with GelRed (Biotium).

Table 1
Sequences of specific primers for detecting GLRaV3 and GFLV in grapevines

Virus	Primer sequence	Amplified DNA size	Reference
GLRaV3	LC1 5' CGCTAGGGCTGTGGAAGTATT 3'	546 bp	[15]
	LC2 5' GTTGTCCCGGTACCAGATAT 3'		
GFLV	H2999 5' TCGGGTGAGACTGCGCAACTTCCTA 3'	312 bp	[12]
	C3310 5' GATGGTAACGCTCCCGCTGCTCTT 3'		

Results and discussion

The nucleic acid isolation method is a critical factor for success, influenced by multiple parameters, including the efficiency of isolating extracts containing enough RNA and free of inhibitors. However, RNA isolation procedure can be challenging due to the presence of phenolic compounds and polysaccharides in woody plants tissues, including grapevines. These factors could substantially inhibit PCR reactions components [10, 17]. Phenolic compounds bind to proteins and nucleic acids forming high molecular weight complexes, meanwhile polysaccharides tend to co-precipitate with RNA, remaining as contaminants in the final extract.

Comparative results of the two methods used for isolation of the RNA showed that the methods we have used were efficient and reproducible for RT-PCR analysis. Choosing the appropriate extraction method is essential for detecting grapevine viruses through molecular diagnostic techniques and one must consider the simplicity and reproducibility of it [13].

The results of this study point out that RNA extraction procedures performed are suitable for routine use in diagnostic laboratories. CTAB-TRIzol[®] procedure is relatively rapid and produces a high total RNA yield, meanwhile using CTAB-LiCl resulted as an effective procedure to obtain high purity RNA, free from phenolic and polysaccharides compounds (Fig. 1).

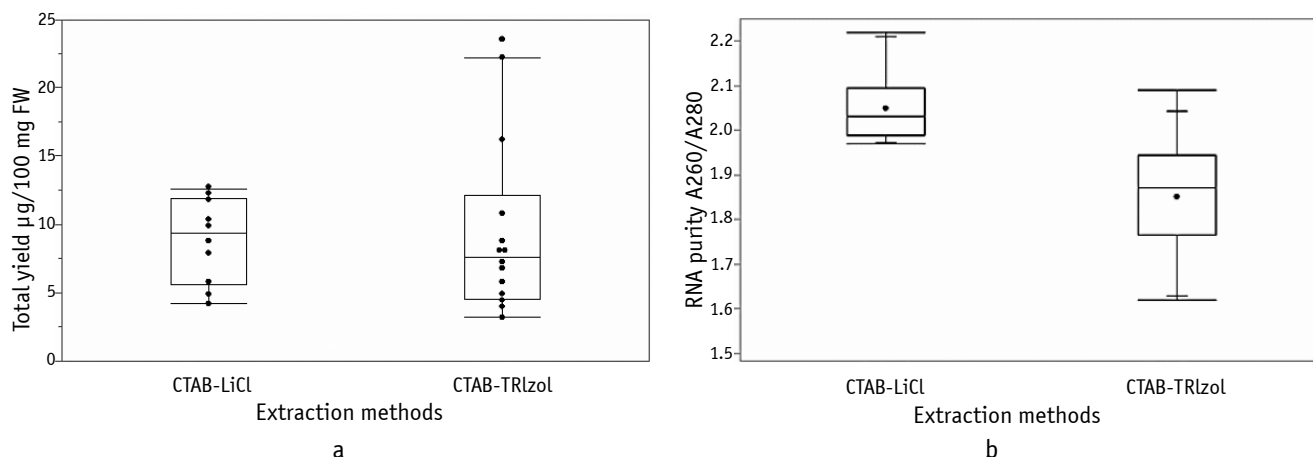


Figure 1. Boxplot chart comparing (a) CTAB-LiCl and CTAB-TRIzol[®] total yield/100 mg FW and (b) RNA purity A_{260}/A_{280} ratio for both extraction methods. Charts were built using statistical software JMP 16

Among the two methods used, RNA-TRIzol[®] extraction resulted in higher RNA yield of $9.55 \pm 1.74 \mu\text{g}/\text{mg}$, while CTAB-LiCl method recorded a total yield of $8.83 \pm 0.96 \mu\text{g}/\text{mg}$ (Fig. 1a). On the other hand, CTAB-LiCl resulted in higher purity ratio 2.049 ± 0.07 , while CTAB-TRIzol[®] recorded an average ratio of 1.85 ± 0.13 (Fig. 1b). High molarity LiCl solution precipitate RNA from DNA and favours larger transcripts precipitation, however CTAB+LiCl is a time consuming method

[4]. RNA purity, defined by $A_{260}/280$ ratio, is a measure of proportion between RNA and protein [2] and showed that CTAB-LiCl method provided a value of around 2 for the RNA purity, which make it a suitable method for RNA extraction.

The average incidence of infection for each tested virus was 100% for GLRaV3 and 2.8% for GFLV for the cultivars under study (Table 2). Our findings are similar to previous reports, like that of Hančević et al., [7] who

have detected the presence of GLRaV3 virus in around 95% of the studied samples. These results indicate that GLRaV3 virus is more frequent in terms of distribution compared to GFLV, as previously reported by serological assays performed [20]. Merkuri et al., [14]

reported that GFLV was the least represented virus in native varieties with an infection rate of 5.5%, observed in 5 out of 16 cultivars tested. Meanwhile leafroll disease is present in native and foreign cultivars, exceeding an incidence of 60% in certain varieties.

Table 2

**Analysed cultivars and overall infection
(number of samples infected/total number of samples tested)**

Cultivar	'Merlot'	'Shesh i zi'	'Shesh i Bardhë'	'Kallmet'	'Debinë'	'Pulëz'	Overall infection
GLRaV3 virus	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	100%
GFLV virus	0/6	0/6	0/6	0/6	1/6	0/6	2.8%

The phytosanitary conditions of Albanian viticulture do not have any significant difference compared to the neighbouring and Mediterranean countries. These conditions require ade-

quate measures to improve the sanitary quality of the crop through selection and sanitation programmes, similarly with those administered in several countries of Mediterranean region [14].

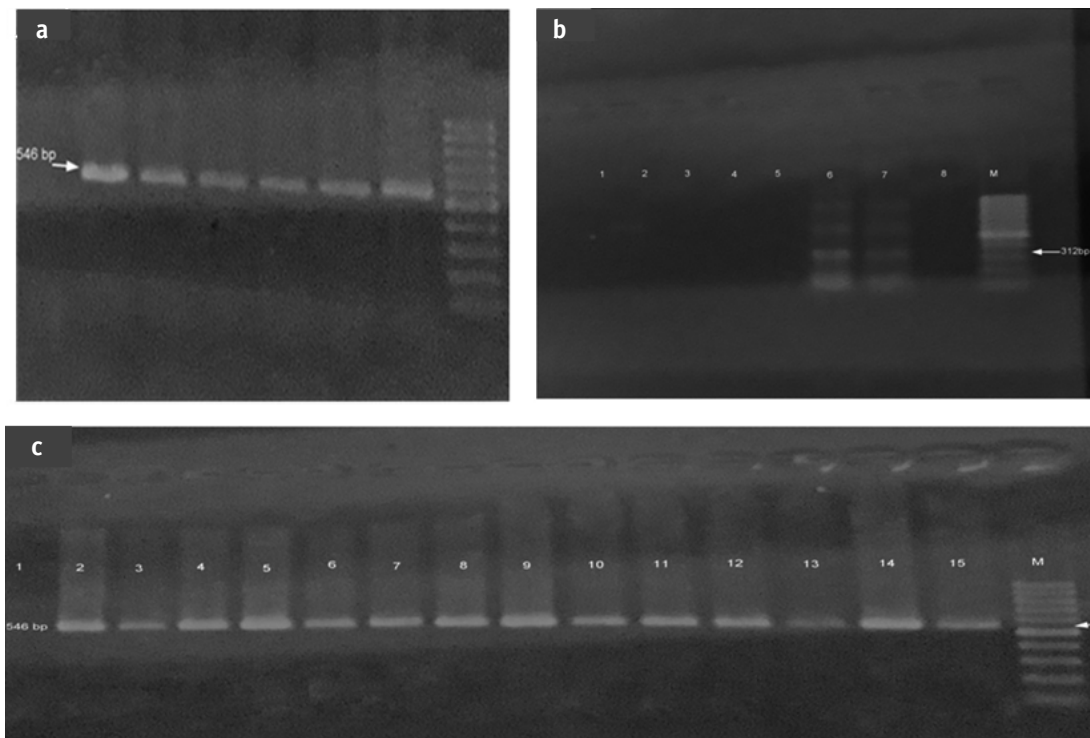


Figure 2. Gel electrophoresis images of tested samples in 1.5% agarose gel.

(a) All samples of 'Merlot' variety tested for GLRaV3, (b) M – 100 bp, 1 – 'Kallmet', 2 – 'Pulës', 3 – 'Shesh i zi', 4 – 'Shesh i Bardhë', 5 – 'Merlot', 6 – 'Debinë', 7 – Positive Control, 8 – Negative Control, (c) M – 100 bp, 1 – Negative control, 2 – Positive control, 'Pulës' (3, 4), 'Debinë' (5, 6), 'Kallmet' (7, 8, 9), 'Shesh i bardhë' (10, 11, 12), and 'Shesh i Zi' (13, 14, 15) tested for GLRaV3

Expected fragment length with LC1/LC2 primer pair is 546 bp [15], as it's shown in the figure 2a and 2c, where amplified fragments consist of 546 bp and can be observed in all of the studied samples. The analysis for the presence of GFLV virus tested by H2999/C3310 primer pair, resulted in an expected amplified fragment size of 312 bp [12] as it's shown in the Figure 2b, recorded from one of the 'Debinë' variety samples.

Conclusions

In this study we have analysed the presence of viral diseases through an effective, reliable and reproducible assay. Considering the high frequency of infected vineyards by GLRaV3 and the relatively lower presence but considerable threat of GFLV, we conclude that sampling of plant material from analysed grapevines plantation is accompanied with the risk

of viral transmission diseases, thus this practice is not suggested to be used. With a focus on certification, it's essential to adapt an action plan with measures against harmful pathogens. It's suggested to replace infected grapevine plants, as a measure to maintain the disease under control. Prevention of viral diseases spread across vineyards can prevent plant deterioration, increase product quality and provide sanitation at the same time.

References

1. Armijo, G., Schlechter, R., Agurto, M., Muñoz, D., Nuñez, C., & Arce-Johnson, P. (2016). Grapevine Pathogenic Microorganisms: Understanding Infection Strategies and Host Response Scenarios. *Front. Plant Sci.*, 7, 382. doi:10.3389/fpls.2016.00382
2. Chaparro-Encinas, L. A., Arellano-Wattenbarger, G. L., Parra-Cota, F. I., & de los Santos-Villalobos, S. (2020). A modified CTAB and Trizol® protocol for high-quality RNA extraction from whole wheat seedlings, including rhizosphere. *Cereal Res. Commun.*, 48(3), 275–282. doi: 10.1007/s42976-020-00046-9
3. Pathogen-tested material of grapevine varieties and rootstocks. (2008). *EPPO Bulletin*, 38(3), 422–429. doi: 10.1111/j.1365-2338.2008.01258.x
4. Gambino, G., Perrone, I., & Gribaudo, I. (2008). A rapid and effective method for RNA extraction from different tissues of grapevine and other woody plants. *Phytochem. Anal.*, 19(6), 520–525. doi: 10.1002/pca.1078
5. Garcia, S., Hily, J., Komar, V., Gertz, C., Demangeat, G., Lemaire, O., & Vigne, E. (2019). Detection of Multiple Variants of Grapevine Fanleaf Virus in Single Xiphinema index Nematodes. *Viruses*, 11(12), 1139. doi:10.3390/v11121139
6. Golino, D. A., Fuchs, M., Al Rwahnih, M., Farrar, K., Schmidt, A., & Martelli, G. P. (2017). Regulatory Aspects of Grape Viruses and Virus Diseases: Certification, Quarantine, and Harmonization. In B. Meng, G. Martelli, D. Golino, & M. Fuchs (Eds.), *Grapevine Viruses: Molecular Biology, Diagnostics and Management* (pp. 581–598). Springer Int. Publ. doi: 10.1007/978-3-319-57706-7_28
7. Hančević, K., Saldarelli, P., Čarija, M., Černi, S., Zdunić, G., Mučalo, A., & Radić, T. (2021). Predominance and Diversity of GLRaV-3 in Native Vines of Mediterranean Croatia. *Plants*, 10(1), 17. doi: 10.3390/plants10010017
8. Invitrogen, TRIzol reagent. Retrieved from http://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/trizol_reagent.pdf
9. Jordan-Thaden, I. E., Chanderbali, A. S., Gitzendanner, M. A., & Soltis, D. E. (2015). Modified CTAB and TRIzol protocols improve RNA extraction from chemically complex Embryophyta. *Appl. Plant Sci.*, 3(5), 1400105. doi: 10.3732/apps.1400105
10. Lacroix, C., Renner, K., Cole, E., Seabloom, E. W., Borer, E. T., & Malmstrom, C. M. (2016). Methodological Guidelines for Accurate Detection of Viruses in Wild Plant Species. *Appl. Environ. Microbiol.*, 82(6), 1966–1975. doi: 10.1128/AEM.03538-15
11. Ling, Z., Zhike, Z., Shunquan, L., Tingting, Z., & Xianghui, Y. (2013). Evaluation of Six Methods for Extraction of Total RNA from Loquat. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj Napoca*, 41(1), 313–316. doi: 10.15835/nbha4118233
12. MacKenzie, D. J., McLean, M. A., Mukerij, S., & Green, M. (1997). Improved RNA extraction from woody plants for the detection of viral pathogens by reverse transcriptase-polymerase chain reaction. *Plant Disease*, 81(2), 222–226. doi: 10.1094/PDIS.1997.81.2.222
13. Maliogka, V. I., Martelli, G. P., Fuchs, M., & Katis, N. I. (2015). Control of Viruses Infecting Grapevine. In *Advances in Virus Research* (pp. 175–227). Elsevier. doi: 10.1016/bs.aivir.2014.11.002
14. Merkuri, J., Martelli, G. P., Boscia, D., & Savino, V. (1994). Viruses of grapevine in Albania. *EPPO Bulletin*, 24(1), 215–220. doi: 10.1111/j.1365-2338.1994.tb01062.x
15. Minafra, A., & Hadidi, A. (1994). Sensitive detection of grapevine virus A, B, or leafroll-associated III from viruliferous mealybugs and infected tissue by cDNA amplification. *J. Virol. Methods*, 47(1–2), 175–187. doi: 10.1016/0166-0934(94)90076-0
16. Montero, R., El aou ouad, H., Flexas, J., & Bota, J. (2016). Effects of grapevine leafroll associated virus 3 (GLRaV-3) on plant carbon balance in *Vitis vinifera* L. cv. Giró Ros. *Theor. Exp. Plant Physiol.*, 28(1), 1–10. doi: 10.1007/s40626-015-0050-6
17. Osman, F., & Rowhani, A. (2006) Application of a spotting sample preparation technique for the detection of pathogens in woody plants by RT-PCR and real-time PCR (TaqMan). *J. Virol. Methods*, 133(2), 130–136. doi: 10.1016/j.jviromet.2005.11.005
18. Pallás, V., Sánchez-Navarro, J. A., & James, D. (2018). Recent Advances on the Multiplex Molecular Detection of Plant Viruses and Viroids. *Front. Microbiol.*, 9, 2087. doi: 10.3389/fmicb.2018.02087
19. Ragozzino, E., Faggioli, F., & Barba, M. (2004). Development of a one tube-one step RT-PCR protocol for the detection of seven viroids in four genera: Apscaviroid, Hostuviroid, Pelamoviroid and Pospiviroid. *J. Virol. Methods*, 121(1), 25–29. doi: 10.1016/j.jviromet.2004.05.012
20. Sadikaj, D., Cara, M., & Merkuri, J. (2016). Phytosanitary Status of Some Albanian Grapevine Varieties with Reference to main Viral Diseases. *Albanian J. Agric. Sci., Special Ed.*, 49–52.
21. Turturo, C., Saldarelli, P., Yafeng, D., Digiario, M., Minafra, A., Savino, V., & Martelli, G. P. (2005). Genetic variability and population structure of *Grapevine leafroll-associated virus 3* isolates. *J. Gen. Virol.*, 86(1), 217–224. doi: 10.1099/vir.0.80395-0
22. Ulea, E., Irimia, N., & Lipşa, F. D. (2012). Serological detection of *Grapevine fanleaf virus* (GFLV) in ampelographic collection from USAMV Iaşi (Romania). *Res. J. Agric. Sci.*, 44(2), 108–111.
23. Yadav, N., & Khurana, S. M. P. (2016). Plant Virus Detection and Diagnosis: Progress and Challenges. In *Frontier Discoveries and Innovations in Interdisciplinary Microbiology* (pp. 97–132). Springer India. doi: 10.1007/978-81-322-2610-9_7
24. Youssef, S. A., Moawed, S. M., El-Sayed, M., & Shalaby, A. A. (2010). Detection of olive tree viruses in Egypt by one-step RT-PCR. *Julius-Kühn-Archiv*, 427: 21st International Conference on Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops, 51–52. Retrieved from <https://ojs.openagrar.de/index.php/JKA/article/view>

Yzeiraj M. Обстеження фітосанітарного статусу колекції винограду методом одностадійної ЗТ-ПЛР. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 2. С. 164–169. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236525>

Agricultural Technology Transfer Center Vlorë, Shamojgin, Vlorë Municipality, Albania, e-mail: melaize.yzeiraj@gmail.com

Мета. Рослини винограду (*Vitis* spp.) уражуються багатьма вірусними збудниками, що спричиняють їхні серйозні захворювання. До найпоширеніших належать вірус скручування листя винограду (GLRaV-3) та вірус коротковузля винограду (GFLV), деструктивний патоген, який зменшує

тривалість життя виноградної лози. З огляду на важливість і поширення захворювань, що спричиняються згаданими вірусами, нашою метою було проаналізувати їхню присутність у сортах винограду з колекції Центру Трансферу Агарних Технологій (ATTC Vlore). Отримані дані про рослин-

ні патогени потрібні для запобігання їхньому поширенню і є обов'язковими для контролювання якості сертифікованого рослинного матеріалу під час його вегетативного розмноження. **Методи.** Наявність вірусів перевіряли методом одностадійної ЗТ-ПЛР з використанням вірус-специфічних праймерів: пара праймерів LC1 / LC2, що розроблена для детектування гена hHSP70 вірусу скручування листя винограду-3 (GLRaV3), і пара праймерів C3390 / H2999, для визначення кодувальних послідовностей білка оболонки вірусу коротковузля винограду (GFLV). Аналіз шести сортів культури – 'Merlot', 'Kallmet', 'Shesh i zi', 'Shesh i bardhë',

'Debinë' і 'Pulëz' – здійснювали з використанням процедури рандомізованої вибірки. **Результати.** Найпоширенішим вірусом для досліджених зразків виявився GLRaV3, який траплявся у 100% проаналізованих рослин. Визначення вірусу GFLV показало низький рівень інфікування, вірус був лише в одному зразку. **Висновки.** Показана можливість використання одностадійної ЗТ-ПЛР як ефективного, швидкого й відтворюваного методу виявлення вірусів виноградної лози.

Ключові слова: одностадійна ЗТ-ПЛР; екстракція РНК; сорти винограду; GLRaV3; GFLV; вегетативне розмноження.

Надійшла / Received 24.05.2021

Погоджено до друку / Accepted 06.07.2021

