

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНИЙ ІНСТИТУТ —
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР
НАСІННЄЗНАВСТВА ТА СОРТОВИВЧЕННЯ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНОГО ІНСТИТУТУ —
НАЦІОНАЛЬНОГО ЦЕНТРУ
НАСІННЄЗНАВСТВА ТА СОРТОВИВЧЕННЯ**

*Відповідальний редактор
член-кореспондент НААН України В. М. Соколов*

Видання засноване у 1952 році

Випуск 31 (71)

Одеса
«Астропринт»
2018

УДК 633.1(051.2)

Засновник: Селекційно-генетичний інститут — Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

СОКОЛОВ В. М. (відповід. ред.), к. с.-г. н.;
ЛИТВИНЕНКО М. А. (заст. відповід. ред.), д. с.-г. н.;
БАБАЯНЦ О. В., д. б. н.;
БЕЛОУСОВ А. О., д. б. н.;
ВАРЕНИК Б. Ф., к. с.-г. н.;
ВЛАСЕНКО В. А., д. с.-г. н., Сумський нац. аграр. ун-т;
ВОЛКОВА Н. Е., д. б. н.;
ДАВИДЕНКО О. Г., д. б. н., Ін-т генетики та цитології НАН Республіки Білорусь;
КІНДРУК М. О., д. с.-г. н.;
ЛАВРИНЕНКО Ю. О., д. с.-г. н., Ін-т зрош. землероб. НААН України;
ЛИФЕНКО С. П., д. с.-г. н.;
ЛІНЧЕВСЬКИЙ А. А., д. с.-г. н.;
ЛЯХ В. О., д. б. н., Запорізький нац. ун-т;
МАРТОН Л. Ч., д. н., Ін-т с.-г. Центру с.-г. досліджень Угорської АН;
ПУШКАРЕНКО О. Я., к. б. н.;
РИБАЛКА О. І., д. б. н.;
СТЕЛЬМАХ А. Ф., д. б. н.;
СІЧКАР В. І., д. б. н.;
ФАЙТ В. І., д. б. н.

У збірнику висвітлено результати досліджень з вивчення реакції сортів пшениці твердої озимої на внесення азотних добрив, гібридів соняшнику — на позакореневе підживлення комплексними мікродобривами; впливу кліматичних умов на параметри пластичності та стабільності сортів сої за врожаєм і вмістом білка та впливу добору за довжиною зернівки на морфометричні показники первинної кореневої системи кукурудзи.

До складу збірника також включено статті, присвячені визначенню ефектів алелів гена *Rht-B1* за агрономічними ознаками та ефективністю генів стійкості пшениці до збудника борошнистої роси у Степу України; оцінці різноманіття сортів сої за генами *Gy*, що кодують гліцинін, вдосконаленню тест-панелі мікросателітних локусів для ідентифікації генотипів соняшнику, розгляду механізмів посилення стійкості даної культури до вовчка і новим стратегіям захисту від цього злісного шкідника.

До збірника також залучено роботи, у яких досліджено вміст β -каротину в зерні кукурудзи, вплив гордецину ячменю на функціональний стан прооксидантно-антиоксидантної системи та інтенсивність ростових процесів у проростків кукурудзи і ячменю.

Збірник розрахований на науковців, селекціонерів, викладачів, аспірантів, студентів біологічного та сільськогосподарського профілів.

Видання під назвою «Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту — Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення» виходить з 2002 року.

ЗМІСТ

СЕЛЕКЦІЯ

БЄЛОУСОВ А. О., ХІЛЬЧЕНКО С. В. Багаторічний добір за довжиною зернівки і його вплив на морфометричні показники первинної кореневої системи кукурудзи (<i>Zea mays</i> L.)	9
МУРСАКАЄВ Е. Ш., ЛАВРОВА Г. Д., ГАНЖЕЛО О. І. Вплив метеорологічних умов на параметри пластичності та стабільності сортів сої (<i>Glycine max</i> L.) за врожайністю та вмістом білка	18
ПАЛАМАРЧУК А. І., АЛБУЛ А. О., КОЗЛОВ В. В. Урожай та якість зерна сортів пшениці твердої озимої (<i>Triticum durum</i> Desf.) у залежності від азотного живлення рослин в умовах південного Степу України	26
ЛАЗЕБА О. В. Оцінка гібридів соняшнику (<i>Helianthus annuus</i> L.) із застосуванням позакореневого підживлення комплексними мікродобривами в умовах лівобережної частини Лісостепу України	36

ГЕНЕТИКА

ОХРИМОВИЧ О. В., ЧЕБОТАР С. В., МОЦНИЙ І. І. Оцінка ефектів алелів гена <i>Rht-B1</i> на показники агрономічних ознак пшениці м'якої озимої (<i>Triticum aestivum</i> L.) сорту Одеська 267	45
ТРАСКОВЕЦЬКА В. А., САУЛЯК Н. І., ТЕРНОВИЙ К. П., БАБАЯНЦ О. В., БАБАЯНЦ Л. Т., ГАЛАЄВ О. В. Ефективність генів стійкості пшениці (<i>Triticum aestivum</i> L.) до збудника борошнистої роси <i>Blumeria graminis</i> (DC) Speer f. sp. <i>tritici</i> у Степу України	58
ВЕНГЕР А. М., КОЛЕСНИК О. О., ФАЙТ В. І. Різноманіття сортів сої (<i>Glycine max</i> L.) за генами кластера <i>Gy</i> , що кодують гліцинін	66
СОЛОДЕНКО А. Є., ФАЙТ В. І. Удосконалення тест-панелі мікросателітних локусів для ідентифікації генотипів соняшнику (<i>Helianthus annuus</i> L.)	70

БІОХІМІЯ

ГАРКОВИЧ О. Л., КРУСІР Г. В., КУЗНЕЦОВА І. О., МАДАНИ М. М., КОНДРАТЕНКО І. П. Вплив гордецину ячменю на інтенсивність ростових процесів у проростків ячменю звичайного (<i>Hordeum vulgare</i> L.) та кукурудзи (<i>Zea mays</i> L.)	77
ГАРКОВИЧ О. Л., КРУСІР Г. В., КОНДРАТЕНКО І. П., КУЗНЕЦОВА І. О., МАДАНИ М. М. Функціональний стан прооксидантно-антиоксидантної системи кукурудзи (<i>Zea mays</i> L.) за обробки гордецином	87
ЛИХОТА О. Б., МОЛОДЧЕНКОВА О. О. Визначення вмісту β-каротину із застосуванням методу високоефективної рідинної хроматографії в зерні кукурудзи (<i>Zea mays</i> L.)	97

ОГЛЯД

ХАБЛАК С. Г., АБДУЛЛАЄВА Я. А., РЯБОВОЛ Я. С., РЯБОВОЛ Л. О. Деякі механізми стійкості до вовчка (<i>Orobanche cumana</i> Wallr.) і нові стратегії захисту соняшнику (<i>Helianthus annuus</i> L.) від цієї рослини-паразита (огляд)	106
Вимоги до оформлення статей до «Збірника наукових праць СГІ–НЦНС»	118

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЕКЦИЯ

БЕЛОУСОВ А. А., ХИЛЬЧЕНКО С. В. Многолетний отбор на длину зерновки и его влияние на морфометрические показатели первичной корневой системы кукурузы (<i>Zea mays</i> L.)	9
МУРСАКАЕВ Э. Ш., ЛАВРОВА Г. Д., ГАНЖЕЛО О. И. Влияние метеорологических условий на параметры пластичности и стабильности сортов сои (<i>Glycine max</i> L.) по урожайности и содержанию белка	18
ПАЛАМАРЧУК А. И., АЛБУЛ А. А., КОЗЛОВ В. В. Урожай и качество зерна сортов пшеницы твердой озимой (<i>Triticum durum</i> Desf.) в зависимости от азотного питания растений в условиях южной Степи Украины	26
ЛАЗЕБА А. В. Оценка гибридов подсолнечника (<i>Helianthus annuus</i> L.) при внекорневой подкормке комплексными микроудобрениями в условиях левобережной части Лесостепи Украины	36

ГЕНЕТИКА

ОХРИМОВИЧ О. В., ЧЕБОТАРЬ С. В., МОЦНЫЙ И. И. Оценка эффектов аллелей гена <i>Rht-B1</i> на показатели агрономических признаков пшеницы мягкой озимой (<i>Triticum aestivum</i> L.) сорта Одесская 267	45
ТРАСКОВЕЦКАЯ В. А., САУЛЯК Н. И., ТЕРНОВОЙ К. П., БАБАЯНЦ О. В., БАБАЯНЦ Л. Т., ГАЛАЕВ А. В. Эффективность генов устойчивости пшеницы (<i>Triticum aestivum</i> L.) к возбудителю мучнистой росы <i>Blumeria graminis</i> (DC) Speer f. sp. <i>tritici</i> в Степи Украины	58
ВЕНГЕР А. Н., КОЛЕСНИК О. А., ФАЙТ В. И. Разнообразие сортов сои (<i>Glycine max</i> L.) по генам кластера <i>Gy</i> , кодирующим глицинин	66
СОЛОДЕНКО А. Е., ФАЙТ В. И. Усовершенствование тест-панели микросателлитных локусов для идентификации генотипов подсолнечника (<i>Helianthus annuus</i> L.)	70

БИОХИМИЯ

ГАРКОВИЧ А. Л., КРУСИР Г. В., КУЗНЕЦОВА И. А., МАДАНИ М. М., КОНДРАТЕНКО И. П. Влияние гордецина ячменя на интенсивность ростовых процессов у проростков ячменя обыкновенного (<i>Hordeum vulgare</i> L.) и кукурузы (<i>Zea mays</i> L.)	77
ГАРКОВИЧ А. Л., КРУСИР Г. В., КОНДРАТЕНКО И. П., КУЗНЕЦОВА И. А., МАДАНИ М. М. Функциональное состояние прооксидантно-антиоксидантной системы кукурузы (<i>Zea mays</i> L.) при обработке гордецином	87

ЛИХОТА Е. Б., МОЛОДЧЕНКОВА О. О. Определение содержания β -каротина с использованием метода высокоэффективной жидкостной хроматографии в зерне кукурузы (*Zea mays* L.) 97

ОБЗОР

ХАБЛАК С. Г., АБДУЛЛАЕВА Я. А., РЯБОВОЛ Я. С., РЯБОВОЛ Л. О. Некоторые механизмы устойчивости к заразихе (*Orobanchе cumana* Wallr.) и новые стратегии защиты подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) от этого растения-паразита (обзор) 106

Требования к оформлению статей в «Збірник наукових праць СГІ–НЦНС» 118

CONTENTS

BREEDING

- BIELOUSOV A. O., KHILCHENKO S. V. Lasting many years selection for the kernel length and its influence on the morphological traits of the primary maize (*Zea mays* L.) rootage 9
- MURSAKAEV E. Ch., LAVROVA G. D., GANZHELO O. I. The influence of meteorological factors on the stability and plasticity indexes of soybean (*Glycine max* L.) varieties according to yield and protein content 18
- PALAMARCHUK A. I., ALBUL A. O., KOZLOV V. V. Harvest and grain quality of winter durum wheat (*Triticum durum* Desf.) varieties depending on the plants nitrogen nutrition under the environments of South Steppe of Ukraine 26
- LAZEBA O. V. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids evaluation using foliar complex micronutrients fertilizing under the environments of the left-bank Forest-steppe of Ukraine 36

GENETICS

- OKHRYMOVYCH O. V., CHEBOTAR S. V., MOTSNYI I. I. Evaluation of gene *Rht-B1* alleles effects on agricultural traits of bread winter wheat (*Triticum aestivum* L.) variety Odeska 267 45
- TRASKOVETSKA V. A., SAULIAK N. I., TERNOVOI K. P., BABAYANTS O. V., BABAYANTS L. T., GALAIEV O. V. Effectiveness of wheat (*Triticum aestivum* L.) resistance genes to the causal agent of powdery mildew *Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici* in the Steppe of Ukraine 58
- VENGER A. M., KOLESNYK O. O., FAYT V. I. Biodiversity of soybean (*Glycine max* L.) varieties according to Gy genes cluster encoding glycinin 66
- SOLODENKO A. Ye., FAYT V. I. Improvement of SSR test-panel for identification of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes 70

BIOCHEMISTRY

- GARKOVYCH O. L., KRUSIR G. V., KUZNIETSOVA I. O., MADANI M. M., KONDRATENKO I. P. Influence of barley gordenin on the intensity of growth processes in seedlings of barley (*Hordeum vulgare* L.) and maize (*Zea mays* L.) 77
- GARKOVYCH O. L., KRUSIR G. V., KONDRATENKO I. P., KUZNIETSOVA I. O., MADANI M. M. Functional state of prooxidant and antioxidant systems of maize (*Zea mays* L.) under gordenin treatment 87
- LYKHOTA O. B., MOLODCHENKOVA O. O. Determination of the β -carotene content in maize (*Zea mays* L.) grains using the high performance liquid chromatography method 97

REVIEW

KHABLAK S. G., ABDULLAIEVA Ya. A., RIABOVOL Ya. S., RIABOVOL L. O. Some mechanisms of resistance to broomrape (<i>Orobanche</i> <i>cumana</i> Wallr.) and new protection strategies of sunflower (<i>Helianthus</i> <i>annuus</i> L.) against this plant-parasite (review)	106
Requirements for the articles in the «Collected scientific articles of PBGI–NCSCI»	118

СЕЛЕКЦІЯ

УДК 633.15:631.52:581.1

А. О. БЕЛОУСОВ, д. б. н., ст. наук. співроб., зав. відділу,
С. В. ХІЛЬЧЕНКО, наук. співроб.
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: belanat@ukr.net

БАГАТОРІЧНИЙ ДОБІР ЗА ДОВЖИНОЮ ЗЕРНІВКИ І ЙОГО ВПЛИВ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПЕРВИННОЇ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ КУКУРУДЗИ (*ZEА MAYS L.*)

Виявлено значний вплив добору за довжиною зернівки на морфологічні ознаки зародкової кореневої системи ліній кукурудзи. У результаті 10-річного цільового добору створено лінії кукурудзи, які за довжиною зернівки на 40–60 % перевищують аналогічні показники ліній, отриманих шляхом стабілізуючого добору. Експериментально доведено, що суттєве збільшення довжини зернівки в результаті добору призводить до значного ($P < 0,05–0,01$) зростання показників основних морфологічних ознак первинної кореневої системи кукурудзи: кількості, загальної довжини і маси первинних корінців, довжини і маси колеоптиля, співвідношення маси первинних корінців і загальної маси проростків, темпів початкового розвитку проростків. Виявлено глибоку диференціацію ліній за темпами змін їхніх морфометричних показників у відповідь на зростання довжини зернівки. Сформульовано припущення про значний вплив скорегованого зростання цільової (довжина зернівки) і посередніх ознак (морфологічні параметри первинної кореневої системи і колеоптиля) на адаптивну здатність і посухостійкість кукурудзи у післясходовий період.

Ключові слова: лінії кукурудзи, довжина зернівки, морфологічні ознаки первинної кореневої системи, колеоптиль.

Вступ. Довжина зернівки в кукурудзи завжди вважалась однією з важливих морфологічних ознак, оскільки вона є складовим елементом зернової продуктивності, а також тісно пов'язана з такими цінними господарськими ознаками, як товщина качана, вихід зерна, швидкість втрати волоgi зерном при дозріванні. У роботах вітчизняних і закордонних авторів приділялася значна увага вивченню різних аспектів ролі цієї ознаки у формуванні господарських властивостей ліній і гібридів кукурудзи. Досліджувалось її значення як цільової ознаки при доборі ліній, зв'язок з основними морфобіологічними ознаками: кількість рядів зерен, діаметр качана, урожайність зерна, його збиральна вологість тощо [1–4].

Значення зародкової кореневої системи в онтогенезі кукурудзи, як і інших культур [5], особливо на перших етапах морфогенезу, теж важко переоцінити: доставляючи у цей період рослинам у потрібній кількості вологу і поживні речовини, вона забезпечує дружні сходи, високі темпи початкового росту і, у кінцевому рахунку, адаптованість культури, особливо до посушливих умов південного Степу України на етапі початкового розвитку: сходи — 10-й лист [6 ; 7].

Але у доступних нам вітчизняних та закордонних джерелах ми не знайшли публікацій з дослідження зв'язку цілеспрямованого добору за довжиною зернини з морфологічними ознаками первинної кореневої системи створюваних ліній кукурудзи. Цей аспект у сучасній вітчизняній і закордонній селекції кукурудзи залишився фактично не вивченим. Наша робота певною мірою заповнює означену прогалину. У ній викладені результати 10-річного добору в гібридних популяціях кукурудзи на довжину зернівки та виявленого впливу її мінливості на морфологічні ознаки первинної кореневої системи: кількість корінців, їхню загальну довжину, масу, співвідношення маси корінців і маси проростка, темпи початкового розвитку проростків, розміри і масу колеоптиля.

Матеріал та методи дослідження. Вихідним матеріалом для добору слугували 4 вихідні гібридні популяції (F_4) різного походження: NS 377/2–122 (Сербія), Моніка 111–3 (Україна), Джорджія 224/38С (США), КВС 2744/321 (Німеччина), а також цільова синтетична популяція О20/5–264, сформована за ознакою «товстий качан» — «тонкий стрижень» на основі гібридних популяцій американського походження. У цих 5 популяцій було виявлено розщеплення за довжиною зернівки, тому їх вибрали як об'єкт для подальшого добору за цією ознакою. У кожній популяції самозапилювали 40 рослин, добирали по 30–35 добре озернених качанів, на кожному з середньої частини заміряли довжину 10 зернівок. Отримували середні значення по кожному качану і по вибірці в цілому. На початку добору в кожній популяції було отримано дві групи генотипів — з максимальним і середнім для даної популяції значенням ознаки. Надалі у субпопуляції «максимальна» добір проводився тільки на максимальну довжину зернівки, а в субпопуляції «середня» тільки на середню. Такий модифікований дисруптивний (розриваючий) добір провадився впродовж 10 років (2005–2014).

Для визначення морфометричних параметрів первинних корінців у створених ліній кукурудзи пророщували по 25 схожих зерен у чашках Петрі в 4-кратній повторності при $t\ 24\ ^\circ\text{C}$ у темряві. Перші вимірювання проводили через 3, другі — через 6 діб пророщування. Досліджували довжину головного корінця, кількість, загальну довжину і повітряно-суху масу зародкових корінців, довжину та масу колеоптиля, співвідношення маси корінців і маси проростка, а також темпи початкового росту як співвідношення загальної маси проростків на 6 добу і цього показника 3 доби.

Статистичну обробку даних проводили за Лакінім Г. Ф. (1990) на комп'ютері з використанням пакета прикладних програм Microsoft Excel.

Результати досліджень. Статистичні параметри вихідних популяцій і отриманих через 10 генерацій добору популяцій інбредних субліній наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Статистичні параметри вихідних популяцій кукурудзи і кінцевих популяцій інбредних субліній, отриманих у результаті направлено добору (2005–2014 рр.) на максимальну довжину зернівки

Лінія	2005			2014		
	lim	$\bar{x}$	V, %	Lim	$\bar{x}$	V, %
NS 377/2–122	0,71–1,19	0,91	33,1	1,26–1,35	1,3	2,3
Моніка 111–3	0,68–1,11	0,90	34,0	1,16–1,29	1,19	2,2
Джорджія 224/38С	0,61–1,13	0,91	35,1	1,23–1,47	1,34	4,1
КВС 2744/321	0,69–1,09	0,82	34,7	1,03–1,15	1,09	3,7
O20/5–264	0,37–1,11	0,75	37,6	0,97–1,20	1,02	3,3

У результаті 10-річного добору за цільовою ознакою «максимальна довжина зернівки» було отримано кінцеві популяції інбредних субліній, які включали константні самозапилені лінії зі значно подовженою (на 40–60 %) зернівою (табл. 1).

Оскільки характер добору був дисруптивний, то по кожній вихідній популяції одночасно з добором на максимальний рівень ознаки добиралась група субліній із середнім показником ознаки. Надалі в першій субпопуляції провадився тільки цілеспрямований добір — на максимальне значення ознаки, у другій тільки на середнє — стабілізуючий добір. Результативність добору і статистична вірогідність різниці між кращими сублініями спрямованого і стабілізуючого добору за їхніми середніми показниками подано у таблиці 2.

Таблиця 2

Рівень відмінностей (d) між сублініями кукурудзи дисруптивного добору за довжиною зернівки ($\bar{x} \pm S_x$ см)

Сублінія	Максимум/середнє	$\bar{x} \pm S_x$	d (%)	t факт. > табл.
NS 377/2–122	максимальне	$1,29 \pm 0,01$	0,40(45)	$P \leq_{0,001}$
	середнє	$0,89 \pm 0,01$		
Моніка 111–3	максимальне	$1,22 \pm 0,02$	0,34(39)	$P \leq_{0,001}$
	середнє	$0,88 \pm 0,02$		
Джорджія 224/38С	максимальне	$1,33 \pm 0,02$	0,34(34)	$P \leq_{0,001}$
	середнє	$0,99 \pm 0,02$		
КВС 2744/321	максимальне	$1,09 \pm 0,01$	0,29(36)	$P \leq_{0,001}$
	середнє	$0,80 \pm 0,01$		
O20/5–264	максимальне	$1,20 \pm 0,01$	0,45(60)	$P \leq_{0,001}$
	середнє	$0,75 \pm 0,01$		

Можна обґрунтовано стверджувати, що отримані в результаті багаторічного цілеспрямованого добору сублінії кукурудзи високовірогідно ($P \leq_{0,001}$) перевищують за довжиною зернівки (на 34–60 %) сублінії-аналоги, які отримані шляхом стабілізуючого добору (табл. 2).

Оскільки первинна коренева система кукурудзи, як і в інших культур, забезпечує виживання і розвиток рослин у відповідальний період від проростання, сходів і до появи 10–12 листка, то всі чинники, які викликають суттєві зміни її морфологічних параметрів, є надто важливими для наукового вивчення. Нами зокрема виявлено, що значний вплив на функціонування і параметри зародкової кореневої системи кукурудзи тісно пов'язаний саме зі збільшенням довжини зернівки (табл. 3).

Таблиця 3

Морфометричні параметри ($\bar{x} \pm S_x$) первинної кореневої системи у субліній кукурудзи зі збільшеною і незміненою довжиною зернівки

Сублінія	Довжина зернівки, см	Кількість корінців, шт.	Загальна довжина корінців, см	Довжина головного корінця, см	Маса корінців, г
NS 377/2–122	$1,29 \pm 0,01^{***}$	$4,30 \pm 0,27^{**}$	$5,96 \pm 0,18^*$	$7,60 \pm 0,45^*$	$3,95 \pm 0,09^*$
	$0,89 \pm 0,01$	$1,96 \pm 0,28$	$5,12 \pm 0,26$	$6,11 \pm 0,46$	$2,79 \pm 0,34$
Моніка 111–3	$1,22 \pm 0,02^{***}$	$4,17 \pm 0,14^{**}$	$6,59 \pm 0,35^{**}$	$10,11 \pm 0,30^{**}$	$4,37 \pm 0,28^{***}$
	$0,88 \pm 0,02$	$2,45 \pm 0,10$	$4,44 \pm 0,32$	$5,56 \pm 0,26$	$1,91 \pm 0,2$
Джорджія 224/38С	$1,33 \pm 0,02^{***}$	$3,96 \pm 0,03^{**}$	$11,17 \pm 0,28^{**}$	$15,20 \pm 0,44^{**}$	$22,56 \pm 0,40^{***}$
	$0,99 \pm 0,02$	$3,55 \pm 0,05$	$6,33 \pm 0,14$	$9,52 \pm 0,28$	$6,77 \pm 0,68$
КВС 2744/321	$1,09 \pm 0,01^{***}$	$3,35 \pm 0,30^{**}$	$10,79 \pm 0,83^{**}$	$13,52 \pm 0,36^{**}$	$5,96 \pm 0,11^{***}$
	$0,80 \pm 0,01$	$1,95 \pm 0,03$	$7,01 \pm 0,12$	$8,77 \pm 0,35$	$3,04 \pm 0,02$
O20/5–264	$1,20 \pm 0,01^{***}$	$4,09 \pm 0,23^{**}$	$11,06 \pm 0,20^{**}$	$14,27 \pm 0,37^{**}$	$4,05 \pm 0,06^*$
	$0,76 \pm 0,01$	$3,05 \pm 0,17$	$9,27 \pm 0,20$	$12,53 \pm 0,34$	$3,13 \pm 0,26$

* Різниця між сублініями-аналогами достовірна при $P < 0,05$.

** Різниця між сублініями-аналогами достовірна при $P < 0,01$.

*** Різниця між сублініями-аналогами достовірна при $P < 0,001$.

Отримані експериментальні дані чітко показують високодостовірне збільшення всіх досліджених морфологічних ознак зародкової кореневої системи: кількості первинних корінців, їх довжини, загальної маси та довжини головного корінця у субліній з суттєво збільшеною довжиною зернівки (табл. 3).

Аналогічні дані отримані і за ознаками: довжина та маса колеоптиля, частка маси корінців у загальній масі рослини (табл. 4).

Таблиця 4

Вплив довжини зернівки на морфометричні показники колеоптиля і проростка у субліній кукурудзи зі збільшеною і незміненою довжиною зернівки

Сублінія	Довжина зернівки, см $\bar{x} \pm S_x$	Довжина колеоптиля, см	Маса колеоптиля, г	Маса рослини, г	Співвіднош. маси корінц. і маси росл., %
NS 377/2–122	$1,29 \pm 0,01^{***}$	$5,36 \pm 0,24^{**}$	$4,67 \pm 0,42^*$	8,62	45,8
	$0,89 \pm 0,01$	$4,27 \pm 0,21$	$3,34 \pm 0,30$	6,13	45,5
Моніка 111–3	$1,22 \pm 0,02^{***}$	$4,76 \pm 0,09$	$3,71 \pm 0,24^*$	8,08	54,1
	$0,88 \pm 0,02$	$4,81 \pm 0,13$	$2,58 \pm 0,23$	4,49	42,5
Джорджія 224/38С	$1,33 \pm 0,02^{***}$	$7,16 \pm 0,17^{**}$	$5,89 \pm 0,37^{**}$	28,45	79,3
	$0,99 \pm 0,02$	$6,30 \pm 0,03$	$4,39 \pm 0,11$	11,16	60,7
КВС 2744/321	$1,09 \pm 0,01^{***}$	$8,79 \pm 0,78^*$	$6,42 \pm 0,54^{**}$	12,38	48,1
	$0,80 \pm 0,01$	$5,96 \pm 0,12$	$4,09 \pm 0,40$	7,13	42,6
О20/5–264	$1,20 \pm 0,01^{***}$	$7,16 \pm 0,08^*$	$5,23 \pm 0,10^*$	9,28	43,6
	$0,76 \pm 0,01$	$6,05 \pm 0,33$	$4,14 \pm 0,35$	9,19	34,1

* Різниця між сублініями-аналогами достовірна при $P < 0,05$.

** Різниця між сублініями-аналогами достовірна при $P < 0,01$.

*** Різниця між сублініями-аналогами достовірна при $P < 0,001$.

Реакція довжини і маси колеоптиля на суттєве збільшення довжини зернівки виявилася майже аналогічною до схарактеризованих вище ознак: у всіх субліній зі збільшенням довжини зернівки морфометричні показники проростків значно зростали, за виключенням субліній Моніка 111–3, у яких ми не спостерігали збільшення довжини колеоптиля.

В умовах майже постійної весняної посухи південного Степу України, особливо в період сівба — сходи, усі складові зародкової кореневої системи кукурудзи мають важливе значення для забезпечення рослин вологою у цей складний період, отримання дружних сходів і подальшого їхнього росту і розвитку. Але, на нашу думку, своєрідним інтегральним показником потужності первинної кореневої системи рослини є її загальна маса і, безумовно, такий критерій як співвідношення маси зародкових корінців і загальної маси рослини (табл. 4). Цей показник можна розглядати як критерій здатності первинної кореневої системи забезпечувати рослину вологою і поживними речовинами у початковий період росту, а отже і певною мірою як показник посухостійкості на цьому етапі розвитку. За рівнем визначеного співвідношення спостерігалась значна диференціація як між генотипами субліній з різною довжиною зернівки, так і на міжлінійному рівні. Спостерігалось зростання співвідношен-

ня «маса корінців / маса проростка» відповідно до підвищення довжини зернівки у всіх субліній, за виключенням NS 377/2–122. Особливо високого зростання співвідношення досягло у таких субліній з довгим зерном як Джорджія 224/38С (+30,6 %) і Моніка 111–3 (+27,3 %). Це може свідчити про наявність підвищеної посухостійкості у поліпшених за довжиною зернівки версій цих ліній у період сходів — викидання волотей. Звертає на себе увагу унікальна здатність лінії Джорджія 224/38С генерувати таку потужну первинну кореневу систему, частка якої до маси рослини становить близько 80 %, що майже у два рази більше аналогічного показника окремих ліній (табл. 4).

Отже у генотипів із суттєво збільшеною довжиною зернівки формується більша коренева маса на одиницю маси проростка порівняно із рослинами з незміненою довжиною зернівки. Ця особливість може сприяти зміцненню стресостійкості рослин такого типу, підвищенню їхніх можливостей виживати і розвиватись у посушливих умовах післясходового періоду в південному Степу України.

Свідченням наявності потенціалу потужного розвитку первинної кореневої системи у кукурудзи може слугувати також показник темпів її початкового росту, який оцінювався у субліній з різною довжиною зернівки як різниця між значеннями кореневої маси на 3 і 6 день пророщування (табл. 5).

Отже виявлено, що обсяги накопиченої загальної маси зародкових корінців суттєво різняться як між сублініями-аналогами з різною довжиною зернівки ($P < 0,05a$ — $P < 0,001a$), так і між лініями 3 і 6 доби пророщування ($P < 0,05b$ — $P < 0,001b$). Особливо зауважено значну різницю між генотипами субліній-аналогів: сублінії Джорджія 224/38С, Моніка 111–3 і КВС 2744/321 зі збільшеною довжиною зернівки суттєво ($P < 0,05$; $P < 0,001$) перевищували своїх аналогів з незміненою зернівкою за темпами приросту кореневої маси (г/1 день, табл. 5). Необхідно також підкреслити унікальні особливості сублінії з довгим зерном Джорджії 224/38С, яка майже за усіма показниками, у тому числі і за найбільш важливими — забезпеченість рослини первинною кореневою системою (співвідношення «маса корінців / маса проростка»), темпи первинного росту зародкових корінців (г / 1 день) суттєво ($P < 0,001$), перевищила і свій звичайний аналог, і генотипи інших ліній. Це свідчить про те, що такі сублінії зі збільшеною довжиною зернівки, як Моніка 111–3, КВС 2744/321, NS 377/2–122 і, особливо лінія Джорджія 224/38С, можуть виявляти значно більшу стресостійкість до посушливих умов початкового періоду розвитку за рахунок кращого забезпечення рослин кореневою масою і вищими темпами її розвитку.

Висновки. У результаті багаторічного цільового добору на довжину зернівки створено інбредні лінії кукурудзи, які за довжиною зернини на 40–60 % перевищують цей показник у ліній, отриманих шляхом стабілізуючого добору.

Таблиця 5

Темпи початкового приросту маси первинних корінців (г / 1 день) у субліній-аналогів зі збільшеною і незміненою довжиною зернівки

Сублінія	Довжина зернівки, см	Маса корінців ($\bar{x} \pm S_x$), г			Темпи приросту маси, г/1 день
		на 3 добу	на 6 добу	приріст між 3–6 добою	
NS 377/2–122	1,29	1,28 $\pm$ 0,18	3,95 $\pm$ 0,09 ^{a*}	2,67 ^{b***}	0,89
	0,89	0,49 $\pm$ 0,03	2,79 $\pm$ 0,34	2,30 ^{b***}	0,77
Моніка 111–3	1,22	2,12 $\pm$ 0,06	4,37 $\pm$ 0,28 ^{a***}	2,25 ^{b***}	0,75*
	0,88	0,94 $\pm$ 0,15	1,91 $\pm$ 0,2	0,96 ^{b**}	0,32
Джорджія 224/38С	1,33	7,89 $\pm$ 0,94	22,56 $\pm$ 0,40 ^{a***}	14,66 ^{b***}	4,89 ^{***}
	0,99	4,08 $\pm$ 0,33	6,77 $\pm$ 0,68	2,7 ^{b*}	0,9
KBC 2744/321	1,09	3,91 $\pm$ 0,17	5,96 $\pm$ 0,11 ^{a**}	2,01 ^{b***}	0,67*
	0,80	1,57 $\pm$ 0,12	3,04 $\pm$ 0,02	1,47 ^{b***}	0,49
O20/5–264	1,20	3,14 $\pm$ 0,12	4,05 $\pm$ 0,06 ^{a*}	0,91 ^{b**}	0,30
	0,76	2,26 $\pm$ 0,17	3,13 $\pm$ 0,26	0,86 ^{b*}	0,28

* Різниця у темпах приросту маси корінців між сублініями-аналогами (г/1 день), між їхнім загальним приростом на 6 добу та між 3 і 6 добою достовірна при $P < 0,05$; $P < 0,05a$ і $P < 0,05b$ відповідно.

** Різниця у прирості маси корінців між сублініями-аналогами на 6 добу і між 3 і 6 добою достовірна при $P < 0,01a$ і $P < 0,01b$ відповідно.

*** Різниця у темпах приросту маси корінців між сублініями-аналогами (г/1 день), між їхнім загальним приростом на 6 добу та між 3 і 6 добою достовірна при $P < 0,001$; $P < 0,001a$ і $P < 0,001b$ відповідно.

Доведено, що суттєве збільшення довжини зернівки призводить до значного ($P < 0,05–0,01$) зростання показників морфологічних ознак первинної кореневої системи кукурудзи: кількості, загальної довжини і маси первинних корінців, довжини і маси колеоптиля, співвідношення маси первинних корінців і загальної маси проростків, темпів початкового розвитку проростків.

Виявлено глибоку диференціацію ліній за темпами і рівнем змін їхніх морфометричних показників у відповідь на зростання довжини зернівки.

Сформульовано припущення про значний вплив скорегованого зростання цільової (довжина зернівки) і посередніх ознак (морфологічні параметри первинних корінців і колеоптиля) на адаптивну здатність і посухостійкість кукурудзи у післясходовий період.

Припускається вірогідним, що генетичний механізм контролю довжини зернівки впливає також і на процеси первинного морфогенезу кукурудзи.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Домашнев П. П., Дзюбецкий Б. В., Мороз В. В. Зависимость между влажностью зерна кукурузы и его признаками. *Тез. докл. 5-го съезда генет. и селекц. Украины*. Киев, 1986. С. 126 –128.

2. Беліков Є. І., Клімова О. Є. Кореляційні зв'язки продуктивності з морфо-біологічними ознаками у інбредних ліній цукрової кукурудзи. *Бюл. Інституту зернового господарства*. 2003. № 21–22. С. 109–112.
3. Gama E. G., Hallauer A. R. Relation between inbred and hybrid traits in maize. *Crop. Sci.* 1977. V. 17. P. 703–706.
4. Walters S. P., Russell W. A., Lamkey K. R. Comparisons of phenotypic correlations among S_1 lines and their testcrosses from four Iowa Stiff Stalk populations of maize. *Madica*. 1991. V. 39. P. 39–44.
5. Поліщук С. С., Кірдогло Є. К., Нагуляк О. І., Щербина З. В. Життєздатність насіння голозерного ячменю і перспективи створення сортів продовольчого призначення. *Збірник наукових праць СГП–НЦНС*. 2014. Вип. 23 (63). С. 121–134.
6. Марченко Л. О. Методи дослідження зародкової кореневої системи кукурудзи. *Вісник с.-г. науки*. 1968. № 10. С. 65–70.
7. Жунько В. С. Роль эпикотельных корней у кукурузы. *Селекция и семеноводство*. 1975. № 3. С. 75.

Надійшла 21.11.2018

UDC 633.15:631.52:581.1

Bielousov A. O., Khilchenko S. V. Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigations, Odesa
e-mail: belanat@ukr.net

LASTING MANY YEARS SELECTION FOR THE KERNEL LENGTH AND ITS INFLUENCE ON THE MORPHOLOGICAL TRAITS OF THE PRIMARY MAIZE (*ZEA MAYS* L.) ROOTAGE

The results of 10-years directed selection for increasing of the maize kernel length were shown. The developed maize inbred lines were superior to the unchangeable analogs on the kernel length by 40–60 %. It was also proved that substantial increasing of the kernel length by the many years directed selection was leading to the significant increase ($P < 0,05–0,01$) of the maize primary rootage morphological traits: total number, length and mass of the rootlets, the length and mass of the coleoptiles, speed of the initial growth of seedlings. The deep line differentiation for the quantitative speeds of the morphological indicator changes as the answer for the kernel length increasing was revealed. The supposition of the connected significant influence of selection for the target trait (kernel length) and indirect ones (morphological parameters of the primary maize rootage) on increasing of the maize adaptation ability and drought tolerance was formulated.

Key words: *maize lines, grain length, morphological features of the primary root system, coleoptile.*

УДК 633.15:631.52:581.1

Белоусов А. А., Хильченко С. В. Селекционно-генетический институт — Национальный центр семеноведения и сортоизучения, Одесса
e-mail: belanat@ukr.net

МНОГОЛЕТНИЙ ОТБОР НА ДЛИНУ ЗЕРНОВКИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРВИЧНОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ КУКУРУЗЫ (*ZEА MAYS L.*)

Выявлено значительное влияние многолетнего отбора по длине зерновки на изменения морфологических признаков первичной корневой системы у линий кукурузы. Показано, что в результате 10-летнего отбора созданы линии кукурузы, которые по длине зерновки на 40–60 % превосходят аналогичные показатели линий, не подвергавшихся направленному отбору. Экспериментально доказано, что существенное увеличение длины зерновки приводит к значительному ($P < 0,05–0,01$) увеличению показателей морфологических признаков первичной корневой системы кукурузы: количества, общей длины и массы первичных корешков, длины и массы coleoptilya, соотношения массы первичных корешков и общей массы проростка, темпов начального развития проростка. Выявлена глубокая дифференциация изученных линий по темпам изменения их морфологических показателей в ответ на увеличение длины зерновки. Сформулировано предположение о значительном влиянии скорректированного увеличения целевого (длина зерновки) и косвенных признаков (морфологические признаки первичной корневой системы и coleoptilya) на адаптивную способность и засухоустойчивость кукурузы в послевсходовый период.

Ключевые слова: *линии кукурузы, длина зерновки, морфологические признаки первичной корневой системы, coleoptilya.*

УДК 631.527.8:633.34

Е. Ш. МУРСАКАЄВ, асп.,
Г. Д. ЛАВРОВА, к. б. н., ст. наук. співроб.,
О. І. ГАНЖЕЛО, ст. наук. співроб.
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: eldar-2017@ukr.net

ВПЛИВ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ПАРАМЕТРИ ПЛАСТИЧНОСТІ ТА СТАБІЛЬНОСТІ СОРТІВ СОЇ (*GLYCINE MAX* L.) ЗА ВРОЖАЙНІСТЮ ТА ВМІСТОМ БІЛКА

Визначено екологічну стабільність та пластичність, а також показники стабільності й мінливості вмісту білка у 20 сортів сої в залежності від метеорологічних умов південного Степу України. У результаті виконаної роботи виявлені сорти, які слабо, сильно чи надто сильно реагують на умови середовища відповідною врожайністю. Аналогічно одержані показники і щодо білка в насінні кожного сорту. Кореляційний аналіз взаємодії метеорологічних умов з рівнем вмісту білка в насінні сої показав значну відмінність між сортами.

Ключові слова: соя, вміст білка, врожайність, екологічна пластичність, екологічна стабільність, індекс середовища, коефіцієнт регресії.

Вступ. Одна з найважливіших проблем сільського господарства — це збільшення обсягів виробництва рослинного білка, основним джерелом якого є зернобобові культури. А вирішальною культурою тут виступає соя, оскільки саме вона може забезпечити вихід білка з одиниці площі. Насіння сої містить 37–46 % білка, як, до речі, і 20–27 % олії. А завдяки чудовій збалансованості амінокислотного складу білка олії роблять цю культуру надійним заміником продуктів тваринного походження у харчуванні людини.

За виходом білка з гектара соя значно перевищує більшість технічних і кормових культур. Наприклад, 1 га гороху за врожайності 20 ц дає 390 кг білка, 1 га соняшнику за такої ж врожайності — 286 кг білка, а 1 га сої за врожайності 15 ц забезпечує вихід 550 кг високоякісного білка [1–3].

Виходячи з наведених даних, очевидно стає потреба в нарощуванні потенціалу врожайності сортів сої та її стабільності. Крім того, сорти, що характеризуються високим вмістом білка, але не є високопродуктивними, не матимуть економічного обґрунтування для поширення. Також сучасні сорти не лише мають давати продукцію високої якості, але й бути стійкими до несприятливих кліматичних факторів. Важливо, аби вони мали здатність збільшувати свою врожайність за дії сприятливих чинних

умов зовнішнього середовища, наприклад, при вирощуванні на зрошенні. Для визначення таких параметрів було вирішено використовувати такі характеристики, як пластичність і стабільність сорту [4].

Мета нашої роботи полягала у визначенні екологічної стабільності та пластичності сортів сої, а також у виявленні показників стабільності та мінливості вмісту білка у досліджуваних сортах в залежності від метеорологічних умов довкілля.

Матеріали та методи. Для визначення параметрів стабільності та пластичності сортів ми використали широкоживаний метод, запропонований Ебергардом і Расселом. Ця методика базується на розрахунку двох параметрів: коефіцієнта лінійної регресії (b_i) і дисперсії (σ_{I_i}). Величина такого коефіцієнта регресії дає кількісну характеристику в абсолютних одиницях вимірювання досліджуваного показника даного сорту при поліпшенні або погіршенні комплексу факторів, що зумовлюють збільшення або зменшення середнього значення врожайності, вмісту білка.

Статистичні розрахунки, як і належить за методикою, починали з визначення індексів умов середовища (I_j), які характеризують різноманітність умов випробування.

$$I_j = (\sum Y_{ij} / v) - (\sum \sum Y_{ij} / vn),$$

де $\sum Y_{ij}$ — сума врожайності всіх сортів за i -й рік;

$\sum \sum Y_{ij}$ — сума врожайності всіх сортів за всі роки;

v — кількість сортів; n — кількість років.

Коефіцієнт регресії (b_i) для кожного сорту обчислюємо за формулою:

$$b_i = \sum Y_{ij} / \sum I_j,$$

де $\sum Y_{ij}$ — сума значень, одержаних від множення врожайності i -того сорту за j -й рік на відповідну величину індексу умов середовища;

$\sum I_j$ — сума квадратів індексів умов середовища.

Величини b_i визначають загальну тенденцію мінливості досліджуваних ознак кожного сорту за різних умов. Чим вище значення коефіцієнта $b_i > 1$, тим більш чутливим є даний сорт і тим сильніше він реагує на зміну умов середовища та змінює значення досліджуваного показника. Якщо $b_i < 1$, сорт реагує слабкіше на зміну умов середовища. За умови $b_i = 1$ або майже дорівнює одиниці зміна досліджуваного показника знаходиться в прямій залежності від умов середовища [5]. Проте багато сучасних дослідників вважають, що стабільними слід вважати генотипи з $b_i \rightarrow 0$, оскільки саме в цьому випадку ознака закріплена генотипом. Таке можливе, коли показники сорту явно слабо знижуються за несприятливих умов довкілля та майже не зростають за сприятливих [6; 7].

Під поняттям «стабільний сорт» мають на увазі сорт, який проявляє себе приблизно однаково у широкому діапазоні чинників зовнішнього середовища. Ступінь стабільності цієї тенденції вимірюється величиною

дисперсії BI_d фактичних даних навколо лінії регресії. Чим менше значення BI_d , тим стабільніший сорт [5; 8]. Для характеристики погодних умов року використали суму опадів і суму активних температур за період вегетації. Гідротермічний коефіцієнт розраховували за формулою $ГТК = (\sum_{\text{опадів}} / \sum_{\text{акт.т-р}}) * 10$ [9]. Дисперсійний аналіз величини урожаю, вмісту білка в насінні сорту сої, а також кореляційний аналіз проводили за загальноприйнятою методикою [10].

Досліди виконували на полях Селекційно-генетичного інституту, які розташовані на території південної частини Причорноморської низовини у степовій зоні Одеської області, в період з 2010 по 2016 рік. Ґрунтовий покрив дослідної ділянки — середньогумусні важкосуглинисті чорноземи на лесових породах. Реакція ґрунтового розчину нейтральна або слаболужна (рН сольової витяжки 6,0–7,2). Вміст доступних форм елементів живлення (в мг екв. на 100 г ґрунту): 3–4 азоту, 10–15 P_2O_5 та 20–30 K_2O . Матеріал для дослідження — 20 сортів сої, що вирощувалися в розсаднику екологічного сортовипробування у 5-кратній повторності 4-рядковими ділянками завдовжки 10 м з міжряддям 45 см. Вміст білка у дослідних варіантах визначали в лабораторії біохімії рослин інституту.

Обговорення результатів. Кліматичні умови за роки експерименту за показниками відрізнялися (табл. 1).

Таблиця 1

Метеорологічні умови за період вегетації сої, 2010–2016 рр.

Показник	Рік	Місяць					Сума	ГТК
		квітень	травень	червень	липень	серпень		
Опади, мм	2010	48,2	76,3	68,6	57,5	32	282,6	0,92
	2011	36,5	30,5	116,6	21,9	2,6	208,1	0,73
	2012	17,2	57,6	28,7	21,9	25,3	150,7	0,48
	2013	39,1	4,8	124,7	79,6	3,6	251,8	0,83
	2014	4,6	26,2	67,6	58,4	14,2	171	0,57
	2015	42,9	11	29,2	43,6	1,2	127,9	0,44
	2016	62,9	59,8	81,8	0,0	16,6	221,1	0,75
Середньо- добова темпера- тура, °C	2010	10,3	16,7	21,9	24,5	26,2	3055,4	–
	2011	9,7	16,3	20,9	23,5	22,4	2846,2	–
	2012	10,9	19,4	22,4	25,7	24	3141,1	–
	2013	11,2	19,1	21,9	23,1	23,9	3042,1	–
	2014	11,1	17,2	20,7	24,2	24	2981,4	–
	2015	9,6	16,7	21,1	23,3	24,2	2911,2	–
	2016	11,3	15,7	21,7	24,1	23,9	2964,7	–

При визначенні параметрів пластичності та стабільності за врожайністю умовно було виділено три групи сортів стосовно коефіцієнтів регресії та зазначено показник стабільності для кожного з них (табл. 2).

До першої групи входили сорти, що слабо реагують на зміну умов середовища, а саме: 'Аметист' ($b_i = 0,66$; $BI_d = 5,30$), 'Медєя' ($b_i = 0,73$; $BI_d = 6,11$), 'Устя' ($b_i = 0,87$; $BI_d = 1,46$), 'Фарватер' ($b_i = 0,69$; $BI_d = 0,58$),

'Валюта' ($b_i = 0,79$; $\text{BI}_d = 2,67$), 'Сяйво' ($b_i = 0,61$; $\text{BI}_d = 5,87$). Сорти першої групи не даватимуть великого приросту урожаю при поліпшенні факторів зовнішнього середовища, але й різко не знижуватимуть врожаю при їх погіршенні. Варто зазначити, що сорт 'Фарватер' має невеликі значення BI_d , що свідчить про можливість відносного збереження рівня врожайності за несприятливих умов середовища.

Таблиця 2

Параметри пластичності та стабільності за урожайністю та вмістом білка, 2013–2016 рр.

Сорт	Урожайність, ц/га			Вміст білка, %		
	середня	b_i	BI_d	середня	b_i	BI_d
'Агат'	6,09	0,96	0,47	39,61	0,91	2,42
'Альтаір'	6,64	1,59	2,80	41,29	0,83	0,49
'Аметист'	6,38	0,66	5,30	40,28	0,81	2,08
'Валюта'	5,82	0,79	2,67	40,11	1,52	1,77
'Васильківська'	5,63	1,27	1,09	40,89	0,80	1,53
'Ворскла'	6,17	1,02	5,52	38,65	1,22	0,80
'Данко'	5,21	1,04	2,81	40,19	1,06	0,43
'Діона'	6,04	0,95	1,70	38,69	0,43	3,48
'Знахідка'	5,18	1,10	1,29	40,71	0,95	1,81
'Золотиста'	5,68	0,84	1,22	39,05	1,78	2,84
'Ізмурудна'	5,19	1,15	0,70	40,64	0,90	0,94
'Медея'	6,43	0,73	6,11	39,92	1,24	0,81
'Мельпомена'	4,60	1,16	1,08	40,84	0,30	2,48
'Романтика'	6,65	0,83	1,01	40,69	1,45	0,86
'Сяйво'	5,09	0,61	5,87	39,99	1,11	2,70
'Устя'	4,39	0,87	1,46	39,75	0,78	3,23
'Фарватер'	3,89	0,69	0,58	39,08	0,96	2,59
'Фенікс'	4,51	0,99	3,12	41,41	0,96	2,90
'Ювілейна'	6,69	0,80	1,74	40,79	0,92	1,28
'Ятрань'	5,10	1,22	2,13	40,34	1,07	1,28
HIP ₀₅	2,08			1,56		

До другої групи входять сорти, що сильно реагують на зміну умов середовища. Це: 'Агат' ($b_i = 0,96$; $\text{BI}_d = 0,47$), 'Ворскла' ($b_i = 1,02$; $\text{BI}_d = 5,52$), 'Данко' ($b_i = 1,04$; $\text{BI}_d = 2,81$), 'Діона' ($b_i = 0,95$; $\text{BI}_d = 1,70$), 'Золотиста' ($b_i = 0,84$; $\text{BI}_d = 1,22$), 'Романтика' ($b_i = 0,83$; $\text{BI}_d = 1,01$), 'Фенікс' ($b_i = 0,99$; $\text{BI}_d = 3,12$), 'Ювілейна' ($b_i = 0,80$; $\text{BI}_d = 1,74$). Урожайність цих сортів знаходиться у прямій залежності від умов середовища. Особливої уваги заслуговує 'Агат', оскільки він має низький показник BI_d , b_i — близьке до одиниці. Такі параметри забезпечують сорту можливість утримати врожайність за несприятливих умов і, навпаки, дати приріст продуктивності у кращих умовах. Саме такі сорти, на думку Ебергарда і Рассела, є найбільш стабільними й економічно доцільними для вирощування.

До третьої групи входять сорти, що дуже сильно реагують на зміну умов середовища, а саме 'Альтаір' ($b_i = 1,59$; $\overline{b}_d = 2,80$), 'Васильківська' ($b_i = 1,27$; $\overline{b}_d = 1,09$), 'Знахідка' ($b_i = 1,10$; $\overline{b}_d = 1,29$), 'Ізмурудна' ($b_i = 1,15$; $\overline{b}_d = 0,70$), 'Мельпомена' ($b_i = 1,16$; $\overline{b}_d = 1,08$), 'Ятрань' ($b_i = 1,22$; $\overline{b}_d = 2,13$). Найстабільнішим серед них виявився сорт 'Ізмурудна'.

Аналогічно ми виділили три групи сортів за стабільністю та мінливістю вмісту білка в насінні. За цими показниками до першої групи, що дуже слабо реагують на зміну умов середовища, входять 'Діона' ($b_i = 0,43$; $\overline{b}_d = 3,48$) та 'Мельпомена' ($b_i = 0,30$; $\overline{b}_d = 2,48$).

Сорти 'Агат' ($b_i = 0,91$; $\overline{b}_d = 2,42$), 'Альтаір' ($b_i = 0,83$; $\overline{b}_d = 0,49$), 'Аметист' ($b_i = 0,81$; $\overline{b}_d = 2,08$), 'Васильківська' ($b_i = 0,80$; $\overline{b}_d = 1,53$), 'Знахідка' ($b_i = 0,95$; $\overline{b}_d = 1,81$), 'Ізмурудна' ($b_i = 0,90$; $\overline{b}_d = 0,94$), 'Устя' ($b_i = 0,78$; $\overline{b}_d = 3,23$), 'Фарватер' ($b_i = 0,96$; $\overline{b}_d = 2,59$), 'Фенікс' ($b_i = 0,96$; $\overline{b}_d = 2,90$), 'Ювілейна' ($b_i = 0,92$; $\overline{b}_d = 1,28$) входять до другої групи. Їхня реакція у повній відповідності до умов довкілля.

Сорти 'Валюта' ($b_i = 1,52$; $\overline{b}_d = 1,77$), 'Ворскла' ($b_i = 1,22$; $\overline{b}_d = 0,80$), 'Данко' ($b_i = 1,06$; $\overline{b}_d = 0,43$), 'Золотиста' ($b_i = 1,78$; $\overline{b}_d = 2,84$), 'Медея' ($b_i = 1,24$; $\overline{b}_d = 0,81$), 'Романтика' ($b_i = 1,45$; $\overline{b}_d = 0,86$), 'Сяйво' ($b_i = 1,11$; $\overline{b}_d = 2,70$), 'Ятрань' ($b_i = 1,07$; $\overline{b}_d = 1,28$) склали третю групу, вони сильно реагували на зміну умов середовища.

Для виявлення більш тісного зв'язку між урожайністю, вмістом білка та погодними умовами був розрахований певний ряд коефіцієнтів кореляції між цими показниками, а саме r_1 — коефіцієнт кореляції між урожайністю та вмістом білка, r_2 — коефіцієнт кореляції між вмістом білка та сумою опадів за вегетаційний період, r_3 — коефіцієнт кореляції між вмістом білка та сумою активних температур за вегетаційний період, R — множинний коефіцієнт кореляції між вмістом білка та сукупною дією погодних умов (сумою опадів за вегетаційний період і сумою активних температур за вегетаційний період). Ці показники визначалися для кожного сорту. Коефіцієнти r_1 мали від'ємні значення, що свідчить про негативний зв'язок між вмістом білка та урожайністю. Коефіцієнти r_2 також були від'ємними, а коефіцієнти r_3 мали як від'ємні, так і позитивні значення.

Проте при визначенні залежності вмісту білка від суми опадів за вегетаційний період та суми активних температур за цей же період коефіцієнти множинної кореляції R мали всі позитивні значення. Отже варіація вмісту білка прямо пропорційно залежить від взаємодії цих двох факторів. Важливо зауважити, що коефіцієнти детермінації R^2 мали значення від 6 до 59 %, що свідчить про те, що ця ознака у сортів з низьким значенням R^2 більше контролюється генотипом, ніж кліматичними умовами (табл. 3).

Висновки. Отримані результати дали змогу визначити найбільш сприятливі умови вирощування для кожного сорту, а також виявити джерела стабільності за показником врожайності та за вмістом білка в насін-

ні сої. Було визначено, що сорти 'Аметист', 'Медея', 'Устя', 'Фарватер', 'Валюта', 'Сяйво' не дадуть значного приросту продуктивності при високому рівні агрофону. Їх рекомендовано вирощувати на екстенсивному фоні. Дещо кращі в цьому відношенні будуть сорти: 'Агат', 'Ворскла', 'Данко', 'Діона', 'Золотиста', 'Романтика', 'Фенікс', 'Ювілейна'. Для інтенсивного землеробства більш придатні сорти: 'Альтаір', 'Васильківська', 'Знахідка', 'Ізмурудна', 'Мельпомена', 'Ятрань'. Найкращі показники стабільності врожаю були у сортів 'Агат', 'Ізмурудна', 'Фарватер'. Дуже високу мінливість вмісту білка в залежності від довкілля показали сорти 'Валюта', 'Ворскла', 'Данко', 'Золотиста', 'Медея', 'Романтика', 'Сяйво', 'Ятрань'. Сильно змінювався показник білка у сортів 'Агат', 'Альтаір', 'Аметист', 'Васильківська', 'Знахідка', 'Ізмурудна', 'Устя', 'Фарватер', 'Фенікс', 'Ювілейна'. Найбільш стабільними за вмістом білка виявилися 'Діона' і 'Мельпомена'. Проведений кореляційний аналіз, а саме — множинні коефіцієнти детермінації, явно показує, що на рівень білка в насінні сої справляє великий вплив не тільки сума активних температур та сума опадів за вегетаційний період, але і генотип рослини.

Таблиця 3

Коефіцієнти кореляції між вмістом білка, урожайністю, сумою опадів, сумою активних температур

Сорт	r1	r1I, %	r2	r2I, %	r3	r3I, %	R	RI, %
'Агат'	-0,599	36	-0,302	09	-0,690	48	0,719	52
'Альтаір'	-0,779*	61	-0,539	29	-0,275	08	0,574	33
'Аметист'	-0,771*	59	-0,277	08	0,096	01	0,309	10
'Валюта'	-0,912**	83	-0,575	33	-0,389	15	0,652	42
'Васильківська'	-0,605	37	-0,499	25	-0,097	01	0,499	25
'Ворскла'	-0,858*	74	-0,615	38	0,020	00	0,625	39
'Данко'	-0,580	34	-0,542	29	-0,173	03	0,550	30
'Діона'	-0,322	10	-0,062	0	0,215	05	0,236	06
'Знахідка'	-0,861*	74	-0,642	41	0,160	03	0,692	48
'Золотиста'	-0,844*	71	-0,706	50	-0,169	03	0,709	50
'Ізмурудна'	-0,921**	85	-0,276	08	-0,020	00	0,276	08
'Медея'	-0,843*	71	-0,636	40	-0,114	01	0,636	40
'Мельпомена'	-0,203	4	-0,543	29	0,300	09	0,666	44
'Романтика'	-0,889*	79	-0,698	49	-0,033	00	0,702	49
'Сяйво'	-0,695	48	-0,506	26	-0,103	01	0,506	26
'Устя'	-0,553	31	-0,761	58	-0,223	05	0,769	59
'Фарватер'	-0,527	28	-0,133	02	0,511	26	0,553	31
'Фенікс'	-0,446	20	-0,312	10	0,368	14	0,523	27
'Ювілейна'	-0,922**	85	-0,425	18	-0,139	02	0,432	19
'Ятрань'	-0,797*	63	-0,617	38	0,001	00	0,624	39

Примітка: * — коефіцієнт кореляції достовірний на 0,05 рівні;

** — коефіцієнт кореляції достовірний на 0,01 рівні.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Омелянюк Л. В., Юсова О. А., Козлова Г. Я., Асанов А. М. Урожайность и качество зерна сортов сои в условиях южной лесостепи Сибири. *Вестник Алтайского гос. аграр. ун-та*. 2013. № 11 (109). С. 26–29.
2. Січкарь В. І., Шерстобітов В. В. Сучасна технологія вирощування та переробки сої: метод. рек. Одеса, 2012. С. 3–5.
3. Заостровных В. И., Ракина М. С. Экологическая пластичность коллекционных образцов сои различных групп спелости. *Вестник Алтайского гос. аграр. ун-та*. 2010. № 9 (71). С. 40–43.
4. Потанин В. Г., Алейников А. Ф., Степочник П. И. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2014. Том 18, № 3. С. 548.
5. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. V. 6, № 1. P. 36–40.
6. Розенцвейг В. Е., Голоенко Д. В., Давыденко О. Г. Динамика корреляционных связей и модель сорта сои. *Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои*. Краснодар, 2008. С. 171–177.
7. Lin C. S., Binns M. R. Genetic properties of four types of stability parameter. *Theor. App. Genet.* 1991. V. 82. P. 505–509.
8. Драгавцев В. А. Генетический анализ количественных и качественных признаков с помощью математико-статистических методов. Москва, 1973. С. 40–44.
9. Чирков Ю. И. Агрометеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 296 с.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Надійшла 22.11. 2018

UDC 631.527.8:633.34

Mursakaiev E. Ch., Lavrova G. D., Ganzhelo O. I. Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigations, Odesa

e-mail: eldar-2017@ukr.net

THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS ON THE STABILITY AND PLASTICITY INDEXES OF SOYBEAN (*GLYCINE MAX* L.) VARIETIES ACCORDING TO YIELD AND PROTEIN CONTENT

The ecological stability and plasticity of 20 soybean varieties were determined, as well as the indicators of stability and variability of protein content in these varieties depending on the climatic conditions of South Steppe of Ukraine. As a result of the work we have identified varieties that react weakly, strongly and very strongly to changes in environmental conditions and accordingly change their yields. Similarly, the stability and variability of the protein content in each variety was established in accordance with the environ-

mental conditions. The correlation analysis to determine the closeness of the interaction of climatic factors on the level of protein in soybean seeds, showed a significant difference between the varieties in this indicator.

Key words: soybean, protein content, yield, ecological plasticity, ecological stability, environmental index, regression coefficient.

УДК 631.527.8:633.34

Мурсакаев Э. Ш., Лаврова Г. Д., Ганжело О. И. Селекционно-генетический институт — Национальный центр семеноведения и сортоизучения, Одесса

e-mail: eldar-2017@ukr.net

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПАРАМЕТРЫ ПЛАСТИЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ СОРТОВ СОИ (*Glycine max* L.) ПО УРОЖАЙНОСТИ И СОДЕРЖАНИЮ БЕЛКА

Определена экологическая стабильность и пластичность 20 сортов сои, а также установлены показатели стабильности и изменчивости содержания белка в семенах этих сортов в зависимости от метеорологических условий южной Степи Украины. В результате проведенной работы нами были выявлены сорта, которые слабо, сильно и очень сильно реагируют на изменения условий среды и соответствующим образом меняют свою урожайность. Аналогично были определены стабильность и изменчивость содержания белка у каждого сорта в соответствии с условиями среды. Проведен корреляционный анализ для определения тесноты взаимодействия метеорологических условий с уровнем содержания белка в семенах сои, который показал значительное различие между сортами по этому показателю.

Ключевые слова: соя, содержание белка, урожайность, экологическая пластичность, экологическая стабильность, индекс среды, коэффициент регрессии.

УДК 633.112.1: 631.527.2: 631.84

А. І. ПАЛАМАРЧУК, к. с.- г. н., ст. наук. співроб., зав. лаб.,
А. О. АЛБУЛ, к. с.- г. н., пр. наук. співроб.,
В. В. КОЗЛОВ, к. с.- г. н., ст. наук. співроб.
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: a_palamarchuk@ukr.net

УРОЖАЙ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА СОРТІВ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ (*TRITICUM DURUM* DESF.) У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Вивчали вплив азотних добрив на продуктивність і якість зерна пшениці твердої озимої. Виявлено, що ефективність їхнього використання знаходиться у прямій залежності від наявності вологи в орному шарі ґрунту в період живлення рослин.

Ключові слова: пшениця тверда озима, сорти, норми азотних добрив.

Вступ. Провідною галуззю сільського господарства України було, є і залишається виробництво зерна. Стабільне нарощування його стимулюється як потребами самої країни, так і високими цінами на міжнародному ринку.

Зона Степу в Україні завдяки сприятливим агрокліматичним умовам є одним з визначальних регіонів виробництва високоякісного зерна [1]. Економічна ефективність цього напрямку неможлива без високого рівня продуктивності зернових культур та належного рівня якості зерна. Серед них одне з провідних місць належить пшениці твердій озимій, зерно якої є основною сировиною макаронної та круп'яної промисловості. Борошно її також широко застосовують у хлібопекарній та кондитерській галузях. У багатьох країнах виготовляють хліб із суміші борошна пшениці м'якої та твердої, що значно поліпшує його товарний вид, тривалість зберігання та смакові властивості [2; 3].

Першочергове значення в підвищенні врожайності та якості зерна цієї культури мають сорти. Для максимального використання їхнього потенціалу важливо мати ретельно відпрацьовані умови вирощування, зокрема і щодо застосування в різних зонах країни азотних добрив. Особливе ж значення мають спосіб, норми та строки їх внесення, оскільки живлення рослин має бути оптимальним протягом усієї вегетації.

Мета. Визначити в експериментальних дослідженнях умови оптимального забезпечення азотними добривами рослин сучасних сортів пшениці твердої озимої на Півдні України.

Експериментальна частина. Досліди з визначення оптимальних норм внесення азотних добрив проводилися на полях Селекційно-генетичного інституту по чорному пару (південний важкосуглинистий чорнозем) протягом 2013–2015 рр. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту складав 4 азоту, що легко гідролізується, 4 рухомого фосфору 8 %, обмінного калію 15 мг/100 г ґрунту.

Восени до передпосівної культивуації вносили зернотуковою сівалкою СЗ–3,6 основні комплексні добрива: нітроамофоска–3 з розрахунком 60 кг/га діючої речовини, а саме $N_{60} P_{60} K_{60}$. Отже загальний фон азотних добрив на початку весни складав 60 кг д. р. По таломерзломому ґрунту, у фазу кущення рослин, посів підживлювали аміачною селітрою зі зростаючими нормами азоту: $N_{30} N_{60} N_{90}$ діючої речовини на 1 га. Отже варіантами, на яких вивчали показники структури врожаю (кущистість, маса зерна з рослини, маса 1000 зерен, натура зерна та вміст білка у ньому), були: $N_{90} P_{60} K_{60}$; $N_{120} P_{60} K_{60}$; $N_{150} P_{60} K_{60}$.

Сіяли наприкінці вересня сівалкою ССФК–7 з нормою висіву 5 млн схожих зерен на гектар. Площа ділянки становила 5 м² з трикратною повторністю. Реакцію пшениці на різні норми азотних добрив вивчали на 18 сортах: 'Алий парус', 'Перлина од.', 'Золоте руно', 'Лагуна', 'Гардемарин', 'Бурштин', 'Континент', 'Таврида', 'Крейсер', 'Лінкор', 'Босфор', 'Гавань', 'Прозорий', 'Акведук', 'Адмірал', 'Корвет', 'Ареал од.', 'Лайнер'.

Рівень білка в зерні визначали на інфрачервоному аналізаторі INFRAMATIC — фірми Perten, Тіп.8611.

Метеорологічні умови в роки досліджень були різними. В 2012/13 сільськогосподарському році, а саме у вересні та на початку жовтня спостерігався дефіцит вологи в ґрунті. Відомо, що насіння пшениці проростає при наявності продуктивної вологи в орному шарі ґрунту на рівні 15 мм. При цьому сходи з'являються своєчасно і є задовільними [4]. Умови наших дослідів, які склалися в другій та третій декадах жовтня, коли опади (61,2 мм) і помірна температура (14,9°С) не тільки поліпшили становище і забезпечили повноцінні сходи рослин пшениці, а й сприяли доброму розвитку озимини протягом усього осіннього періоду.

Посіви всіх досліджуваних сортів вийшли з зимівлі в задовільному стані. У весняний період опади були незначні, але умови для внесення добрив були сприятливі.

Погодні умови 2013/14 та 2014/15 вегетаційних років, коли опади восени становили відповідно 132,7 та 158,2 мм (табл.1), склалися добре.

Сходи рослин були повноцінні, ввійшли в зиму добре розкущеними і з достатньою кількістю захисних речовин, що сприяло хорошій їхній зимівлі.

У весняний період 2014 року спостерігався значний дефіцит вологи, тоді як у 2015 р. у цей період умови для рослин були сприятливі.

Таблиця 1

Метеорологічні умови у роки досліджень

Рік \ Місяць	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
Температура, °C												
2012–2013	19,5	14,9	8,0	0,3	0,2	2,7	3,1	11,2	13,1	21,9	23,1	23,9
2013–2014	15,4	10,7	9,0	1,5	0,6	0,5	7,3	11,1	17,1	20,8	24,2	24,2
2014–2015	19,0	10,7	5,0	1,3	0,4	1,0	5,2	9,6	16,7	21,1	23,3	24,2
Опади, мм												
2012–2013	13,7	61,2	26,0	83,3	65,1	30,9	28,3	49,1	4,8	124,6	79,6	3,6
2013–2014	52,1	66,0	14,6	2,4	74,1	18,7	8,3	4,6	26,2	67,6	58,4	14,2
2014–2015	60,9	25,7	71,6	68,1	49,1	28,9	61,8	73,2	17,9	27,6	92,1	3,6
Відносна вологість повітря, %												
2012–2013	74	82	88	90	91	89	80	73	76	76	65	57
2013–2014	73	82	84	80	87	92	71	73	74	66	67	62
2014–2015	62	78	88	88	89	84	79	70	72	66	71	58

Таблиця 2

Урожай зерна пшениці твердої озимої (ц/га) в залежності від внесення мінеральних добрив, 2013–2015 рр.

Сорт	2013			2014				2015					
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	прибавка, ц	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	прибавка, ц	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	прибавка, ц	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	прибавка, ц
'Алий парус'	50,6	61,0	10,4	58,3	52,2	52,2	0,0	50,3	51,4	66,6	15,2	58,7	7,3
'Перлина од.'	54,0	66,6	12,6	61,3	58,1	56,2	-1,9	52,3	55,8	69,5	13,7	61,6	5,8
'Золоте руно'	51,6	59,0	7,4	56,6	60,1	56,9	-3,2	52,9	53,6	66,7	13,1	60,1	6,5
'Лагуна'	58,3	65,3	7,0	63,3	62,7	61,4	-1,3	58,8	60,2	69,6	9,4	64,5	4,3
'Гардемарин'	55,3	60,0	4,7	58,3	64,0	64,0	0,0	56,9	56,5	64,5	8,0	60,2	3,7
'Бурштин '	51,0	61,0	10,0	57,6	60,1	58,8	-1,3	54,3	57,2	68,8	11,6	63,0	5,8
'Континент'	59,3	70,6	11,3	67,6	56,8	55,5	-1,3	52,3	61,6	73,2	11,6	66,7	5,1
'Таврида'	50,0	59,0	9,0	56,0	58,8	56,8	-2,0	52,9	54,3	66,7	12,4	60,2	5,9
'Крейсер'	47,0	54,3	7,3	52,0	58,1	56,2	-1,9	54,2	50,0	60,9	10,9	55,8	5,8
'Лінкор'	48,3	55,0	6,7	54,0	42,5	42,4	-0,1	39,9	51,4	60,9	9,5	57,2	5,8
'Босфор'	52,3	62,0	9,7	57,6	52,9	50,3	-2,6	47,7	54,3	65,2	10,9	59,4	5,1
'Гавань'	53,6	62,6	9,0	57,3	64,6	62,7	-0,1	56,9	55,8	67,4	11,6	62,3	6,5
'Прозорий'	-	-	-	-	55,5	53,6	-1,7	52,9	52,2	67,4	15,2	60,9	8,7
'Акведук'	-	-	-	-	56,9	54,3	-2,6	52,3	52,2	63,0	10,8	58,7	6,5
'Адмірал'	-	-	-	-	60,8	59,5	-1,3	56,8	54,3	63,0	8,7	58,7	4,4
'Корвет'	-	-	-	-	49,7	48,4	-1,3	45,8	52,2	65,2	13,0	56,5	4,3
'Ареал од.'	-	-	-	-	57,5	57,5	0,0	52,3	54,3	63,0	8,7	58,7	4,4
'Лайнер'	-	-	-	-	50,9	49,0	-1,9	47,1	50,0	60,8	10,8	54,3	4,3

Результати досліджень. Ефективність азотних добрив у посушливих умовах вирішальною мірою залежить від вологості ґрунту. Відомо, що мінеральні добрива ефективно використовуються рослинами за наявності в орному шарі ґрунту на рівні 15 мм продуктивної вологи. У наших дослідках такі умови склалися у весняний період 2013 та 2015 років, де за період кушення та трубкування рослин опади становили 77,4 і 135 мм. При цьому врожай зерна досліджуваних сортів пшениці на фоні $N_{120}P_{60}K_{60}$ був у межах 54,3–70,6 ц/га та 60,8–73,2 ц/га відповідно, а прибавка зерна в порівнянні з $N_{90}P_{60}K_{60}$ — 4,7–12,6 та 8,0–15,2 ц/га в залежності від сорту (табл. 2).

Кращі результати показали сорти: 'Перлина од.', 'Континент', 'Таврида', 'Прозорий', 'Алий парус', 'Корвет'.

Весняний період 2014 року був дещо складнішим — спостерігався значний дефіцит вологи, тому підвищена норма азоту N_{120} на фосфорно-калійному фоні $P_{60}K_{60}$ не була ефективною, тоді як за сприятливих умов 2013 та 2015 років живлення прибавило врожаю до 12,6 та 15,2 ц/га відповідно. Прибавка врожаю в цих умовах від внесення азоту в нормі 150 кг/га діючої речовини була в 1,5–2,0 раза нижчою, ніж на фоні $N_{120}P_{60}K_{60}$, яка складала в залежності від сортів 3,0–7,7 та 3,7–8,7 ц/га відповідно. Внесення підвищеної норми азоту N_{150} в порівнянні з N_{120} у всі роки було неефективним. Це пояснюється тим, що продуктивна кущистість на високій нормі азоту 150 кг/га д. р. була вищою, і в результаті дефіциту опадів у фазу формування та початку наливу зерна рослинам не вистачало вологи для забезпечення зернівки необхідними речовинами, то й спостерігалось її запалення. Це також підтверджується масою зерна з рослини, показник якої на фоні $N_{150}P_{60}K_{60}$ був нижчий, ніж на $N_{120}P_{60}K_{60}$ (табл. 3).

Отже ефективне використання високих норм азоту N_{120} та N_{150} , внесених по таломерзлому ґрунту, спостерігалось лише в 2013 та 2015 рр. за умов наявності достатньої кількості вологи в ґрунті. Але практично всі досліджувані сорти високочутливі до підвищення норм азотного живлення рослин.

Вивчаючи фізико-технологічні показники пшениці твердої озимої, а саме масу 1000 зерен та натуру зерна, слід зазначити, що від впливу азотного живлення рослин цієї культури вони не змінювались. Щодо агрокліматичних умов, то за більш сприятливих 2013 р. маса зерна зростала, і 1000 зерен досягали маси 40,0–47,8 г, тоді як при дефіциті вологи 2014 року цей показник становив 33,8–40,8 г, в залежності від сортів (табл. 4). Найвища маса 1000 зерен була у 'Перлини од.', 'Лагуни' та 'Континенту'.

Азотне живлення рослин не тільки сприяло підвищенню урожаю зерна, а й підвищувало його якість. Одним з найвагоміших показників цієї якості є вміст білка в зерні. У наших дослідках він залежав як від агрометеорологічних умов, так і від норм внесених азотних добрив. Так, за сприятливих умов 2013 та 2015 років при внесенні азоту 120 кг/га д. р. в порівнянні з 90 кг/га д. р. прибавка білка становила 0,1–2,6 та 0,2–5,4 % стосовно сорту. При збільшенні норми азоту до 150 кг/га цей показник сягав рівня 0,5–3,9 та 1,3–8,9 % відповідно (табл. 5). Умови дефіциту

Таблиця 3

Елементи структури урожаю пшениці твердої озимі в залежності від мінеральних добрив, 2013–2015 рр.

Сорт	2013						2014						2015					
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀		N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀		N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀		N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀		N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	
	продуктив. кушис- тини, г	маса зерна з пос- лини, г	продуктив. кушис- тини, г	маса зерна з пос- лини, г	продуктив. кушис- тини, г	маса зерна з пос- лини, г	продуктив. кушис- тини, г	маса зерна з пос- лини, г	продуктив. кушис- тини, г	маса зерна з пос- лини, г	продуктив. кушис- тини, г	маса зерна з пос- лини, г	продуктив. кушис- тини, г	маса зерна з пос- лини, г	продуктив. кушис- тини, г	маса зерна з пос- лини, г	продуктив. кушис- тини, г	маса зерна з пос- лини, г
'Алій парус'	3,4	4,0	3,6	4,4	3,6	4,2	3,9	3,0	4,3	3,7	4,5	3,5	2,4	3,4	2,7	4,7	3,9	4,2
'Перлина од.'	2,9	3,3	3,4	4,3	3,4	3,6	3,4	2,7	3,5	3,5	3,6	3,1	2,4	3,7	3,0	5,8	3,8	5,2
'Золоте руно'	3,2	3,6	3,4	4,4	3,5	3,8	3,4	3,2	3,9	3,7	4,0	3,6	2,4	3,9	2,8	5,3	4,0	5,1
'Лагуна'	2,7	3,0	3,3	3,8	3,5	3,2	3,8	3,3	4,0	3,7	4,3	3,5	2,3	3,1	2,5	4,3	4,0	3,9
'Гардемарин'	3,3	3,2	3,6	4,3	3,8	3,6	3,3	3,0	3,5	3,5	4,0	3,3	2,4	3,7	2,7	5,1	4,0	4,2
'Бурштин'	3,1	3,1	3,5	3,9	3,5	3,5	3,7	3,2	3,9	3,5	4,4	3,4	2,4	3,8	2,7	5,8	4,2	4,2
'Континент'	2,9	3,5	3,7	4,4	4,4	4,0	3,4	3,5	3,7	4,3	4,1	3,9	2,2	3,7	3,1	5,2	3,3	4,2
'Таврида'	3,0	3,2	3,3	3,6	3,5	3,4	3,3	2,7	3,5	3,5	3,9	3,2	3,3	4,1	3,8	4,9	3,8	3,8
'Крейсер'	3,4	2,5	3,6	4,3	3,7	3,6	3,3	2,9	4,0	3,6	4,4	3,0	2,4	4,2	3,5	4,4	3,7	4,2
'Лінкор'	3,4	4,0	3,6	4,9	3,7	4,2	2,4	3,5	3,8	4,1	4,5	3,8	2,6	3,8	2,9	5,6	3,3	5,1
'Босфор'	3,4	3,9	3,7	4,2	3,8	4,1	3,4	3,1	3,7	3,8	4,1	3,6	3,0	3,5	3,4	5,1	3,4	5,0
'Гавань'	3,3	4,0	3,5	4,4	3,6	4,2	3,3	3,1	3,6	3,5	4,0	3,3	3,0	3,9	3,4	6,5	3,7	4,5
'Прозорий'	–	–	–	–	–	–	3,4	2,3	4,1	3,0	4,5	2,8	2,5	3,4	3,1	6,3	4,0	4,7
'Акведук'	–	–	–	–	–	–	3,2	2,6	4,2	3,0	5,0	2,8	2,4	4,2	3,6	6,3	4,0	5,5
'Адмірал'	–	–	–	–	–	–	3,5	2,9	4,0	3,7	4,4	3,0	2,3	3,4	3,8	6,0	3,9	5,8
'Корвет'	–	–	–	–	–	–	4,0	2,9	4,2	3,4	4,4	3,1	3,5	4,3	3,8	6,6	3,9	5,3
'Ареал од.'	–	–	–	–	–	–	3,5	2,7	4,0	3,1	4,1	2,8	3,2	4,3	3,5	5,4	4,4	4,7
'Лайнер'	–	–	–	–	–	–	3,7	2,9	4,2	3,3	4,6	3,1	2,6	3,6	4,0	5,7	4,2	5,4

Таблиця 5
Вміст білка в зерні пшениці твердої озимої (%) в залежності від внесення мінеральних добрив, 2013–2015 рр.

Сорт	2013			2014			2015			при- бав- ка, %					
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	при- бав- ка, %	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	при- бав- ка, %	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	при- бав- ка, %	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀						
'Алий парус'	10,6	13,2	+2,6	14,5	+3,9	15,7	16,0	+0,3	16,0	+0,3	10,4	12,0	+1,6	16,5	+6,1
'Перлина од.'	11,2	11,3	+0,1	12,8	+1,6	15,7	15,9	+0,2	16,0	+0,3	9,2	12,1	+2,9	16,1	+6,9
'Золоте руно'	11,5	11,7	+0,2	12,4	+0,9	16,3	17,0	+0,7	17,0	+0,7	10,9	11,4	+0,5	16,1	+5,2
'Лагуна'	11,4	12,2	+0,8	12,5	+1,1	15,4	15,7	+0,3	16,2	+0,8	9,8	11,4	+1,6	17,6	+7,8
'Гардемарин'	12,5	13,6	+1,1	15,5	+3,0	16,7	17,7	+1,0	17,7	+1,0	10,7	11,7	+1,0	18,9	+8,2
'Бурштин '	12,2	12,8	+0,6	13,8	+1,6	16,1	16,7	+0,6	17,0	+0,9	9,5	11,4	+1,9	14,7	+5,2
'Континент'	10,7	11,3	+0,6	11,9	+1,2	15,4	15,7	+0,3	16,4	+1,0	14,1	16,2	+2,1	16,2	+2,1
'Таврида'	11,4	12,6	+1,2	12,9	+1,5	16,0	16,8	+0,8	16,8	+0,8	10,6	15,8	+5,2	17,1	+6,5
'Крейсер'	11,7	12,1	+0,4	14,7	+3,0	16,1	16,6	+0,5	16,7	+0,6	13,7	14,9	+1,2	16,4	+2,7
'Лінкор'	13,3	13,4	+0,1	15,0	+1,7	16,5	17,7	+1,2	18,9	+2,4	12,7	13,9	+1,2	16,3	+3,6
'Босфор'	11,0	11,5	+0,5	11,9	+0,9	15,1	17,0	+1,9	17,6	+2,5	11,8	12,3	+0,5	15,2	+3,4
'Гавань'	11,4	11,8	+0,4	11,9	+0,5	16,3	16,4	+0,1	16,7	+0,4	13,0	14,3	+1,3	14,3	+1,3
'Прозорий'	—	—	—	—	—	16,3	17,4	+1,1	17,5	+1,2	12,1	14,9	+2,8	16,9	+4,8
'Акведук'	—	—	—	—	—	16,1	16,4	+0,3	17,1	+1,0	10,0	15,4	+5,4	15,7	+5,7
'Адмірал'	—	—	—	—	—	16,3	16,6	+0,3	17,0	+0,7	11,2	14,6	+3,4	15,9	+4,7
'Корвет'	—	—	—	—	—	14,8	14,9	+0,1	15,1	+0,3	11,0	16,1	+5,1	16,2	+5,2
'Ареал од.'	—	—	—	—	—	15,3	15,9	+0,6	16,8	+1,5	14,7	14,9	+0,2	17,5	+2,8
'Лайнер'	—	—	—	—	—	16,9	17,2	+0,3	17,5	+0,6	9,9	15,8	+5,9	18,8	+8,9

вологи весняного періоду 2014 року і дія азотних добрив, на противагу сприятливим, впливали на вміст білка в зерні дещо інакше.

У посушливих умовах знижується частка зерна в загальній біомасі рослин. Підвищення концентрації азоту в вегетативних органах рослин і зниження частки зерна зумовлює підвищення кількості азоту в рослинах у розрахунку на одиницю маси зерна, а це й призводить до підвищення його білковості [5].

У наших дослідженнях, в умовах посушливої весни 2014 року, також спостерігалось зростання білковості зерна на високих нормах азоту — N_{120} та N_{150} , але його інтенсивність, на відміну від сприятливих, була значно нижчою і складала всього 0,1–1,9 та 0,3–2,5 % відповідно сорту. При цьому необхідно зазначити, що загальна білковість зерна на всіх нормах азотного живлення була високою і становила в цьому році 14,8–18,9 %. Вищий вміст білка був у сортів 'Гардемарин', 'Бурштин', 'Золоте руно', 'Лінкор', 'Прозорий', 'Акведук'.

Отже з підвищенням рівня азотного живлення вміст білка в зерні пшениці твердої озимої збільшувався у всі роки, але інтенсивність зростання білковості була суттєвішою в роки зі сприятливими умовами.

Висновки. За критерієм урожаю зерна використання високих норм азотних добрив у період весняного кушення ефективно лише за наявності достатньої кількості вологи в орному шарі ґрунту в період вегетації рослин.

Азотне живлення рослин пшениці твердої озимої сприяло як підвищенню урожаю зерна, так і поліпшенню його якості. Зростання вмісту білка при застосуванні норм N_{120} та N_{150} спостерігалось як за сприятливих умов, так і в посушливому році, і при цьому дефіцит вологи в ґрунті сам по собі призводив до суттєвого підвищення вмісту білка. У результаті рівень білковості сягав 14,8–18,9 %.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Зубець М. В., Панасюк Б. Я. Нарощування виробництва зерна потребує його розумного використання. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2009. № 4. С. 5–9.
2. Nachit M. M. Durum breeding research to improve dryland productivity in the Mediterranean region. *Proceedings of the SEWANA Durum Network Workshop* / eds. M. M. Nachit, M. Baum, E. Porceddu, P. Monneveux and E. Picard. Aleppo, Syria: ICARDA, 1998. P. 1–15.
3. Quaglia G. B. Other durum wheat products. *Durum Wheat: Chemistry and Technology* / eds. G. Fabriani and C. Lintas. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, 1988. P. 263–282.
4. Вериго С. А., Разумова Л. А. Почвенная влага. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 328 с.
5. Павлов А. Н. Повышение содержания белка в зерне. М.: Наука, 1984. 119 с.

Надійшла 26.11.2018

UDC 633.112.1: 631.527.2: 631.84

Palamarchuk A. I., Albul A. O., Kozlov V. V. Plant Breeding and Genetics Institute–National Center of Seed and Cultivar Investigation, Odesa
e-mail: a_palamarchuk@ukr.net

HARVEST AND GRAIN QUALITY OF WINTER DURUM WHEAT (*TRITICUM DURUM* DESF.) VARIETIES DEPENDING ON THE PLANTS NITROGEN NUTRITION UNDER THE ENVIRONMENTS OF SOUTH STEPPE OF UKRAINE

We studied the effect of nitrogen fertilizers on the productivity and grain quality of hard winter wheat. It has been established that their efficiency of use is directly dependent on the moisture in the arable layer of the soil for the period of plant nutrition.

Key words: *hard winter wheat, varieties, norms of nitrogen fertilizers.*

УДК 633.112.1: 631.527.2: 631.84

Паламарчук А. И., Албул А. А., Козлов В. В. Селекционно-генетический институт — Национальный центр семеноведения и сортоизучения, Одесса
e-mail: a_palamarchuk@ukr.net

УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОРТОВ ПШЕНИЦЫ ТВЕРДОЙ ОЗИМОЙ (*TRITICUM DURUM* DESF.) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

Изучали влияние азотных удобрений на продуктивность и качество зерна пшеницы твердой озимой (*Triticum durum Desf.*). Установлено, что их эффективность использования находится в прямой зависимости от влаги в пахотном слое почвы на период питания растений.

Ключевые слова: *пшеница твердая озимая, сорта, нормы азотных удобрений.*

УДК 633.854.78:361.559

О. В. ЛАЗЕБА, асп.

Полтавська державна аграрна академія, Полтава

e-mail: aleksandr.lazeba@outlook.com

ОЦІНКА ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ КОМПЛЕКСНИМИ МІКРОДОБРИВАМИ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОЇ ЧАСТИНИ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Результати досліджень підтвердили, що в умовах лівобережного Лісостепу України позакореневе підживлення різними видами мікродобрив у фазах 5–7 листків та бутонізації забезпечує належні умови для росту, розвитку та формування урожайності насіння гібридів соняшнику 'Початок' та 'Каменярь'. Серед варіантів обробки на обох досліджуваних гібридах найкраще себе показав комплекс 3. За його використання на гібриді 'Початок' рівень господарської ефективності становив 27,97 % (+0,66 т/га), а на гібриді 'Каменярь' – 26,78 % (+0,61 т/га).

Ключові слова: гібриди соняшнику (*Helianthus annuus* L.), позакореневе підживлення, мікродобрива, продуктивність.

Вступ. Високий попит на олію, шрот та макуху на світовому ринку став вагомою причиною переорієнтації вітчизняного рослинництва у бік збільшення посівних площ під соняшником. Вигідна ціна на насіння нині робить рентабельним його виробництво уже за врожайності 15 ц/га. Соняшник сіють навіть у тих регіонах, де раніше його ніколи не вирощували у промислових масштабах. Площі під цією культурою давно перетнули межі науково обґрунтованих. Тому дедалі більшої актуальності набуває питання нарощування валового виробництва цієї культури винятково за рахунок підвищення її врожайності [1].

Лімітуючі фактори кожної із кліматичних зон часто обмежують генетичний потенціал сучасних сортів та гібридів. Різкий перехід весняно-літнього періоду останніми роками створює стресові умови на початковому етапі онтогенезу рослини, особливо під час формування кореневої системи, а згодом і репродуктивних органів. За дефіциту вологи рослина втрачає свою засвоювальну здатність, а відтак інактивуються механізми багатьох фізіологічних процесів. Польові дослідження останніх років переконливо доводять безпрограшне залучення в технологію додаткових засобів, таких як передпосівна обробка насіння біопрепаратами, позакореневе підживлення посівів мікродобривами, стимуляторами росту. Їхне основне практичне значення полягає у мінімізації стресового напружен-

ня, підтриманні гомеостазу рослин та стимулюванні ростових процесів [2–6].

Рівень засвоєння соняшником хімічних елементів, що містяться в ґрунті, залежить від генотипу рослини. Сучасні високоврожайні гібриди на формування 1 т врожаю виносять із ґрунту 40–60 кг азоту (N), 20–50 кг фосфору (P_2O_5), 100–120 кг калію (K_2O), майже 17 кг магнію (MgO) та 30 сірки (SO_4) [2]. Більшу частину сполук основних макроелементів соняшник використовує на ранніх етапах розвитку, до періоду цвітіння. Найбільш обмежуючим мікроелементом вважається бор, нестача якого може призвести як до часткової («прихованого голодування»), так і до повної втрати продуктивності рослини [3].

За результатами досліджень Нестерчука В. В. в умовах південного Степу України приріст урожайності за позакореневого підживлення соняшнику мікродобривами у середньому становив 10–19 % [7]. Позитивний ефект спостерігається і за використання комплексних рістрегулюючих препаратів. За 2 роки польових досліджень Домарацьким Є. О. доведено, що дворазове внесення їх по вегетуючих рослинах в умовах сухого Степу забезпечує в середньому прибавку врожаю на рівні 13,6 % на неудобреному фоні та 14 % — на фоні $N_{30}P_{45}$ [8]. Питання позакореневого підживлення не втрачає своєї актуальності. Разом із тим потрібна тверда наукова база як щодо правильного поєднання складових компонентів таких добрив, так і впливу на рослину окремих мікроелементів. Одним із аспектів вивчення цього питання є дослідження впливу мікродобрив та біопрепаратів на урожайність та господарську ефективність рослин.

Нашим головним завданням було розробити елементи технології вирощування соняшнику відповідно до ґрунтово-кліматичних умов лівобережного Лісостепу. Визначити вплив рідких комплексних мікродобрив, біодобрива-біофунгіциду, мономікродобрива бору на біометричні показники та на формування елементів продуктивності гібридів.

Мета роботи — визначення ефективності використання рідких комплексних мікродобрив, біодобрива-біофунгіциду, мікродобрива бору за позакореневого підживлення соняшнику в лівобережній частині Лісостепу України.

Матеріали та методи. Дослідження проводились у 2016–2017 роках на полі Полтавської ДСГДС ім. М. І. Вавилова.

Матеріал досліджень — гібриди соняшнику 'Каменярь' та 'Початок' (Інститут олійних культур НААН, м. Запоріжжя) [9].

'Каменярь' — трілінійний гібрид, занесений до Реєстру сортів рослин України у 2011 році. Тривалість вегетаційного періоду становить 110–115 діб. Напрямок використання — олійний, відноситься до ранньостиглої групи. Стійкий до осипання насіння, посухостійкий. Добре реагує на мінеральну підживку. Густота стояння рослин на товарних посівах 50–55 тис./га. Рекомендований для вирощування в умовах Степу та Лісостепу.

‘Початок’ — простий міжлінійний гібрид, у Реєстрі сортів України з 2012 року. Тривалість вегетаційного періоду становить 110–115 діб. Напрям використання — олійний. Ранньостиглий, стійкий до осипання, посухостійкий. Екологічно пластичний, технологічний. Чутливий до мінеральних добрив. Густота стояння рослин на товарних посівах на час збирання має становити не менше 60–65 тис./га. Рекомендований для вирощування в умовах Степу та Лісостепу.

Сівбу проводили на глибину загортання насіння, 6–7 см, із шириною міжрядь 70 см, нормою висіву 50 тис. схожих насінин на гектар.

Закладали і здійснювали дослідження відповідно до загальноприйнятих польових методик у землеробстві та рослинництві [10]. Вирощували соняшник у відповідності з технологією зазначеної зони. Попередник — озима пшениця. Площа облікової ділянки — 30 м². Повторність у дослідах триразова. Розміщення ділянок — рендомізоване. Варіанти обробки під час польових досліджень зображені на рисунку.

Визначали параметри продуктивності (діаметр кошика, маса насіння у кошику, маса 1000 насінин, врожайність, олійність) у відповідності з методикою державного сорто випробування.

Вплив рідких комплексних мікродобрив на формування продуктивності вивчали після збирання врожаю та визначали господарську ефективність — рівень збереженого врожаю.

Одержані результати обробляли статистично методом дисперсійного аналізу за програмою Microsoft Office Excel.

Клімат зони помірно континентальний із нестійким зволоженням, холодною зимою і жарким, а часто і сухим літом. Середньорічна температура повітря + 7,7 °С, кількість опадів 508 мм. За вегетаційний період (третя декада квітня — вересень) середня температура повітря становила 17,3 °С, а сума опадів 225 мм. Погодні умови періоду вегетації в роки досліджень відрізнялися від середньобагаторічних. Сума опадів за вегетаційний період 2016 р. склала 398,7 мм, а середня температура повітря 20,1 °С, у 2017 р. відповідно 262,5 мм і 18,27 °С. Гідротермічний коефіцієнт дорівнював відповідно 1,29; 0,85 за норми 0,93.

Результати та обговорення. Застосування позакореневого підживлення комплексними макро- і мікроелементами дає можливість більш повно реалізувати потенційну продуктивність сучасних гібридів соняшнику за рахунок кращого забезпечення рослин у критичний період елементами мінерального живлення, що сприяє збільшенню діаметру кошика, маси насіння у кошику та маси тисячі насінин, дані яких представлені в таблиці 1. Так, за використання позакореневого підживлення була виявлена позитивна реакція гібридів на фактори, що досліджувалися.

Найсуттєвіше збільшення діаметра кошика спостерігалось на гібридах ‘Початок’ і ‘Каменярь’ із застосуванням комплексу 3–20,77 і 22,07 см, що перевищило контроль на 3,80 та 4,79 см відповідно. Дещо нижчі показники зареєстровані за використання комплексу 2, бору та біодобрива-

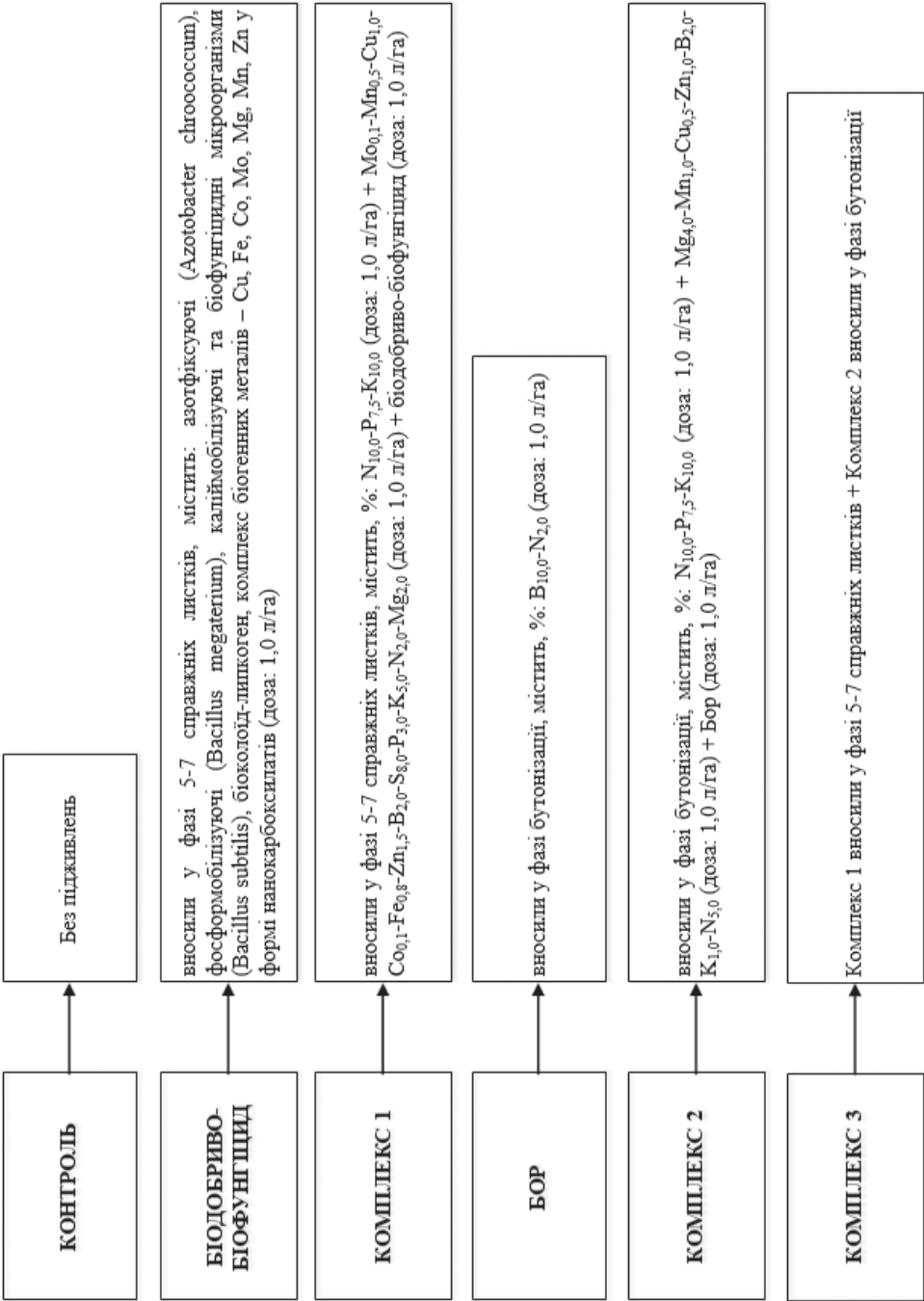


Рис. Варіанти обробки під час проведення польових досліджень

біофунгіциду, хоча їх використання також сприяло зростанню діаметрів кошиків обох гібридів у порівнянні з контролем (табл. 1).

Застосування позакореневого підживлення позитивно впливало і на масу насіння у кошику в обох гібридів. Так, за використання комплексу 3 зафіксовано найвищі показники (табл. 1).

У середньому за 2 роки досліджень найбільшу масу 1000 насінин одержано у варіанті комплексу 3 — 54,25 г ('Початок') та 43,73 г ('Каменярь'), що більше порівняно з контролем на 3,92 і 2,4 г відповідно (табл. 1).

У порівнянні з гібридом 'Початок' 'Каменярь' мав помітніше збільшення діаметрів кошиків та маси насіння в кошику за використання всіх п'яти варіантів підживлення.

Застосування рідких комплексних мікродобрих за позакореневого підживлення забезпечувало приріст врожайності та активацію продукційних процесів. За період досліджень загальна для гібридів закономірність простежувалася, хоча і варіювала за роками. У таблиці 2 наведені результати обліку врожайності та олійності досліджуваних гібридів.

Таблиця 1

Вплив комплексних добрив на елементи структури урожаю гібридів соняшнику, квітень–вересень 2016–2017 рр.

Гібрид	Варіант обробки	2016	2017	Середнє	± до контролю
'Початок'	Діаметр кошика, см				
	контроль	16,79	17,20	16,97	–
	комплекс 1	18,99	19,40	19,20	2,23
	комплекс 2	19,78	20,33	20,05	3,08
	бор	19,44	20,48	19,96	2,99
	біодобриво-біофунгіцид	19,41	20,38	19,89	2,92
	комплекс 3	20,26	21,28	20,77	3,80
	НІР _{0.05}	0,18	0,20		
	Маса насіння у кошику, г				
	контроль	23,27	24,42	23,84	–
	комплекс 1	26,18	26,56	26,37	2,53
	комплекс 2	26,90	27,58	27,24	3,40
	бор	27,18	27,39	27,28	3,44
	біодобриво-біофунгіцид	27,49	27,81	27,65	3,81
	комплекс 3	28,22	28,63	28,43	4,59
	НІР _{0.05}	0,33	0,21		
	Маса 1000 насінин, (г)				
	контроль	49,53	51,13	50,33	–
	комплекс 1	51,35	51,723	51,54	1,21
	комплекс 2	51,77	52,69	52,23	1,90
	бор	52,68	52,78	52,73	2,40
	біодобриво-біофунгіцид	52,54	52,55	52,55	2,22
	комплекс 3	53,72	54,78	54,25	3,92
	НІР _{0.05}	0,32	0,37		

Закінчення табл. 1

Гібрид	Варіант обробки	2016	2017	Середнє	± до контролю
'Каменярь'	Діаметр кошика, см				
	контроль	17,10	17,40	17,25	–
	комплекс 1	20,40	20,20	20,30	3,05
	комплекс 2	20,61	20,72	20,67	3,42
	бор	20,90	21,27	21,09	3,84
	біодобриво-біофунгіцид	20,34	20,38	20,36	3,11
	комплекс 3	22,02	22,07	22,04	4,79
	НІР _{0.05}	0,31	0,30		
	Маса насіння у кошику, г				
	контроль	20,20	20,09	20,14	–
	комплекс 1	24,46	24,90	24,68	4,51
	комплекс 2	24,07	25,55	24,81	4,67
	бор	24,13	24,58	24,35	4,21
	біодобриво-біофунгіцид	24,10	24,69	24,39	4,25
	комплекс 3	25,46	25,19	25,32	5,18
	НІР _{0.05}	0,73	0,70		
	Маса 1000 насінин, г				
	контроль	41,12	41,57	41,34	–
	комплекс 1	42,97	42,56	42,76	1,42
	комплекс 2	42,71	42,77	42,74	1,40
	бор	41,70	42,52	42,11	0,77
	біодобриво-біофунгіцид	42,08	42,18	42,13	0,79
	комплекс 3	43,72	43,76	43,74	2,4
	НІР _{0.05}	0,51	0,46		

У середньому за два роки найвища врожайність гібридів 'Початок' і 'Каменярь' одержана за внесення комплексу 3, відповідно 3,02 і 3,05 т/га. Приріст до контролю (без добрив) становив 0,66 і 0,61 т/га. У разі внесення інших варіантів позакореневого підживлення також спостерігалося вірогідне збільшення приросту врожайності у порівнянні з контролем, хоча приріст був значно меншим (табл. 2).

Вміст олії в гібридів у варіантах із дослідною обробкою перевершував показники контролю (табл. 2). Внесення мікродобрив забезпечило зростання олійності гібридів. Так, у варіанті комплекс 3 приріст її склав 2,33 % у 'Початку' і 3,09 % у 'Каменяря'. Лише за використання комплексу 1 на гібриді 'Початок' спостерігалося невірогідне зменшення олійності у порівнянні з контролем (табл. 2).

Серед усіх варіантів обробки на обох досліджуваних гібридах найкраще показав себе комплекс 3. Так, за його використання на гібриді 'Початок' рівень господарської ефективності становив 27,97 % (+0,66 т/га), а на гібриді 'Каменярь' — 26,78 % (+0,61 т/га). Отже і врожайність гібридів за даного варіанта була максимальною.

Таблиця 2

Вплив комплексних добрив на врожайність та олійність насіння гібридів соняшнику, квітень–вересень 2016–2017 рр.

Гібрид	Варіант обробки	2016	2017	Середнє	± до контролю
'Початок'	Олійність, %				
	контроль	50,86	52,71	51,78	–
	комплекс 1	51,36	54,04	52,70	0,92
	комплекс 2	50,84	52,55	51,70	–0,08
	бор	51,52	52,22	51,87	0,09
	біодобриво-біофунгіцид	51,54	52,55	52,05	0,27
	комплекс 3	52,37	53,62	52,99	1,21
	НІР _{0.05}	0,50	0,26		
	Врожайність, т/га				
	контроль	2,37	2,35	2,36	–
	комплекс 1	2,69	2,97	2,83	0,47
	комплекс 2	2,95	2,67	2,82	0,46
	бор	2,71	3,01	2,86	0,5
	біодобриво-біофунгіцид	2,95	2,69	2,82	0,46
	комплекс 3	3,03	3,01	3,02	0,66
	НІР _{0.05}	0,24	0,31		
'Каменярь'	Олійність, %				
	контроль	50,59	52,30	51,45	–
	комплекс 1	51,48	51,67	51,62	0,17
	комплекс 2	51,98	51,94	51,96	0,51
	бор	51,64	52,6	51,77	0,32
	біодобриво-біофунгіцид	51,67	51,73	51,70	0,25
	комплекс 3	52,90	53,17	53,04	1,59
	НІР _{0.05}	0,35	0,38		
	Врожайність, т/га				
	контроль	2,50	2,39	2,44	–
	комплекс 1	2,75	2,94	2,85	0,41
	комплекс 2	2,89	2,84	2,86	0,42
	бор	2,79	2,83	2,81	0,37
	біодобриво-біофунгіцид	2,89	2,79	2,84	0,4
	комплекс 3	3,07	3,03	3,05	0,61
	НІР _{0.05}	0,16	0,13		

За використання комплексу 1, комплексу 2, бору та біодобрива-біофунгіциду на досліджуваних ділянках рівень ефективності був приблизно однаковим і у середньому становив 20 % із прибавкою до врожаю від 0,46 до 0,5 т/га у гібрида 'Початок' та 17 % із прибавкою до врожаю від 0,37 до 0,42 т/га у 'Каменяря'.

Висновки. 1. Результати дворічних досліджень переконали, що в умовах лівобережного Лісостепу України проведення позакоренових підживлень різними видами мікродобрив у фазах 5–7 листків та бутоні-

зації забезпечує необхідні умови для росту, розвитку й формування урожайності насіння гібридів соняшнику 'Початок' та 'Каменярь'.

2. Значніше збільшення діаметра кошика, маси насіння у кошику та маси 1000 насінин спостерігалось на гібридах 'Початок' і 'Каменярь' із застосуванням комплексу 3. Дещо менші результати зареєстровані за використання комплексу 2, бору та біодобрива-біофунгіциду, хоча їх застосування також сприяло зростанню цих параметрів в обох гібридів проти контролю. У порівнянні з 'Початоком' гібрид 'Каменярь' мав доволі суттєве збільшення діаметрів кошиків та маси насіння в кошику за використання всіх п'яти варіантів позакореневого підживлення.

3. З-поміж описаних варіантів обробки на обох гібридах найкращим виявився комплекс 3. Так, за умови використання даного поєднання на гібриді 'Початок' рівень господарської ефективності становив 27,97 % (+0,66 т/га), а на гібриді 'Каменярь' — 26,78 % (+0,61 т/га).

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Лопотан Л. В. Оптимізація концентрації витрат як чинник підвищення ефективності виробництва насіння соняшнику. *Ефективна економіка*: електрон. наук. фахове вид. 2015. № 10. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4441> (дата звернення: 10.01.2018).
2. Адаменко С. М., Костюшко І. П. Підживлення сої та соняшника. *Агроном*. 2015. № 2. С. 58–61.
3. Luiz Henrique Saes Zobiolo, Cesar de Castro, Fabio Alvares de Oliveira, Adilson de Oliveira Junior, Adonis Moreira. Sunflower micronutrient uptake curves. *Ciênc. agrotec.* Lavras, 2011. V. 35, n. 2. P. 346–353.
4. Григор'єва О., Мирошник І. Мікробні препарати і комплексні добрива у технології вирощування соняшнику. *Пропозиція*. 2014. № 4. С. 80–81.
5. Санін Ю. В. Листкове підживлення мікродобрива «Басфоліар», «Адоб Макро + Мікро» та «Солю» — високорентабельний елемент технології вирощування соняшнику, кукурудзи, сої та інших культур. *Агроном*. 2014. № 1. С. 36–39.
6. Домарацький О. О., Сидякіна О. В., Іванів М. О., Добровольський А. В. Біопрепарат нового покоління групи хелатів у технології вирощування гібридів соняшнику на Півдні України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2017. № 98. С. 51–56.
7. Нестерчук В. В. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин та мікродобрив в умовах Півдня України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09 / Херсонський державний аграрний ун-т. Херсон, 2017. 23 с.
8. Домарацький Є. О., Добровольський А. В. Вплив позакореневих підживлень комплексними багатофункціональними препаратами на кількісний рівень та якісний склад хлорофілового комплексу в рослинах соняшнику. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 1. С. 142–151.
9. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, на 2018 рік / Міністерство аграрної політики та продовольства України. Київ, 2018. 447 с.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. Изд. 5-е, перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Надійшла 15.08.2018.

UDC 633.854.78:361.559

Lazeba O. V. Poltava State Agrarian Academy, Poltava, Ukraine
e-mail: aleksandr.lazeba@outlook.com

**SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) HYBRIDS EVALUATION
USING FOLIAR COMPLEX MICRONUTRIENTS FERTILIZING UNDER
THE ENVIRONMENTS OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE
OF UKRAINE**

The results of the research showed that in the conditions of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine, the applying of foliar feeding with different types of microfertilizers in phases of 5–7 leaves and flower-bud formation provided the necessary conditions for the growth, development and formation of seeds of sunflower 'Pochatok' and 'Kamenyar' hybrids. Among all presented variants of treatment complex 3 showed the best results for both studied hybrids. When using this combination on the 'Pochatok' hybrid, the level of economic efficiency was 27,97 % (+0,66 t/ha), and as per 'Kamenyar' hybrid it was 26,78 % (+0,61 t/ha).

Key words: *sunflower hybrids, foliar feeding, micronutrient fertilizers, productivity.*

УДК 633.854.78: 361.559

Лазеба А. В. Полтавская государственная аграрная академия, Полтава
e-mail: aleksandr.lazeba@outlook.com

ОЦЕНКА ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) ПРИ ВНЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКЕ КОМПЛЕКСНЫМИ МИКРОУДОБРЕНИЯМИ В УСЛОВИЯХ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ЧАСТИ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Результаты исследований показали, что в условиях левобережной Лесостепи Украины проведение внекорневых подкормок различными видами микроудобрений в фазах 5–7 листьев и бутонизации обеспечивает необходимые условия для роста, развития и формирования урожайности семян гибридов подсолнечника 'Початок' и 'Каменярь'. Среди всех вариантов обработки на исследуемых гибридах лучше себя показал комплекс 3. При его использовании на гибриде 'Початок' уровень хозяйственной эффективности составил 27,97 % (+0,66 т/га), а на гибриде 'Каменярь' — 26,78 % (+0,61 т/га).

Ключевые слова: *гибриды подсолнечника, внекорневые подкормки, микроудобрения, продуктивность.*

ГЕНЕТИКА

УДК 577.2:631:581.14

О. В. ОХРИМОВИЧ¹, бакалавр,
С. В. ЧЕБОТАР^{1,2}, д. б. н., с. н. с., зав. каф., провід. наук. співроб.,
І. І. МОЦНИЙ², к. б. н., провід. наук. співроб.

¹ОНУ імені І. І. Мечникова

²СГІ–НЦНС, Одеса

e-mail: s.v.chebotar@onu.edu.ua

ОЦІНКА ЕФЕКТІВ АЛЕЛІВ ГЕНА *Rht-B1* НА ПОКАЗНИКИ АГРОНОМІЧНИХ ОЗНАК ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) СОРТУ ОДЕСЬКА 267

Плейотропні та прямі ефекти гена короткостебловості *Rht-B1* на основні агрономічні ознаки були досліджені на високорослій та короткостебловій лініях-аналогах пшениці м'якої озимої сорту Одеська 267 степового екотипу в умовах південно-західного Причорномор'я. Для оцінки ефектів алелів *Rht-B1a/Rht-B1b* використовували дискримінантний та дисперсійний аналіз. Виявлено, що значення дискримінації досліджуваних ліній є дуже високим (λ Уїлкса = 0,3; $D = 9,12$; $F = 13,05$). Найбільш інформативними характеристиками, що відрізняють лінії, окрім висоти рослин та довжини відповідних міжвузлів, були: збиральний індекс, маса соломи, кількість стерильних колосків і щільність колоса. Було виявлено, що короткостеблова лінія показувала вищі значення врожаю та вмісту білка протягом трилітніх досліджень, а також мала переваги перед високорослою лінією при достатньому зволоженні, але поступалася їй в умовах богари.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, плейотропні ефекти, короткостебловість, кількісні ознаки.

Вступ. *Rht*-гени короткостебловості (*reduced height genes*) широко використовуються в селекції пшениці м'якої в усьому світі для отримання стійких до полягання рослин з високою продуктивністю [1]. Ген *Rht-B1b* походить від японського сорту 'Norin 10', з якого шляхом гібридизації були отримані нові короткостеблові сорти, що зробили важливий внесок в «Зелену революцію» у 1940–1970 роках [2]. *Rht-B1b* є напівдомінантним мутантним алелем, що знижує висоту рослини приблизно на 20 % [3; 4]. Алель *Rht-B1b* виник внаслідок спонтанної одонуклеотидної мутації, що призвела до заміни С на Т у 64 положенні першого екзона гена, що призводить до утворення триплету TGA, який детермінуватиме утворення стоп-кодону UGA на іРНК [3]. Ген *Rht-B1b* належить до гіберелін-

нечутливих генів короткостебловості, тобто він кодує N-термінально вкорочені білки DELLA, у яких відсутній сайт зв'язування з гібереліновими рецепторами. DELLA функціонують як репресори росту, проте репресія росту, яка контролюється мутантною формою DELLA білків, не може бути знята наявністю гормонів гіберелової кислоти [5–7].

Вплив генів короткостебловості на показники врожайності пшениці значною мірою залежить від сорту та природних умов, в яких вирощувалися рослини [8; 9]. Відомо, що в умовах достатнього зволоження використання *Rht*-генів призводить до значного збільшення врожаю, але за дії високих температур та посушливого клімату врожайність зменшується [2]. Тому вивчення поширення та ефектів генів короткостебловості є ключовим як для поліпшення генетичного потенціалу сортів, так і для розробки успішних селекційних стратегій в умовах браку вологи [10].

Актуальним є проведення досліджень на матеріалі пшениці м'якої озимої сорту Одеська 267 в умовах південно-західного Причорномор'я, бо на прояв ефектів *Rht*-генів впливають як генетичний фон, так і умови вирощування рослин.

Метою дослідження було визначення ефектів алеля *Rht-B1b* на агрономічні ознаки із використанням двох ліній-аналогів, що створені на генетичному фоні сорту пшениці м'якої озимої Одеська 267. Для цього в умовах 2017 року було проведено структурний аналіз двох ліній-аналогів Одеська 267a і Одеська 267b та порівняно основні агрономічні ознаки зазначених ліній методами біометричної статистики. А протягом 2015–2017 рр. визначали врожайність та вміст білка в зерні у цих двох ліній, причому в 2017 році додатково вивчали врожайність у різних умовах зволоження (богара та зрошення) для кожної з ліній.

Матеріал і методи дослідження. Матеріалом для дослідження слугували лінії-аналоги, створені на основі сорту пшениці м'якої озимої Одеська 267, з алелем *Rht-B1a* (Одеська 267a) та з алелем *Rht-B1b* (Одеська 267b).

Одеська 267 — це напівінтенсивний сорт, створений методом трансгресивної селекції в Селекційно-генетичному інституті (СГІ–НЦНС) у 1997 році. Автори: Д. О. Долгушин, Р. Є. Шестопалова, А. М. Хейфець та інші. Цьому сорту притаманні висока стійкість до вилягання, посухо- і морозостійкість, невибагливість до умов вирощування, толерантність до низьких агрофонів, пізніх посівів та порушень технології вирощування культури, висока пристосованість до мінливих умов зони ризикованого землеробства Степу України, стійкість до грибкових та вірусних захворювань, висока продуктивна кустистість, середня висота стебла 110–120 см, середня маса 1000 зерен 38,0–42,8 г [11]. Серед усіх вирощуваних наразі сортів це найбільш високорослий сорт, який не містить найбільш розповсюджених алелів короткостебловості *Rht-B1b* або *Rht-D1b*, але в жорстких умовах після гірших попередників та за порушень технології вирощування він спроможний успішно конкурувати з сучасними інтен-

сивними сортами, які мають такі алелі [12]. Тривалий час сорт Одеська 267 користувався неабияким попитом серед виробників. З точки зору генетики перевагою його є відносна, порівняно з іншими сортами, вирівняність і майже одноманітний біотипний склад, а отже виділена з нього чиста лінія Одеська 267а практично нічим не поступається перед вихідним сортом.

Лінія Одеська 267b створена від схрещування та бекросування перспективної селекційної лінії Ер.4517/06 (Одеська 267/ЧЕ1342/98//Одеська 267³) [13] з сортом Одеська 267. ЧЕ1342/98 — константна геномно-заміщена форма ($2n = 42$; AABBS'S^t) *T. durum* Чорномор/*Elytricum fertile* [14].

Протягом 2015–2017 років досліджували врожайність ліній (СГІ–НЦНС) в залежності від алельного стану гена *Rht-B1* (врожайність вимірювалася у ц/га), а також визначали загальний вміст білка в зерні. У 2017 р., окрім цього, з'ясовували відмінності у значеннях урожайності в залежності від умов зволоження (зрошення або богара) у господарстві «Південьагропереробка» (с. Великий Дальник, Біляївський р-н Одеської обл.). Рослини вирощували у вузькорядному посіві у трьох повторностях ділянками по 10 м² для кожної лінії із застосуванням типової для Півдня України агротехніки. У господарстві «Південьагропереробка» посів на богарі проводився 23 жовтня по соняшнику з внесенням 100 кг/га нітроамофости при посіві, 200 кг/га аміачної селітри в лютневій вікна і 200 кг/га карбаміду в останню декаду березня. На поливі посів був надпізній — 3–5 листопада, попередник — овочевий горох. При посіві вносились нітроамофоска (100 кг/га), по таломерзлому ґрунту — аміачна селітра (100 кг/га), 1 квітня — карбамід (100 кг/га) та листова підкормка баковою сумішшю (10 кг/га) на початку травня. Проводили структурний аналіз врожаю 2017 р., одержаного в СГІ–НЦНС (вузькорядний посів). Загалом досліджено 120 рослин (60 рослин з кожної лінії). Визначали такі агрономічні ознаки: висота рослини (см), довжина головного колоса (см), довжина міжвузлів (см), продуктивне кущіння (число продуктивних колосів на рослину та по ярусах — першому, другому і третьому), кількість зерен з підгонів (шт.), маса зерен з підгонів (г), кількість колосків у головному колосі (шт.), кількість фертильних колосків у головному колосі (шт.), кількість стерильних колосків у головному колосі (шт.), кількість зерен у колоску у головному (шт.), кількість зерен у головному колосі (шт.), маса зерен у головному колосі (г), маса соломи (г), маса головного колоса (г), маса колосів підгонів (г), маса зерен з рослини (г), кількість зерен з рослини (шт.), маса 1000 зерен (г), маса 1000 зерен з головного колоса (г), маса 1000 зерен з підгонів (г), щільність головного колоса, збиральний індекс. Маса половини визначається як загальна маса головного колоса та підгонів з вирахуванням маси зерна. Щільність колоса визначали як загальну кількість колосків (як фертильних, так і стерильних) на кожні 10 см колосового стрижня. Збиральний індекс є часткою від ділення маси зерна з рослини на масу всіх інших її частин, тобто половини та соломи.

Визначення вмісту білка в зерні проводили за методом К'ельдаля [15] в лабораторії біохімії СГІ–НЦНС. При цьому в 2015–2016 рр. аналізували зерно, одержане в СГІ–НЦНС, а в 2017 р. зерно, зібране на поливі в господарстві «Південьагропереробка». Принцип базується на тому, що основу сполук у рослині, які містять N, складають білки, а частка небілкових речовин дуже незначна, тому весь знайдений N вважають умовно білковим. І для перерахунку отриманого значення слугує спеціальний коефіцієнт, що для пшениці складає 5,7 [15]. Відсоток протеїну в зразку вираховували за формулою:

$$\% \text{ протеїна} = \frac{m \times V_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{m},$$

де m — маса зразка (г), $V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ — об'єм H_2SO_4 , використаної на титрування (мл).

У подальшому була проведена статистична обробка отриманих даних — дискримінантний та дисперсійний аналізи. Для аналізу результатів було розраховано такі статистичні величини: часткова λ Уїлкса (показує внесок ознаки у дискримінацію ліній: чим λ менша, тим внесок ознаки більший); F-критерій Фішера (ступінь інформативності ознаки для розрізнення ліній); R^2 (коефіцієнт детермінації ознаки); p — рівень статистичної значущості ($p < 0,05$ — (*), $p < 0,01$ (**), $p < 0,001$ (***) [16]. Також розраховували НІР (найменшу істотну різницю), що показує значення граничної випадкової похибки [16]:

$$\text{НІР} = t_{05} \sqrt{\frac{2s^2}{n}},$$

де t_{05} — t-критерій Ст'юдента; s^2 — середній квадрат залишкової похибки вимірювань; n — кількість повторностей.

Результати й обговорення. Під час статистичної обробки даних була сформована матриця даних із середніми значеннями вивчених ознак для кожної лінії (табл. 1). За допомогою дисперсійного аналізу (шляхом зіставлення з НІР) виявили, що достовірною є різниця між лініями за наступними ознаками: маса соломи, щільність колоса, збиральний індекс, висота рослини, довжина колоса та відповідних міжвузлів.

У лінії Одеська 267b відбулося зменшення висоти рослин в середньому більш ніж на 15 см, що співпадає з даними досліджень Г. А. Чеботар та ін. [17], проведених також в умовах Причорноморського Степу, але з використанням ліній-аналогів інших сортів пшениці м'якої озимої, які є типовими для Півдня України, зокрема із використанням ліній-аналогів сортів Одеська 3, Степняк, Кооператорка.

У рослин, що містять алель *Rht-B1b*, спостерігається підвищення врожаю на 4,5 % та незначне, на 3,4 %, зростання вмісту білка у зерні (табл. 1). Однак ці значення не мають статистичної достовірності. Зазначимо, що, наприклад, Ю. В. Лобачев [1] спостерігав збільшення врожаю

на 5–29 % для ізогенної лінії з алелем *Rht-B1b* ярого сорту пшениці м'якої Саратовська 29, що вирощена в умовах Нижнього Поволжя з достатнім рівнем зволоження, порівняно з лінією з алелем дикого типу. Однак за посухи відбувалося зменшення врожаю на 1–10 %.

Таблиця 1

Середнє значення ознак, 2017 р., промисловий посів

Ознака	Одеська 267a	Одеська 267b	НІР _{0,05}
Висота рослини, см	85,82	69,32	3,09
Довжина головного колоса, см	6,77	7,18	0,3
Довжина 1 міжвузля, см	33,25	27,16	1,18
Довжина 2 міжвузля, см	22,33	17,87	1,06
Довжина 3 міжвузля, см	15,23	11,85	0,97
Довжина 4 міжвузля, см	10,20	7,30	0,80
Довжина 5 міжвузля, см	4,49	5,34	1,10
Продуктивна кущистість, шт.	2,43	2,63	–
Продуктивна кущистість 1 ярусу, шт.	1,23	1,25	–
Продуктивна кущистість 2 ярусу, шт.	0,90	1,15	–
Продуктивна кущистість 3 ярусу, шт.	0,30	0,23	–
Кількість зерен з підгонів, шт.	40,85	46,22	–
Маса зерен з підгонів, г	1,28	1,37	–
Кількість колосків у головному колосі, шт.	18,45	18,40	–
Кількість фертильних колосків у головному колосі, шт.	16,87	16,98	–
Кількість стерильних колосків у головному колосі, шт.	1,58	1,42	–
Кількість зерен у колоску в головному колосі, шт.	2,39	2,30	–
Кількість зерен головного колоса, шт.	40,38	39,38	–
Маса зерен головного колоса, г	1,47	1,36	–
Маса соломи, г	2,86	2,21	0,4
Маса головного колоса, г	2,01	1,85	–
Маса колосів підгонів, г	1,80	1,91	–
Маса полови, г	1,06	1,04	–
Маса зерен з рослини, г	2,75	2,73	–
Кількість зерен у рослині, шт.	81,23	85,60	–
Маса 1000 зерен рослини, г	33,90	32,32	–
Маса 1000 зерен головного колоса, г	36,08	34,31	–
Маса 1000 зерен підгонів, г	30,43	29,33	–
Щільність головного колоса шт./10 см	25,85	24,34	0,6
Збиральний індекс	0,72	0,86	0,06
Вміст білка в зерні, %	13,18	13,63	–
Урожай, ц/га	60,60	63,35	–

Достовірне збільшення значення збирального індексу під впливом алеля *Rht-B1b* (рис. 1 А) вказує на зростання частки зерна в загальній масі рослин лінії, що відбулося завдяки достовірному зменшенню маси соломи у низькорослої лінії (рис. 1 Б).

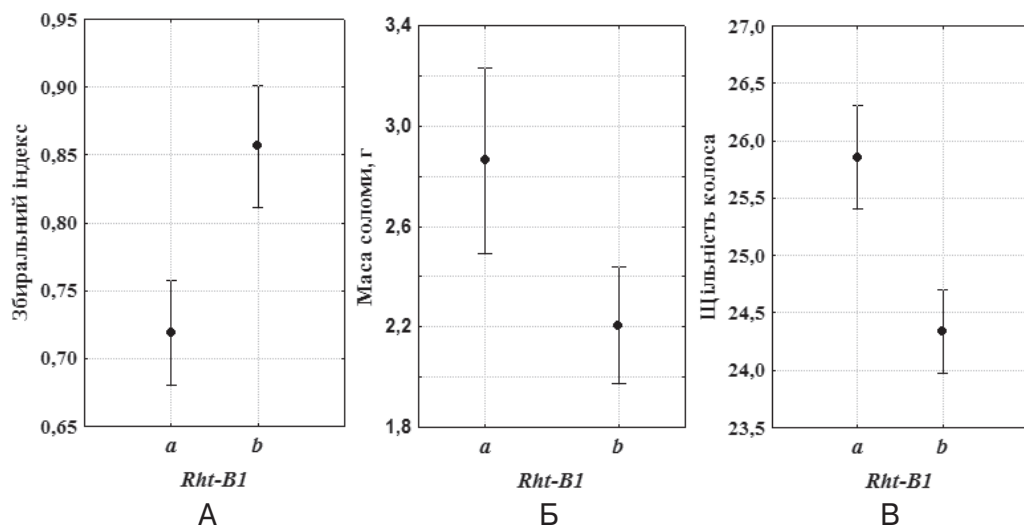


Рис. 1. Середнє значення збирального індексу (А), маси соломи (Б), щільності колоса (В) залежно від алельного стану гена *Rht-B1*

Щільність колоса є дуже важливою та досить постійною агрономічною характеристикою сорту. Вона вказує на те, скільки колосків (в тому числі й недорозвинутих) знаходиться на кожні 10 см колосового стрижня. Одеська 267 має колос високої щільності [11]. За рахунок дії алеля *Rht-B1b* щільність колоса зменшилася (рис. 1 В), але її значення все одно залишилося в межах норми. Це можна пояснити деяким зменшенням кількості колосків в колосі за рахунок зменшення кількості стерильних, а також достовірним збільшенням довжини колоса. Однак це суперечить даним Г. О. Чеботар та ін. [17], а також Ю. В. Лобачева [1], де спостерігалася тенденція до зменшення довжини колоса у короткостеблових ліній. Ця суперечність може бути пояснена тим, що Ер.4517/06 (вихідна для лінії Одеська 267b) — це перспективна селекційна лінія, виділена внаслідок жорсткого добору, зокрема і на довжину колоса [13]. В той час як в дослідженнях [17; 1] робота велася з генетичним матеріалом, який не підлягав добору.

Для виділення найбільш інформативних ознак, за якими розрізняються рослини досліджуваних генотипів, використали дискримінантний аналіз (λ Уїлкса = 0,3; $D = 9,12$; $F = 13,05$). Отже, маємо високий рівень ефективності дискримінації ліній, а загальна достовірність розділення даних на групи в залежності від алельного стану гена *Rht-B1* є дуже високою ($p < 0,001$). З 30 вивчених ознак до моделі увійшли 18. 12 ознак не були включені до моделі, бо їх можна вирахувати із інших за математичними формулами.

Часткова λ Уїлкса відображає одиничний внесок кожної змінної в дискримінацію (розрізнення) ліній: чим менше значення, тим більший вплив [16]. F -критерій пов'язаний з виключенням даної ознаки з аналізу, p — це рівень її статистичної значущості. Якщо ця ознака призводить до статистично значимої зміни співвідношення дисперсій, то вважається,

що ця ознака вносить важливу частку в дискримінацію ліній [16]. Отже, зважаючи на часткову λ Уїлкса та F-критерій, зауважимо, що найсуттєвіший внесок в розділення ліній роблять такі агрономічні ознаки, як висота рослини, довжина колоса, кількість стерильних колосків, маса соломи та збиральний індекс (табл. 2).

Таблиця 2

Результати дискримінантного аналізу ліній Одеська 267a та Одеська 267b, вузькорядний посів, Одеса, 2017 р.

Ознака	Часткова λ Уїлкса	F	R^2	Корінь дискримінантної функції
Висота рослини, см	0,70	43,27***	0,52	0,613
Довжина колоса, см	0,90	11,71***	0,73	-0,191
Продуктивна кущистість 1 яруса, шт.	0,97	3,16	0,74	-0,011
Продуктивна кущистість 2 яруса, шт.	0,98	2,03	0,78	-0,121
Продуктивна кущистість 3 яруса, шт.	0,98	2,14	0,63	0,043
Кількість зерен з підгонів, шт.	1,00	0,47	0,99	-0,055
Маса зерен з підгонів, г	1,00	0,27	0,99	-0,029
Кількість фертильних колосків, шт.	1,00	0,07	0,98	-0,021
Кількість стерильних колосків, шт.	0,93	7,76**	0,85	0,011
Кількість зерен у колоску, шт.	0,97	3,39	0,98	0,101
Кількість зерен головного колоса, шт.	0,97	2,69	0,99	0,045
Маса зерен головного колоса, г	0,99	1,00	0,99	0,100
Маса соломи, г	0,95	4,57*	0,82	0,181
Маса головного колоса, г	1,00	0,02	0,92	0,111
Маса підгонів, г	0,99	0,68	0,98	-0,027
Маса 1000 зерен рослини, г	1,00	0,01	0,94	0,090
Маса 1000 зерен головного колоса, г	1,00	0,33	0,98	0,109
Збиральний індекс	0,95	5,29*	0,87	-0,278

R^2 — коефіцієнт множинної кореляції даної ознаки з усіма іншими ознаками, використаними в аналізі. Чим вище R^2 , тим сильніше цей показник пов'язаний з іншими, застосованими в моделі. З цього видно, що ознаки з найбільшою статистичною значущістю найменше корелюють з усіма іншими. Ознаки з надмірною тісністю зв'язку ($R^2 > 0,97$) — кількість зерен з підгонів, маса зерен з підгонів, кількість фертильних колосків, кількість зерен у колоску, кількість зерен головного колоса, маса зерен головного колоса, маса підгонів, маса 1000 зерен головного колоса — є малоінформативними, оскільки їх варіація значною мірою зумовлена варіацією інших ознак.

Основний внесок у дискримінантну функцію (табл. 2) головним чином складає варіація за ознаками висота рослини і маса соломи, які корелюють між собою позитивно, а також за ознаками довжина колоса, продуктивна кущистість 2 ярусу та збиральний індекс, скорельовані негативно стосовно перших двох ознак.

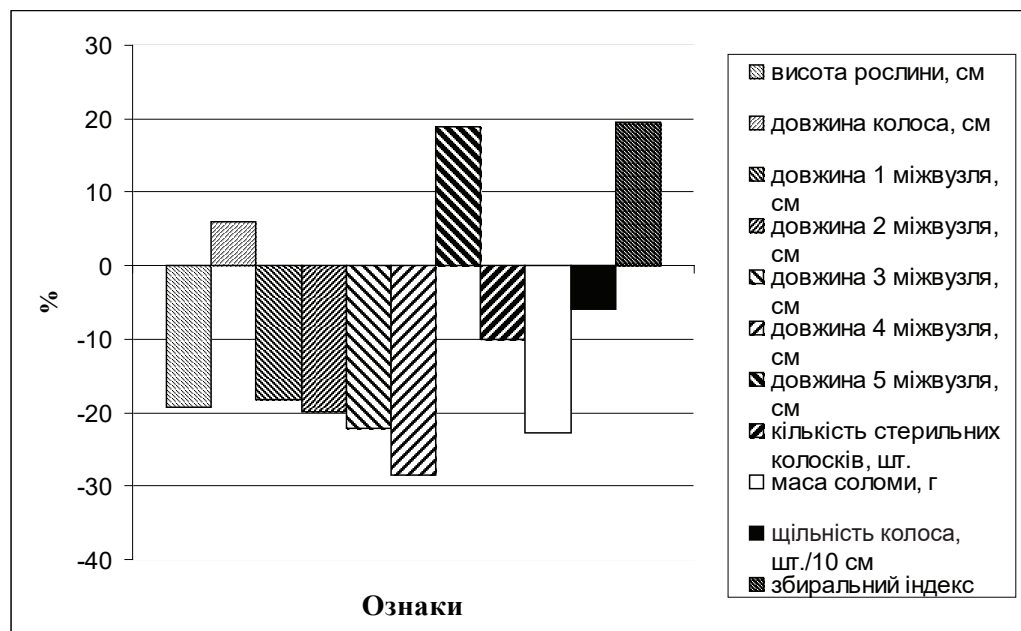


Рис. 2. Відносні ефекти алеля *Rht-B1b* на найбільш значущі агрономічні ознаки, за якими відрізняються досліджувані лінії-аналоги, вузькорядний посів, 2017 р., Одеса

При зіставленні середніх значень досліджуваних ліній спостерігається зменшення висоти рослини та довжини відповідних міжвузлів (окрім п'ятого), зменшення кількості стерильних колосків, маси соломи та щільності колоса, а також збільшення збирального індексу та незначне збільшення довжини колоса (рис. 2). Одержані результати дещо суперечать даним Ю. В. Лобачева [1], який у дослідженнях ефектів алеля *Rht-B1b* спостерігав статистично достовірне зменшення довжини 4 міжвузля на 22,3 % у пшениці м'якої, тоді як дані про зміну довжини інших міжвузлів не мали статистичної достовірності.

Були отримані та порівняні значення врожайності і вмісту білка залежно від алельного стану гена *Rht-B1*, виміряні протягом 3 років. Спостерігається тенденція підвищення врожайності та вмісту білка у лінії Одеська 267b протягом усього періоду дослідження (рис. 3, 4). Також простежується поступове зростання вмісту білка зі зменшенням урожайності ліній під впливом умов року.

Окрім цього було проведено порівняння урожайності залежно від різних умов зволоження (зрошення та богара) у 2017 р. у господарстві «Південьагропереробка» (рис. 5).

Можна зазначити, що в умовах богари високоросла лінія показувала вищу врожайність, а в умовах зволоження — навпаки, що співпадає з даними інших авторів [1; 18]. Слід зазначити, що в умовах зрошення врожайність обох ліній була нижчою, ніж при богарі, що можна пояснити підгорянням зерна. При цьому зменшення врожайності лінії Одеська 267b

було значно меншим у порівнянні з лінією Одеська 267а, з чого можна припустити, що для посухостійких сортів, яким є Одеська 267, зрошення, можливо, навіть не потрібне.

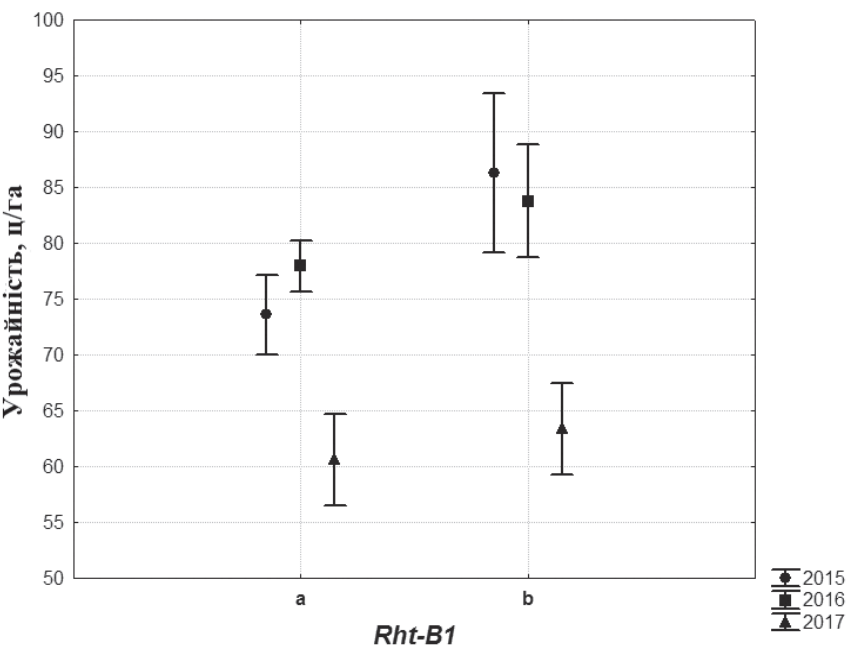


Рис. 3. Урожайність ліній Одеська 267а та Одеська 267b, вузькорядний посів, 2015–2017 рр., Одеса

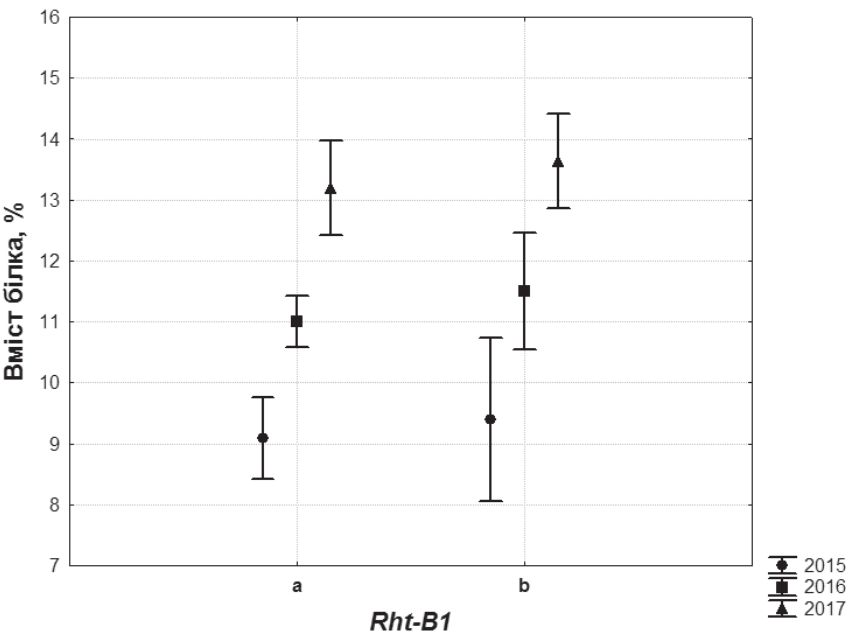


Рис. 4. Вміст білка у зерні ліній Одеська 267а та Одеська 267b, вузькорядний посів, 2015–2017 рр., Одеса

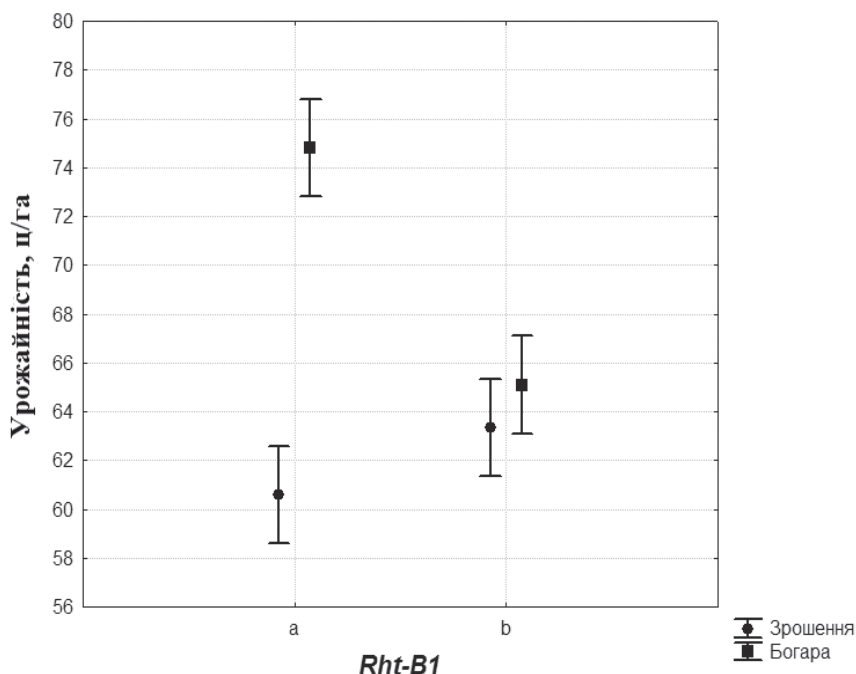


Рис. 5. Урожайність ліній Одеська 267а та Одеська 267б залежно від умов зволоження, 2017 р., господарство «Південьагропереробка», Біляївський р-н, Одеська обл.

Висновки. Внаслідок проведеного структурного аналізу 120 рослин двох ліній-аналогів пшениці м'якої озимої, створених на основі сорту Одеська 267, та подальшої обробки даних методами біометричної статистики було виявлено, що, окрім висоти рослини, досліджувані алелі впливали також на інші агрономічні ознаки. Найбільше значення для дискримінації ліній мають висота рослини, довжина головного колоса, кількість стерильних колосків, маса соломи та збиральний індекс. Найменше лінії відрізняються за показниками кількості фертильних колосків, кількості і маси зерен з підгонів, маси зерна з рослини, маси головного колоса та маси 1000 зерен з рослини й підгонів.

На основі трилітніх досліджень виявлено, що лінія-аналог, яка містить мутантний алель *Rht-B1b*, показувала вищі значення врожайності та вмісту білка, а також мала переваги перед лінією з алелем дикого типу при достатньому зволоженні, але поступалася їй в умовах богари.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Лобачев Ю. В. Проявление генной низкорослости у яровых сортов пшеницы в Нижнем Поволжье: монография. Саратов: Сарат. гос. агр. ун-т, 2000. 264 с.
2. Reitz L. P., Salmon S. C. Origin, history, and use of Norin 10 wheat. *Crop*. 1968. Vol. 11. P. 686–689.
3. Peng J., Richards D. E., Hartley N. M. et al. 'Green revolution' genes encode mutant gibberellin response modulators. *Nature*. 1999. Vol. 400. P. 256–261.

4. Jobson E. M., Johnston R. E., Oiestad A. J. et al. The Impact of the Wheat Rht-B1b Semi-Dwarfing Allele on Photosynthesis and Seed Development Under Field Conditions. *Front Plant Sci.* 2019. Vol. 10. P. 51.
5. King K. E., Moritz T., Harberd N. P. Gibberellins are not required for normal stem growth in *Arabidopsis thaliana* in the absence of GAI and RGA. *Genetics.* 2001. 159. P. 767–776.
6. Peng J., Carol P., Richards D. E. et al. The *Arabidopsis* GAI gene defines a signaling pathway that negatively regulates gibberellin responses. *Genes Dev.* 1997. 11. P. 3194–3205.
7. Richards D. E., King K. E., Ait-Ali T. et al. How gibberellin regulates plant growth and development: a molecular genetic analysis of gibberellin signaling. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 2001. 52. P. 67–88.
8. Chebotar G. A., Motsnyy I. I., Chebotar S. V., Sivolap Yu. M. Effects of dwarfing genes on the genetic background of wheat varieties in southern Ukraine. *Cytology and Genetics.* 2012. Vol. 46. P. 6.
9. Lintham J., Börner A., Worland A., Gale M. Optimizing wheat grain yield: Effects of Rht (gibberellin-insensitive) dwarfing genes. *The Journal of Agricultural Science.* 1997. Vol. 128. P. 11–25.
10. Landjeva S., Karceva T., Korzun V., Ganeva G. Seedling growth under osmotic stress and agronomic traits in Bulgarian semi-dwarf wheat: comparison of genotypes with Rht8 and/or Rht-B1 genes. *Crop & Pasture Sci.* 2011. Vol. 62. P. 1017–1025.
11. Каталог сортів Селекційно-генетичного інституту — Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення (І ч.). Одеса: СГІ–НЦНС, 2014. 108 с.
12. Keyes G. J., Paolillo D. J., Sorrells M. E. The effects of dwarfing genes Rht1 and Rht2 on cellular dimensions and rate of leaf elongation in wheat. *Ann. Bot.* 1989. Vol. 64. P. 683–690.
13. Моцний І. І., Нарган Т. П., Лифенко С. П., Єриняк М. І. Застосування похідних неповного пшенично-елімусного амфіплоїда (НПЕА) *Elytricum fertile* в селекції пшениці м'якої озимої. *Вісник аграрної науки.* 2017. № 8. С. 45–51.
14. Motsnyy I. I., Procopovich E. L. Development of bread wheat — *Elymus sibiricus* substitution stocks as a result of crosses between tetraploid wheats and octoploid PWEA *Elytricum fertile*. *Genetic collections, isogenic and alloplasmic lines:* Th. rep. Int. Conf., 30 July–3 August. Novosibirsk, 2001. P. 198–200.
15. Сборник методов исследования почв и растений / Ковальчук В. П., Васильев В. Г., Бойко Л. В., Зосимов В. Д. Киев: Труд-ГриПол, 2010. 250 с.
16. Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебник. 3-е изд. М. : ООО «Бином-Пресс», 2007. 512 с.
17. Chebotar G. A., Chebotar S. V., Motsnyy I. I. Pleiotropic effects of gibberellin-insensitive and giberrellin-insensitive dwarfing genes in bread wheat of the southern step region of the Black Sea. *Cytol Genet.* 2016. Vol. 50. P. 20 –27.
18. Flintham J. E., Börner A., Worland A. J., Gale M. D. Optimizing wheat grain yield: effects of Rht (gibberellin-insensitive) dwarfing genes. *J. Agric. Sci.* 1997. Vol. 128. P. 11–25.

Надійшла 27.11. 2018

UDC 577.2: 631: 581.14

Okhrymovych O. V., Chebotar S. V., Motsnyi I. I. Odessa National Mechnikov University, Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigations, Odesa

e-mail: s.v.chebotar@onu.edu.ua

EVALUATION OF GENE *RHT-B1* ALLELES EFFECTS ON AGRICULTURAL TRAITS OF BREAD WINTER WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.) VARIETY ODESKA 267

The pleiotropic and direct effects of the dwarf gene *Rht-B1* on the main agronomic traits were studied on tall and short analogue-lines of the bread winter wheat variety Odeska 267 in the steppe ecotype conditions of the Southwest Black Sea. To evaluate the effects of *Rht-B1a* / *Rht-B1b* alleles, discriminant and dispersion analysis were used. It was found that the significance of the discrimination of the studied lines is very high (λ Wilks = 0,3; $D = 9,12$; $F = 13,05$). The most informative characteristics, except for the height and length of the corresponding internodes, that distinguish the lines: the harvest index and the weight of straw, the number of sterile spikelets and the density of the main spike. It was found that the short line showed higher yields and protein content during three years of studies, as well as small advantages over a tall line in conditions of sufficient moisture but was inferior to it under drought conditions.

Keywords: *bread winter wheat, pleiotropic effects, short stem, quantitative traits.*

УДК 577.2:631:581.14

Охримович О. В., Чеботарь С. В., Мощный И. И. ОНУ имени И. И. Мечникова, СГИ–НЦСС, Одесса

e-mail: s.v.chebotar@onu.edu.ua

ОЦЕНКА ЭФФЕКТОВ АЛЛЕЛЕЙ ГЕНА *RHT-B1* НА ПОКАЗАТЕЛИ АГРОНОМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) СОРТА ОДЕССКАЯ 267

Плейотропные и прямые эффекты гена карликовости *Rht-B1* на основные агрономические признаки были исследованы на высокорослой и короткостебельной линиях-аналогах пшеницы мягкой озимой сорта Одесская 267 степного экотипа в условиях юго-западного Причерноморья. Для оценки эффектов аллелей *Rht-B1a* / *Rht-B1b* использовали дискриминантный и дисперсионный анализы. Выявлено, что значение дискриминации исследуемых линий является очень высоким (λ Уилк-

са = 0,3; D = 9,12; F = 13,05). Наиболее информативными характеристиками, отличающими линии, кроме высоты растений и длины соответствующих междоузлий были: уборочный индекс, масса соломы, количество стерильных колосков и плотность колоса. Обнаружено, что короткостебельная линия показывала высокие значения урожая и содержания белка в течение трехлетнего исследования, а также имела преимущества перед высокорослой линией при достаточном увлажнении, но уступала ей в условиях засухи.

Ключевые слова: *пшеница мягкая озимая, плеiotропные эффекты, короткостебельность, количественные признаки.*

УДК 633.11: 631.524.86

В. А. ТРАСКОВЕЦЬКА, наук. співроб.,
Н. І. САУЛЯК, мол. наук. співроб.,
К. П. ТЕРНОВИЙ, асп.,
О. В. БАБАЯНЦ, д. б. н., ст. наук. співроб., зав. від.,
Л. Т. БАБАЯНЦ, к. с.-г. н., провід. наук. співроб.,
О. В. ГАЛАЄВ, к. б. н., пров. наук. співроб.
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: nadjasauljak@gmail.com

ЕФЕКТИВНІСТЬ ГЕНІВ СТІЙКОСТІ ПШЕНИЦІ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ДО ЗБУДНИКА БОРОШНИСТОЇ РОСИ *BLUMERIA GRAMINIS* (DC) SPEER F. SP. *TRITICI* У СТЕПУ УКРАЇНИ

В Україні борошниста роса (Blumeria graminis (DC) Speer f. sp. tritici) є однією з найбільш розповсюджених листостеблових хвороб пшениці. Наразі у степовій зоні України проти борошнистої роси ефективними є гени стійкості Pm 3c, Pm 17, Pm 20, Pm 170911. Вони самостійно або у комбінаціях з іншими генами (Pm 3a; Pm 25; Pm 38; Pm 39) забезпечують лініям та сортам пшениці стійкість та можливість захистити їх від хвороби. Порівнюючи результати наших теперішніх досліджень з результатами минулих років, припускаємо, що у популяції патогена частота вірулентності до носіїв генів Pm 3c та Pm 17 знизилася, тоді як до Pm 4b — значно зросла.

Ключові слова: ген, стійкість, ефективність, пшениця, лінія, борошниста роса.

Вступ. В Україні борошниста роса (*Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici*) є однією з найпоширеніших листостеблових хвороб пшениці, зокрема й у степовій зоні. У Степу періодично спостерігається її епіфітотійний розвиток на сприйнятливих сортах. Протягом останніх 17 років епіфітотії спостерігалися у 2003, 2005, 2008, 2012, 2013 та 2016 роках [1; 2].

В інтегрованій системі захисту пшениці від хвороб, включаючи й борошнисту росу, одним з головних способів боротьби є створення та вирощування генетично захищених сортів. Основу стійкості пшениці до патогенів складають ефективні, так звані гени расоспецифічної стійкості: *Pm*, *Lr*, *Yr*, *Sr*, *Bt*, *Ut*, *Stb*, *Fhb* та інші. На жаль, стійкість пшениці до збудників хвороби не є постійною, з часом вона втрачається. В еволюції патогенів за результатами расотворчих процесів у популяціях з'являються вірулентні, агресивні раси та штами, що долають захист, зумовлений дією

генів стійкості. Тому необхідним є моніторинг ефективності генів стійкості з метою пошуку високоефективних для подальшого їх використання та створення стійких сортів пшениці [3].

В науковій літературі є інформація про 79 *Pm*-генів та їх алелей [3; 2].

Моніторинг рас *Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici* та ефективність *Pm*-генів в умовах Півдня України здійснювали вчені-фітопатологи Селекційно-генетичного інституту протягом низки років (2004–2013). Протягом цього періоду у популяції патогена ідентифіковані 78 відомих та 39 раніше не описаних рас патогена. Визначено як авірулентні, так і вірулентні раси щодо усіх ізогенних ліній та сортів пшениці з 23 відомими *Pm*-генами. Переважна більшість рас були вірулентні до носіїв генів *Pm 1a*, *Pm 2*, *Pm 3g*, *Pm 6*, *Pm 8*, *Pm 10+Pm 15*, *Pm 8+Pm 11*. У той же час більшість авірулентних рас спостерігалася до сорту 'Kharpli' та ліній з генами *Pm20*, *Pm37*, *Pm3c + Pm5a + Pm34* [2].

Мета роботи — необхідність дослідження ефективності *Pm*-генів через епіфітотію борошністої роси у 2016 році.

Результати дослідження представлені у поданій статті.

Матеріали та методи. Для визначення ефективності генів стійкості до збудника борошністої роси досліджували лінії та сорти пшениці з *Pm*-генами 1a, 2, 3a, 3b, 3c, 3g, 4a, 4b, 6, 7, 8, 8+11, 10+15, 17, 20, 37, 3a+5a+34, 3a+3c+25, 17+38+39 (табл. 1). Насіння більшості з них отримано з Дослідницького центру генетичних ресурсів (USDA, ARS, National Genetic Resources Program), за що висловлюємо щире подяку колегам.

Дослідження проводили у польовому інфекційному розсаднику борошністої роси пшениці на штучно створеному інфекційному фоні хвороби, а також в умовах теплиці та на світлоустановках за інокуляції конідіями патогена протягом 2016 та 2017 років.

Ступінь стійкості та сприйнятливості рослин визначали за типовим проявом хвороби та ураження рослин, застосовуючи загальноприйняті методи фітопатологічної оцінки [1].

Тип ураження та характер прояву хвороби визначали за реакцією рослин на інфекцію патогена у ювенільну фазу їхнього розвитку (BBCH12–23 по Цадоксу) (табл. 1).

Інтенсивність ураження визначали за характером прояву хвороби на дорослих рослинах (BBCH 51–73 по Цадоксу) (табл. 2; рис.).

Результати досліджень. У 2016 та 2017 роках у польовому інфекційному розсаднику борошністої роси у фазу дорослої рослини дуже сильно уразилися лінії та сорти пшениці (бали 1–2) (табл. 3; рис.) з генами *Pm3b*, *Pm3g*, *Pm5*, *Pm6*, *Pm8*, *Pm8+Pm11*. В умовах теплиці ті ж лінії та сорти у ювенільній фазі розвитку рослин проявили високу сприйнятливості (тип ураження VS (табл. 1, 3). Вище викладене свідчить про те, що дані *Pm*-гени не є ефективними та самостійно захистити пшеницю не можуть.

Таблиця 1

Шкала оцінок стійкості пшениці до збудника борошнистої роси

Тип ураження	Характер прояву хвороби	Ступінь стійкості — сприйнятливості
0	ознаки хвороби відсутні	дуже висока стійкість
VR	хлороз та некроз без спороношення	висока стійкість
R	слабкий розвиток міцелію, маленькі пустули у хлорозних і некрозних плямах	стійкість
MR	слабкий розвиток міцелію, маленькі і середні пустули у хлорозних і некрозних плямах	помірна стійкість
MS	помірний розвиток міцелію, маленькі і середні пустули без хлорозу і некрозу	слабка сприйнятливість
S	пухкий міцелій, пустули крупні, споруючі рясна	сприйнятливості
VS	добре розвинутий міцелій, дуже значна споруючі	висока сприйнятливості

Лінії та сорти пшениці з генами *Pm 1a*, *Pm 3a*, *Pm 4a*, *Pm 7*, *Pm 37*, *Pm 10 + Pm 15*, *Pm 3a + Pm 5a + Pm 34* за інтенсивністю ураження у фазу дорослої рослини (бал 3 и 4) (табл. 2; рис.) та типом ураження у ювенільну фазу їх розвитку S виявились сприйнятливими (табл. 3). Це свідчить про те, що гени не є ефективними і самостійно захистити пшеницю не можуть.

Сорти пшениці 'Amigo', 'Khapli', 'Княгиня Ольга', 'Вихованка одеська' та лінії Sonora/8*Chancellor, PI170911, Saluda *3/ PI427662, KS93WGRC28, фіто 117/16 виявили високу стійкість як в умовах польового інфекційного розсадника, так і в умовах теплиці (табл. 1).

Відомо, що моногенна лінія Sonora/8*Chancellor має ген *Pm 3c*, котрий локалізований у хромосомі 1A пшениці [3]. За фітооцінок цієї лінії в ювенільній фазі розвитку рослини домінували типи ураження VR, R (табл. 1), що вказує на стійкість даної ліній. Слабке ураження дорослих рослин (бал 8) (табл. 2; рис.) вказує на високу стійкість цієї лінії (табл. 1). Крім того на окремих рослинах спостерігались пустули з конідіями патогена, що характеризують слабку сприйнятливості (MS) (табл. 1). Це свідчить про те, що в популяції патогена трапляються вірулентні, але слабкоагресивні раси, які поки що не становлять загрози гену. Отож вважаємо ген високоефективним. Лінія пшениці Saluda*3/PI 427662 також показала стійкість, як і моногенна Sonora /8*Chancellor (табл. 3). Окрім гена *Pm 3c*, вона також має гени *Pm 3a* та *Pm 25*.

Сорт пшениці 'Khapli' у ювенільну фазу розвитку рослин характеризується високою стійкістю (R) (табл. 1): ознаки хвороби відсутні, спостерігався тип ураження у вигляді незначного конідіального спороношення гриба у хлорозних та некрозних плямах. Слабке ураження дорослих рослин (бал 8) це підтверджує (табл. 3). Відомо, що сорт має ген *Pm 4a*, який походить від *Triticum turgidum sub sp. dicoccum* і локалізований у хромосомі 2A пшениці [1]. У той же час ізогенна лінія Khapli /8*Chancellor

з *Pm 4a* уразилася, виявилася сприйнятливою до хвороби. Вище викладене свідчить про те, що у сорту 'Khapli' окрім *Pm 4a* є інші *Pm*-гени.

Таблиця 2

Шкала оцінок стійкості пшениці та інших колосових культур до збудників борошнистої роси

Бал	Характер прояву хвороби	Ступінь стійкості–сприйнятливості
9	ознаки хвороби відсутні	дуже висока і висока стійкість
8	на листі окремі хлорозні та некротичні плями, дуже рідкий одиничний наліт конідій	
7	уражене найнижче листя; спостерігаються окремі малі подушечки, можливо у хлорозних або некротичних плямах	стійкість
6	уражена третина рослини: найнижче листя уражене помірно, міцелій утворює частіше за все подовжені подушечки, зрідка у хлорозних та некротичних плямах	
5	рослина уражена від низу до середини: найнижче листя уражене сильно, вищі яруси — помірно та слабо	слабка сприйнятливість
4	рослина уражена до передпрапорцевого листка: листя нижнього ярусу значно уражене, спостерігається його загибель; листя середнього ярусу уражене помірно, є сліди інфекції на передпрапорцевому листку	сприйнятливість
3	рослина уражена до прапорцевого листка: листя нижнього ярусу уражене сильно, спостерігається його загибель; а середнього ярусу — помірно або сильно, флаговий лист — слабо	
2	уражена вся рослина: листя до передпрапорцевого листа уражене сильно, прапорцевий лист — помірно; спостерігається загибель листя на нижніх і середніх ярусах, інфекція на колосових лусках та остях	висока і дуже висока сприйнятливість
1	уражена вся рослина: листя вражене дуже сильно і спостерігається його загибель, інфекція на колосових лусках та остях, стеблі різного ступеню	

У сорту пшениці 'Amigo' в ювенільну фазу розвитку рослин ознаки хвороби були відсутні (VR), або спостерігався тип ураження R (табл. 1), що характеризує його стійкість (табл. 3). Зрідка з'являлися малі пустули конідій гриба, що характеризують слабку сприйнятливість (MS) (табл. 1). Це свідчить про те, що в популяції патогена трапляються вірулентні, але слабкопатогенні раси, які цьому сорту поки що не загрожують. Це підтверджується високою стійкістю дорослих рослин сорту до популяції патогена.

Відомо, що сорт має ген *Pm 17* [3]. Його інтрогресовано з хромосоми 1R жита у хромосому 1AS пшениці [4]. Викладені результати дослідження стійкості цього сорту до патогена свідчать про те, що ген *Pm 17* є дійсно ефективним.

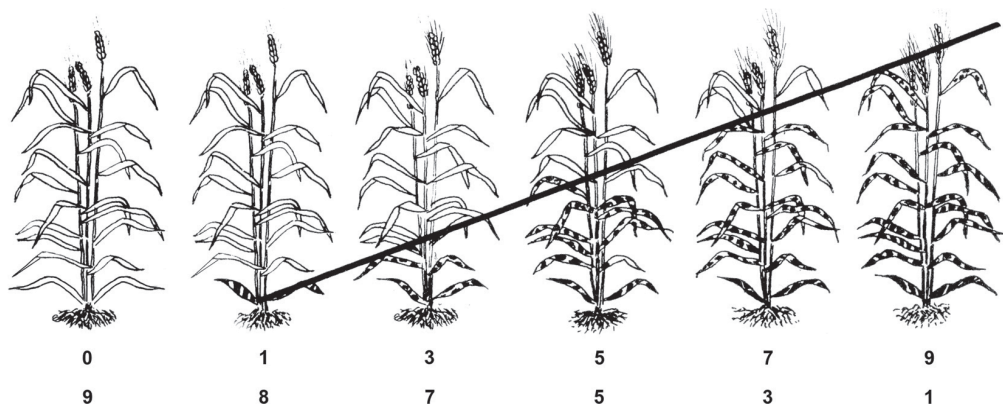


Рис. Шкала для обліку ураження рослини збудниками борошнистої роси в балах: уніфікована шкала СЕВ

Лінія фіто 117/16 і сорти 'Вихованка одеська', 'Княгиня Ольга' проявили таку ж високу стійкість, як і сорт 'Amigo' (табл. 3). Методом ПЛР-аналізу ідентифіковано: у лінії присутній ген *Pm 17*, а у сортів — *Pm 17*, *Pm 38*, *Pm 39*.

У лінії пшениці KS93WGRC28 в ювенільну фазу розвитку рослин ознаки хвороби були відсутні або спостерігались типи ураження (R, MR) (табл. 1), що характеризують її стійкість. У фазі дорослої рослини вона показала високу стійкість (табл. 3). Відомо, що ця лінія має ген *Pm 20*, локалізований у хромосомі 6В. Можливо, він походить від жита [5]. Вважаємо цей ген ефективним.

У лінії пшениці *Pm 170911* у фітооцінках в ювенільній фазі розвитку рослин спостерігали не дуже часті хлорозні та некрозні плями зі слабким розвитком конідій (тип R) (табл. 1), а також слабку ураженість дорослих рослин (бал 8) (табл. 2; рис.; табл. 3), що засвідчує високу стійкість лінії до хвороби. Лінія має домінантний ген, означений нами як *Pm 170911*. Вважаємо його ефективним.

Сорт пшениці 'Weihenstephan M1' у польовому інфекційному розсаднику борошнистої роси уразився відносно слабо (бал 5) (табл. 2; рис.) за домінування в ювенільній фазі розвитку рослин типів ураження, що характеризують сприйнятливість (табл. 3). Відомо, що цей сорт має ген *Pm 4b*, локалізований у хромосомі 2А пшениці [3]. Показники фітооцінок стійкості цієї лінії вказують на те, що ген *Pm 4b* недостатньо ефективний.

Висновки. На даний момент у степовій зоні України проти борошнистої роси *Blumeria graminis* (DC) *Speer f. sp. tritici* ефективними є гени стійкості *Pm 3c*, *Pm 17*, *Pm 20*, *Pm 170911*. Вони самостійно або в комбінаціях з іншими генами (*Pm 3a*; *Pm 25*; *Pm 38*; *Pm 39*) забезпечують лініям та сортам пшениці стійкість до цієї хвороби. Порівнюючи результати наших досліджень з результатами минулих років, припускаємо, що у популяції атогенна частота вірулентності до носіїв генів *Pm 3c* та *Pm 17* знизилася, тоді як до *Pm 4b* — значно зросла [1–3].

Таблиця 3

Результати фітопатологічних оцінок стійкості пшениці з різними *Pm*-генами збудника борошнистої роси *Bl. gr. (DC) Speer f. sp. tritici*, 2016–2017 рр.

Лінія, сорт	Номер каталога	<i>Pm</i> -гени	Ураженість, бал			
			2016		2017	
			1	2	1	2
'Carstens V'	PI 191311	–	VS	1	VS	1
Axminster/8*Chancellor	Cltr14114	1a	S	3	S	3
Ulka/8*Chabcellor	Cltr14118	2	S	3	S	3
Asosan/8*Chancellor	Cltr14120	3a	S	3	S	3
Chul/8*Chancellor	Cltr14121	3b	VS	2	VS	2
Sonora/8*Chancellor	Cltr14122	3c	VR,R (MS)	8	VR,R (MS)	8
Aristide	PI 512253	3g	VS	2	VS	1
'Khapli'/8*Chancellor	Cltr14123	4a	S	3	S	3
'Khapli'	Cltr4013	4a+	O (R)	8	O (R)	8
'Weihenstephan M1'	–	4b	S (R–MR)	5	S (R–MR)	5
Hope / 8*Chancellor	Cltr14125	5a	VS	1	VS	1
Michigan Amber/ 8*Chancellor	Cltr15888	6	VS	1	VS	1
Transec	Cltr14189	7	S	4	S	4
'Kavkaz'/8*Chancellor	–	8	VS	2	VS	2
'Amigo'	PI 578213	17	O–R (MS)	8	O–R (MS)	8
KS93WGRC28	PI583795	20	O (R, MR)	8	O (R, MR)	8
Saluda*3/PI427315	PI615588	37	S	3	S	3
PI 170911		–	O (R)	8	O (R)	8
Salmon	P1542976	8+11	VS	2	VS	2
Norin 4	PI235228	10+15	S	4	S	4
Saluda*3/TA2492	PI604033	3a+5a+34	S	3	S	3
Saluda*3/PI427662	PI599035	3a+3c+25	VR,R (MS)	8	VR,R (MS)	8
'Княгиня Ольга'		17+38 + 39	O–R (MS)	8	O–R (MS)	8
'Вихованка одеська'		17+38 + 39	O–R (MS)	8	O–R (MS)	8
Фіто 117/16		17	O–R (MS)	8	O–R (MS)	8

Примітка: 1 — тип ураження в ювенільну фазу розвитку рослини; 2 — ураженість дорослої рослини. Дані, наведені в дужках, відображають розщеплення по типу реакції.

Pm-гени 1a, 2, 3a, 3b, 3q, 4a, 5a, 6, 7, 8, 10, 11, 15, 34, 37 проти борошнистої роси не мають ефективності і тому самостійно захистити пшеницю від цієї хвороби не можуть.

Гени *Pm 25*, *Pm 38* та *Pm 39* можуть бути ефективними, але це слід дослідити. Також необхідно визначити, які саме *Pm*-гени відповідальні за високу стійкість сорту 'Khapli' до збудника борошнистої роси.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Бабаянц О. В., Бабаянц Л. Т. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней. Одесса, 2014. 399 с.
2. Бабаянц Л. Т., Бабаянц О. В., Трасковецкая В. А. Расовый состав *Blumeria graminis* (D. C.) Speer f. *Sp. Tritici* в Степи Украины и эффективность *Pm*-

- генов. *Збірник наук. праць СГІ–НЦНС*. Одеса, 2004. Вип. 6 (46). С. 269–278.
3. The T. T., McIntosh R. A., Bennett F. G. A. Cytogenetical studies in wheat. Monosomic analyses, telocentric mapping and linkage relationships of genes *Sr 21*, *Pm 4* and *Mle*. *Australian Journal of Biological Sciences*. 1979. V. 32. P. 115–125.
 4. Hsam S. L. K., Huang X. Q. et al. Chromosomal location of genes for resistance to powdery mildew in common wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.). Alleles at the *Pm 5* locus. *Theoretical and Applied Genetics*. 2001. V. 102. P. 127–133.
 5. Бабаянц Л. Т., Рибалка О. І., Аксельруд Д. В. Нове джерело стійкості пшениці до основних хвороб. Реалізація потенційних можливостей сортів і гібридів Селекційно-генетичного інституту в умовах України. *Збірник наук. праць СГІ–НЦНС*. Одеса, 1996. С. 111–116.

Надійшла 28.11.2018

UDC 633.11: 631.524.86

Traskovetska V. A., Sauliak N. I., Ternovoi K. P., Babayants O. V., Babayants L. T., Galaiev O. V. Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigations, Odesa
e-mail: nadjasauljak@gmail.com

EFFECTIVENESS OF WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.) RESISTANCE GENES TO THE CAUSAL AGENT OF POWDERY MILDEW *BLUMERIA GRAMINIS* (DC) SPEER F. SP. *TRITICI* IN THE STEPPE OF UKRAINE

In Ukraine, powdery mildew (*Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici*) is one of the most common and destructive foliar diseases of wheat.

Currently, in the steppe zone of Ukraine genes Pm 3c, Pm 17, Pm20, Pm170911 are effective against powdery mildew *Blumeria graminis* (DC) speer f. sp. *tritici*.

They alone or in combination with other genes (Pm 3a; Pm 25; Pm 38; Pm 39) confer resistance to wheat lines and varieties and are able to protect them against this disease. Comparing the results of our studies with the results of previous years, we assume that in the population of the pathogen, the frequency of virulence to carriers of the Pm 3c and Pm 17 genes has decreased, while virulence to Pm 4b has significantly increased.

Key words: *gene, resistance, efficiency, wheat, line, powdery mildew.*

УДК 633.11: 631.524.86

Трасковецкая В. А., Сауляк Н. И., Терновой К. П., Бабаянц О. В., Бабаянц Л. Т., Галаев А. В. Селекционно-генетический институт — Национальный центр семеноведения и сортоизучения, Одесса
e-mail: nadjasauljak@gmail.com

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) К ВОЗБУДИТЕЛЮ МУЧНИСТОЙ РОСЫ *BLUMERIA GRAMINIS* (DC) SPEER F. SP. *TRITICI* В СТЕПИ УКРАИНЫ

В Украине мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici*) является одной из самых распространенных листостебельных болезней пшеницы.

В настоящее время в степной зоне Украины против мучнистой росы эффективны гены устойчивости *Pm 3c*, *Pm 17*, *Pm20*, *Pm170911*. Они самостоятельно или в комбинациях с другими генами (*Pm 3a*; *Pm 25*; *Pm 38*; *Pm 39*) обеспечивают линиям и сортам пшеницы устойчивость и способны защитить их от этой болезни.

Сопоставляя результаты наших исследований с результатами предыдущих лет, предполагаем, что в популяции патогена частота вирулентности к носителям генов *Pm 3c* и *Pm 17* снизилась, а к *Pm 4b* — значительно возросла.

Ключевые слова: ген, устойчивость, эффективность, пшеница, линия, мучнистая роса.

UDC 633.791:575.113

A. M. VENGHER, PhD (biology), junior scientific researcher,
O. O. KOLESNYK, PhD (biology), junior scientific researcher,
V. I. FAYT, Doctor of biology, Head of Department
Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar
Investigation, Odesa, Ukraine
e-mail: venger87@ukr.net, emerald-olga@ukr.net, faygen@ukr.net

BIODIVERSITY OF SOYBEAN (*GLYCINE MAX* L.) VARIETIES ACCORDING TO GY GENES CLUSTER ENCODING GLYCININ

One of the most important and industrial perspective protein of soybean is glycinin. Content of glycinin determinates quality of soybean products. The biodiversity of Ukrainian and foreign soybean varieties according to Gy genes which are encoding glycinin and their cluster analysis was examined.

Key words: *soybean, glycinin encoding genes, biodiversity of genes.*

Introduction. Soybean (*Glycine max* L.) is the main source of vegetable protein and amino acids in the diet of humans and animals of the world. It is one of the most common crops in world agriculture, which yields only rice, corn and wheat in terms of sown area. It is grown on an area of about 93.5 million hectares of the world [1–3]. In recent years, soybean has become very significant in Ukraine. The most promising proteins for the production of soybean products are globulins, namely, 11S globulin fractions due to the presence of glycinin [4–6]. The quality of the products depends on the ratio of these fractions and the directions of their usage [7; 8].

The biodiversity of Ukrainian and foreign soybean varieties according to *Gy1*, *Gy2*, *Gy3*, *Gy4*, *Gy5* genes, which are encoding glycinin is studied in the Japanese, Canadian and American soybean varieties [8–10]. It was shown, that polymorphism of studied genes can influence quality properties of soybean varieties. The aim of our conducted research is to detect polymorphism of glycinin encoding genes in Ukrainian and Serbian soybean varieties and to conduct comparison of polymorphism of glycine encoding genes detected in Ukrainian, Serbian, soybean varieties.

Material and Methods. The biodiversity of *Gy1*, *Gy2*, *Gy3*, *Gy4*, *Gy5* genes was studied by polymerase chain reaction (PCR) on the samples of Ukrainian ('Anatoliivka', 'Antares', 'Apolon', 'Berehynia', 'Chernivets'ka 9', 'Farvater', 'Kyivs'ka 98', 'Mel'pomena', 'Odes'ka 150A', 'Ustia', 'Valyuta', 'Vasyl'kivs'ka', 'Yuh 30') and Serbian ('Proteyinka') soybean varieties. Reaction conditions and primers were chosen according to Jegadeesan et al., 2012. As control the reference American soybean variety 'Harovinton' was used.

Table

Polymorphism of glycine encoding genes of Ukrainian and Serbian soybean varieties

Variety	Amplicon sizes of glycine encoding gene regions (base pairs)						
	Gy4			Gy1, 801	Gy2, 1211	Gy3, 1037	Gy5, 864
	N-allele, 307	A-allele, 771	G-allele, 324				
'Ustia'	+	+	–	+	–	+	+
'Antares'	+	+	–	+	–	+	+
'Valyuta'	+	–	+	–	+	+	+
'Apolon'	+	+	–	–	–	+	+
'Proteinka'	+	+	+	–	+	+	+
'Anatoliivka'	+	–	–	+	+	+	+
'Yuh 30'	+	–	–	+	+	+	+
'Odes'ka 150A'	+	–	+	+	–	+	+
'Chernivets'ka 9'	+	–	+	–	+	+	+
'Berehynia'	+	–	+	+	+	+	+
'Vasyl'kivs'ka'	+	–	–	+	+	+	+
'Farvater'	+	–	+	+	+	+	+
'Kyivs'ka 98'	+	–	+	+	+	+	+
'Mel'pomena'	+	–	+	+	+	+	+

«+» — presence of detected amplicon; «-» — absence of detected amplicon.

Cluster analysis of Ukrainian, Serbian and American ('Williams 82', 'Harovinton', 'Enrei', 'Lai wa dou', 'Keburi', 'Raiden') soybean varieties was conducted with the help of program MEGA6 based on polymorphism of Gy1, Gy2, Gy3, Gy4, Gy5 genes by Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA) [11].

Results and Discussion. As results, all studied varieties have Gy1, Gy2, Gy3, Gy4, Gy5 gene alleles which were found to be identical with alleles possessed in the soybean variety from USA, Japan and Canada (table). This results of the study show that in the breeding of Ukrainian, Serbian, Japanese, Canadian and American varieties were used the same plant origins.

Ukrainian varieties and 'Williams 82' are typical cereals, Japanese varieties are ordinary used for tofu producing, 'Lai wa dou' is often taken for soy milk producing.

Results of PCR analysis of glycine encoding genes of soybean were used for performing of cluster analysis. According to the conducted cluster analysis the dendrogram (Fig.) was built.

Thus, according to results of PCR analysis of glycine encoding genes of Ukrainian and Serbian soybean varieties there were not detected any alleles where were not described in the literature before.

The dendrogram tree, which shows the cluster analysis of alleles of glycine encoding genes detected in Ukrainian, Serbian, Japanese, Canadian and American soybean varieties, consists of two main clusters. One of them contains American and Japanese soybean varieties; another cluster contains Ukrainian, Serbian, Canadian and American soybean varieties.

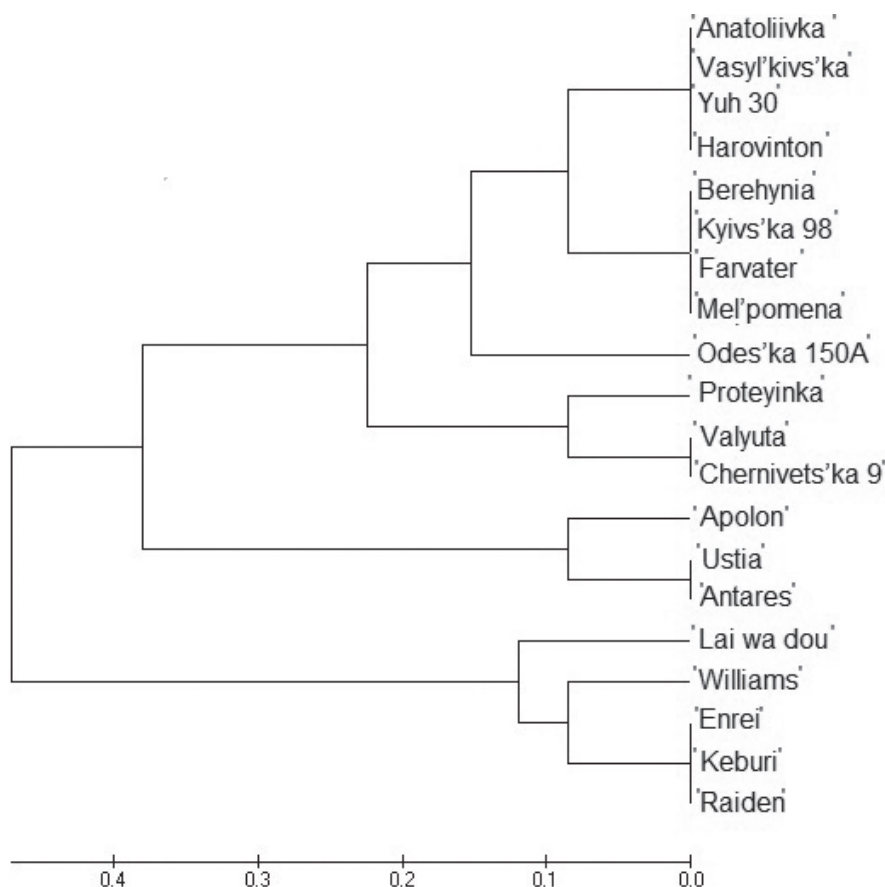


Fig. Cluster analysis of alleles of glycine encoding genes detected in soybean varieties

The results of the study may indicate the common soybean ancestor origins which were used to breed the studied varieties.

REFERENCES

1. Soybean. Molecular aspects of breeding. Edit. A. Sudaric. In Tech Europe, Croatia. 2011. 514 p.
2. Schmutz J., Cannon S., Schlueter J. et al. Genome sequence of the palaeopolyploid soybean. *Nature*. 2010. Vol. 463. P. 178–183.
3. Qiu L., Xing Y., Guo Y. et al. A platform for soybean molecular breeding: the utilization of core collections for food security. *Plant Mol. Biol.* 2013. Vol. 83. P. 41–50.
4. Guo Y., Wang X., He W. et al. Soybean Omics and Biotechnology in China. *Plant Omics J.* 2011. Vol. 4 (6). P. 318–328.
5. Beilinson V., Chen Z., Shoemaker R. et al. Genomic organization of glycinin genes in soybean. *Theor. Appl. Genet.* 2002. Vol. 104. P. 1132–1140.
6. Li C., Y. Zhang Molecular evolution of glycinin and b-conglycinin gene families in soybean (*Glycine max* L. Merr.). *Heredity*. 2011. Vol. 106. P. 633–641.
7. Rayhan M., Van K., Kim D. et al. Identification of Gy4 nulls and development of multiplex PCR-based co-dominant marker for Gy4 and α' subunit of β -conglycinin in soybean. *Gen. Genom.* 2011. Vol. 33. P. 383–390.

8. Jegadeesan S., Yu K., Woodrow L. et al. Molecular analysis of glycinin genes in soybean mutants for development of gene-specific markers. *Theor. Appl. Genet.* 2012. Vol. 124. P. 365–372.
9. Kim M., Lee S., Van K. et al. Whole-genome sequencing and intensive analysis of the undomesticated soybean (*Glycine soja* Sieb. and Zucc.) genome. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2010. Vol. 107 (51). P. 22032–22037.
10. <https://soybase.org>
11. Tamura K., Peterson D., Peterson N. et al. MEGA 5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Mol. Biol. Evol.* 2011. Vol. 28 (10). P. 2731–2739.

Entered 10. 07.2018

УДК 633.791:575.113

Венгер А. М., Колесник О. О., Файт В. І. Селекційно-генетичний інститут — Національний центр насіннєзнавства та сортівивчення, Одеса
e-mail: venger87@ukr.net, emerald-olga@ukr.net, faygen@ukr.net

РІЗНОМАНІТТЯ СОРТІВ СОЇ (*GLYCINE MAX* L.) ЗА ГЕНАМИ КЛАСТЕРА *Gy*, ЩО КОДУЮТЬ ГЛІЦИНІН

Одним з найбільш важливих та промислово перспективних білків сої є гліцинін. Вміст його в бобах визначає якість соєвих продуктів. Досліджено різноманіття українських та іноземних сортів сої за генами кластера *Gy*, що кодують гліцинін.

Ключові слова: *соя, гліцинін кодуючі гени, різноманіття генів.*

УДК 633.791:575.113

Венгер А. Н., Колесник О. А., Файт В. И. Селекционно-генетический институт — Национальный центр семеноведения и сортоизучения, Одесса

e-mail: venger87@ukr.net, emerald-olga@ukr.net, faygen@ukr.net

РАЗНООБРАЗИЕ СОРТОВ СОИ (*GLYCINE MAX* L.) ПО ГЕНАМ КЛАСТЕРА *Gy*, КОДИРУЮЩИМ ГЛИЦИНИН

Одним из наиболее важных и промышленно перспективных белков сои является глицинин. Содержание его в бобах определяет качество соевых продуктов. Исследовано разнообразие украинских и иностранных сортов сои по генам *Gy*, кодирующим глицинин.

Ключевые слова: *соя, глицининкодирующие гены, разнообразие генов.*

УДК 575.11.113:854.78

А. Є. СОЛОДЕНКО, к. б. н., пров. наук. співроб.,

В. І. ФАЙТ, д. б. н., заст. дир. ін-ту, зав. від.

СГІ–НЦНС, Одеса

e-mail: angelika_solo@yahoo.com

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕСТ-ПАНЕЛІ МІКРОСАТЕЛІТНИХ ЛОКУСІВ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ГЕНОТИПІВ СОНЯШНИКУ (*HELIANTHUS ANNUUS* L.)

Проведено ДНК-типуювання шести гібридів соняшнику F_1 , занесених до Реєстру сортів рослин України на 2006–2012 рр., та семи інбредних ліній соняшнику селекції СГІ–НЦНС за МС локусами ідентифікаційної тест-панелі. Отримані алельні характеристики гібридів F_1 'Антрацит', 'Анонс', 'Завіт', 'Зубр', 'Одеський 249', 'Романтик' за новими 23 МС локусами. Визначено сім локусів — ORS 297, ORS 537, ORS 710, ORS 772, ORS 965–1, ORS 1128, ORS 543 — для підвищення ідентифікуючого потенціалу тест-панелі.

Ключові слова: мікросателітні локуси, маркерна тест-система, соняшник, гібриди, лінії.

Вступ. Аналіз молекулярно-генетичного поліморфізму дозволяє оцінити генетичне різноманіття, класифікувати вихідний селекційний матеріал, маркувати гени господарсько цінних ознак, а також здійснювати генетичний моніторинг в селекції та насінництві. У більшості випадків ідентифікацію інбредних ліній і гібридів соняшнику проводять за морфологічними ознаками, але вони не завжди дають можливість диференціювати близькі за походженням зразки, виявити приховану генетичну мінливість та провести аналіз однорідності вихідного матеріалу. Крім того, число морфологічних ознак обмежено та вони не завжди стабільно відтворюються в різних умовах вирощування. Зростання кількості генотипів соняшнику, що надходять на держвипробування, та нагальна необхідність забезпечити реєстрацію, а також зменшення мінливості за морфологічними ознаками призводить до надмірного збільшення витрат на ідентифікацію матеріалу і визначення його новизни. Тому надзвичайно актуальним є вдосконалення процедури визначення сортів, ліній та гібридів застосуванням ДНК-типуювання. Це надасть можливість ідентифікувати інбредні лінії та гібриди соняшнику вітчизняної селекції за МС локусами та створити базу даних алельного складу досліджених генотипів за протестованими локусами. Такий підхід є оптимальним для характеристики генотипу, і тому практичний інтерес становить розробка системи мікросателітних (МС) маркерів та її використання для ідентифі-

кації генотипів культури. За результатами попередніх досліджень запропонована тест-панель для ідентифікації генотипів соняшнику загалом складається з 15 МС локусів [1; 2]. Враховуючи те, що процес створення селекційних ліній та гібридів постійно триває, зокрема і шляхом залучення нового генетичного матеріалу, існує потреба в перевірці ефективності розробленої системи маркерів.

Мета даної роботи полягала в ДНК-типванні гібридів і ліній соняшнику за новими МС локусами та удосконаленні ідентифікаційної тест-панелі.

Методика. Досліджували інбредні лінії ОС 1011, ОС 1019, ОС 1029, Од 3171, Од 5350, Од 5545, Од 1004, що залучені в селекційну програму в якості батьківських форм при створенні гібридів, та гібриди F_1 селекції СГ–НЦНС: 'Антрацит', 'Анонс', 'Завіт', 'Зубр', 'Одеський 249', 'Романтик'. ДНК виділяли з проростків цетавлоновим методом. Ампліфікацію здійснювали на приладі «Терцик» (ДНК-технологія, РФ). Склад реакційної суміші: буфер для DreamTaq полімерази, 1 одиниця активності DreamTaq полімерази (Fermentas, Литва), 0,2 мкМ кожного праймера, 0,2 мМ кожного dNTP, 20 нг ДНК. Умови ампліфікації: початкова денатурація 2 хв при 94 °С; 30 циклів — 20 сек при 60 °С, 30 сек при 72 °С, 20 сек при 92 °С; фінальна елонгація 5 хв. Електрофоретичне розподілення продуктів ампліфікації проводили в поліакриламідному гелі (10 % акриламід, 1 x трис-боратний буфер) з наступною візуалізацією азотно-кислим сріблом. Документували отримані електрофореграми цифровою відеокамерою. Молекулярний розмір фрагментів ДНК визначали за допомогою програми «GelAnalyzer 2010» відносно маркерів довжини фрагментів ДНК: ladder 100 b. p., pUC 19 / MspI. Інформацію про нуклеотидні послідовності праймерів для аналізу мікросателітних локусів отримали з бази даних [3].

Результати досліджень та обговорення. Будь-яка тест-система має перебувати під постійним моніторингом щодо її ефективності. Панель мікросателітних локусів, яка була запропонована для ідентифікації та паспортизації генотипів [2], містила локуси *ORS 78*, *ORS 815*, *ORS 533*, *ORS 307*, *ORS 599*, *ORS 3*, *ORS 4*, *ORS 595*, *ORS 546*, *ORS 409*, *ORS 1024*, *ORS 509*, *Ha 1796*, *Ha 1608*, *Ha 1209*. Першу модифікацію зазначений набір маркерів зазнав у зв'язку з неможливістю стабільного отримання продуктів ампліфікації за локусом *Ha 1209*, який було замінено на *ORS 602*. Змінена тест-панель була доповнена маркером *ORS 364* та апробована на вибірці інбредних ліній та гібридів F_1 української селекції [4]. Використання пари праймерів до локусу *ORS599* не дало можливості отримувати відтворювані спектри ампліфікації, а для локусів *ORS 602* та *ORS 364* визначили досить незначний рівень показника індексу поліморфності — 0,095 та 0,465 відповідно, у зв'язку з чим зазначені локуси не використовували в подальших дослідженнях.

ДНК генотипування за мікросателітними маркерами ідентифікаційної тест-панелі розширеної вибірки генотипів, серед яких значна частина — гібриди закордонної селекції та інбредні лінії соняшнику більш пізніх років створення [5], дало підставу визнати розроблену раніше маркерну систему для виявлення генетичного різноманіття ліній та гібридів соняшника сучасної селекції недостатньою та зумовило необхідність продовження пошуку мікросателітних локусів з високими показниками інформаційної цінності.

З метою ДНК-типування ліній і гібридів за новими МС локусами та подальшого удосконалення ідентифікаційної тест-панелі, поповнення бази даних алельних характеристик генотипів досліджували насіння семи інбредних ліній: ОС 1011, ОС 1019, ОС 1029, Од 3171, Од 5350, Од 5545, Од 1004 і шести гібридів F_1 селекції СГІ–НЦНС: 'Антрацит', 'Анонс', 'Завіт', 'Зубр', 'Одеський 249', 'Романтик'. Ці лінії останнім часом активно залучаються в селекційні програми відділу селекції та насінництва гібридного соняшнику СГІ–НЦНС в якості батьківських форм для створення гібридів, стійких до несправжньої борошнистої роси, вовчка та страхових гербіцидів, тому було визнано доцільним доповнення тест-панелі МС маркерами *ORS 710* та *ORS 1036*, що виявляють поліморфізм у генотипів різного походження і зчеплені з генами стійкості до несправжньої борошнистої роси Pl_{ARG} та кластером генів стійкості до вовчка *Or* відповідно [6–8].

Поліморфізм між лініями даної вибірки виявлено тільки за чотирма з 15 мікросателітних локусів, що досліджували: *ORS 78*, *ORS 815*, *ORS 546*, *ORS 509* (табл. 1). У локусах *ORS 78* та *ORS 815* виявлено три алеля, в локусах *ORS 546* та *ORS 509* — два алеля. Зазначені МС маркери є найбільш ефективними для диференціації та ідентифікації генотипів соняшнику української та закордонної селекції [3–5].

Інбредні лінії ОС 1004, ОС 1011, ОС 1019 та ОС 1029 характеризуються ідентичними спектрами за чотирма локусами: *ORS 78*, *ORS 815*, *ORS 546*, *ORS 509* (алелі 168, 187, 211 та 178 п. н. відповідно). Лінія ОС 3171 відрізняється від вищенаведених ліній алелями двох локусів: *ORS 78* та *ORS 546* (162 та 216 п. н. відповідно), Од 5545 — трьох МС: *ORS 78*, *ORS 815*, *ORS 509* (171, 193 та 192 п. н. відповідно), Од 5350 — за всіма чотирма локусами (*ORS 78*–162, *ORS 815*–184, *ORS 546*–216, *ORS 509*–192 п. н.). Незначний рівень генетичного різноманіття ліній, що вивчали, імовірно пов'язаний з їхнім близьким походженням та/або є наслідком добору за комплексом адаптивних ознак до умов Півдня України.

У попередніх дослідженнях [9] гібриди F_1 'Антрацит', 'Анонс', 'Завіт', 'Зубр', 'Одеський 249', 'Романтик' були проаналізовані за мікросателітними локусами: *ORS 78*, *ORS 815*, *ORS 533*, *ORS 307*, *ORS 1036*, *ORS 3* та *ORS 4*, з яких лише три (*ORS 78*, *ORS 815*, *ORS 1036*) були поліморфними. В даній роботі було продовжено аналіз гібридів ще за сімома іншими мікросателітними локусами ідентифікаційної тест-панелі: *ORS 595*, *ORS 546*, *ORS 1024*, *ORS 409*, *ORS 509*, *Ha 1608*, *Ha 1796*.

Таблиця 1

Алелі (п. н.) МС локусів у досліджених ліній соняшнику

Локус	ОС 1011	ОС 1019	ОС 1029	Од 3171	Од 5350	Од 5545	Од 1004
ORS 78	168-168	168-168	168-168	162-162	162-162	171-171	168-168
ORS 815	187-187	187-187	187-187	187-187	184-184	193-193	187-187
ORS 533	112-112	112-112	112-112	112-112	112-112	112-112	112-112
ORS 307	124-124	124-124	124-124	124-124	124-124	124-124	124-124
ORS 1036	242-242	242-242	252-252	242-242	242-242	242-242	242-242
ORS 3	229-229	229-229	229-229	229-229	229-229	229-229	229-229
ORS 4	160-160	160-160	160-160	160-160	160-160	160-160	160-160
ORS 595	134-134	134-134	134-134	134-134	134-134	134-134	134-134
ORS 546	211-211	211-211	211-211	216-216	216-216	211-211	211-211
ORS 409	125-125	125-125	125-125	125-125	125-125	125-125	125-125
ORS 1024	236-236	236-236	236-236	236-236	236-236	236-236	236-236
ORS 509	178-178	178-178	178-178	178-178	192-192	192-192	178-178
Ha 1796	178-178	178-178	178-178	178-178	178-178	178-178	178-178
Ha 1608	187-187	187-187	187-187	187-187	187-187	187-187	187-187
ORS 710	145-145	145-145	145-145	145-145	145-145	145-145	145-145

За результатами ДНК-типуювання у гібридів соняшнику виявлено алельні відмінності за трьома з семи досліджених МС локусів, а саме: *ORS 546*, *ORS 509*, *Ha 1796* (табл. 2). Локус *ORS 509* є більш поліморфним. В наданій вибірці генотипів за цим мікросателітом детектовано чотири алельних варіанти. За локусом *ORS 509* всі гібриди, за виключенням гібрида 'Зубр' (генотип 172-192 п. н.), є гомозиготами за алелями 178, 189 або 192 п. н. У локусі *ORS 546* — два алельні варіанти 211 і 216 п. н. Всі гібриди виявилися гомозиготами. За локусом *Ha 1796* у гібридів 'Антрацит' і 'Зубр' не визначено фрагментів ампліфікації, що може свідчити про мутацію в одному з сайтів гібридизації відповідних праймерів та появу «нуль»-алелів.

Таблиця 2

Алельний склад досліджених гібридів за МС локусами (п. н.)

Локус	'Антрацит'	'Анонс'	'Завіт'	'Зубр'	'Одеський 249'	'Романтик'
ORS 595	134-134	134-134	134-134	134-134	134-134	134-134
ORS 546	216-216	211-211	211-211	211-211	211-211	216-216
ORS 1024	236-236	236-236	236-236	236-236	236-236	236-236
ORS 409	125-125	125-125	125-125	125-125	125-125	125-125
ORS 509	189-189	178-178	189-189	172-192	178-178	192-192
Ha 1608	187-187	187-187	187-187	187-187	187-187	187-187
Ha 1796	н. в.*	244-244	178-178	н. в.*	178-178	178-178

Примітка. * Фрагменти ампліфікації не виявлено.

Отже за результатами даного та попереднього ДНК-типуювання [9] вивчені гібриди соняшнику селекції СГІ-НЦНС розрізняються за алельним складом шести поліморфних мікросателітних локусів, тобто такі локуси є придатними для диференціації досліджуваного матеріалу.

Для підвищення ідентифікаційного потенціалу тест-панелі, її доповнення маркерами, оцінювали поліморфізм шести вищенаведених гібридів F₁ селекції СГП–НЦНС: 'Антрацит', 'Анонс', 'Завіт', 'Зубр', 'Одеський 249', 'Романтик' — за 23 новими МС локусами геному соняшнику: *ORS 543*, *ORS 610*, *ORS 710*, *ORS 728*, *ORS 965–1*, *ORS 1128*, *ORS 1182*, *ORS 772*, *ORS 316*, *ORS 503*, *ORS 871*, *ORS 297*, *ORS 386*, *ORS 403*, *ORS 534*, *ORS 537*, *ORS 528*, *ORS 445*, *ORS 385*, *ORS 323*, *ORS 295*, *ORS 1038*, *ORS 481*. Виявлені поліморфні локуси, які дозволяють диференціювати досліджені гібриди: в локусі *ORS 965–1* визначено чотири (рис. а), в *ORS 543* — три (рис. б), у *ORS 710*, *ORS 772*, *ORS 871*, *ORS 297*, *ORS 537* — по два алеля.

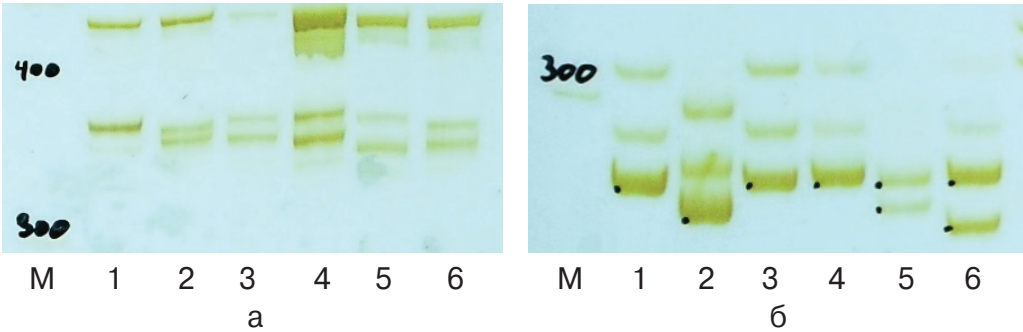


Рис. Электрофореграма продуктів ампліфікації ДНК гібридів соняшнику за локусами *ORS 78* (а) і *ORS 815* (б): М — маркер молекулярної маси (ladder 100 b. p.); 1 — 'Антрацит'; 2 — 'Анонс'; 3 — 'Завіт'; 4 — 'Зубр'; 5 — 'Одеський 249'; 6 — 'Романтик'

Визначено високий рівень гетерозиготності для всіх гібридів, за винятком гібрида 'Антрацит', який є гомозиготним за шістьма МС локусами. Гібрид 'Завіт', навпаки, є гетерозиготним за п'ятьма локусами з семи, що виявляють поліморфізм у даній вибірці генотипів. Отримані алельні характеристики гібридів соняшнику за означеними локусами (табл. 3).

Таблиця 3

Алелі МС локусів у досліджених гібридів соняшнику (п. н.)

Гібрид	Алелі за локусом <i>ORS</i>						
	543	710	772	1128	297	537	965–1
'Антрацит'	250–250	145–145	150–150	200–200	205–205	167–170	365–365
'Анонс'	245–245	140–145	148–150	200–200	200–200	170–170	360–365
'Завіт'	250–250	145–145	148–150	200–204	200–205	167–170	360–367
'Зубр'	250–250	145–145	148–148	200–200	200–205	170–170	360–367
'Одеський 249'	245–250	145–145	148–148	200–200	200–205	170–170	355–367
'Романтик'	240–250	140–140	148–148	200–204	200–200	170–170	360–365

Сукупність алелів за дослідженими локусами є унікальною для кожного проаналізованого гібрида.

Висновки. За результатами дослідження рекомендуємо оптимізувати тест-панель для ДНК-типуювання гібридів та ліній соняшнику для підвищення ідентифікаційної спроможності шляхом виключення неполіморфних локусів *ORS 4*, *ORS 307*, *ORS 595*, *Ha 1608*, *ORS 1024* і *ORS 3*, а також доповнення MC локусами *ORS 543*, *ORS 965–1*, *ORS 710* і *ORS 1036* та продовжити пошук мікросателітних маркерів з високими показниками інформаційної цінності.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Солоденко А. Е., Саналатий А. В., Сиволап Ю. М. Идентификация генотипов подсолнечника с помощью микросателлитных маркеров. *Цитология и генетика*. 2004. Т. 38, № 2. С. 15–19.
2. Сиволап Ю. М., Волкодав В. В., Бальвінська М. С. та ін. Ідентифікація і реєстрація генотипів м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L.), ячменю (*Hordeum vulgare* L.), кукурудзи (*Zea mays* L.), соняшника (*Helianthus annuus* L.) за допомогою аналізу мікросателітних локусів: методичні рекомендації. Одеса: ТОВ «Зовнішрекламсервіс», 2004. 14 с.
3. Tang S., Knapp S. Microsatellites uncover extraordinary diversity in native American land races and wild population of cultivated sunflower. *Theor. Appl. Genet.* 2003. V. 106. P. 990 –1003.
4. Саналатий А. В., Солоденко А. Е., Сиволап Ю. М. Идентификация генотипов подсолнечника украинской селекции при помощи SSRP-анализа. *Цитология и генетика*. 2006. Т. 40, № 4. С. 37–43.
5. Солоденко А. Е. Мікросателітні маркери в дослідженні генетичного різноманіття ліній та гібридів соняшника. *Вісник ОНУ*. 2011. Біологія. Т. 16, випуск 6. С. 42–48.
6. Wieckhorst S., Bachlava E., Duble C. et al. Fine mapping of the sunflower resistance locus PI_{ARG} introduced from the wild species *Helianthus argophyllus*. *Theor. Appl. Genet.* 2010. V. 121. P. 1633–1644.
7. Солоденко А. Е., Бурлов В. В., Сиволап Ю. М. Маркери гена стійкості соняшника до несправжньої борошнистої роси. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Серія: Біологія. 2014. Випуск 3 (33). С. 59–65.
8. Солоденко А. Е., Файт В. І. Ідентифікація джерел стійкості соняшника до несправжньої борошнистої роси та вовчка за ДНК-маркерами. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Серія: Біологія. Випуск 3 (39). 2016. С. 57–63.
9. Трояновська А. В., Солоденко А. Е., Сиволап Ю. М. Детекція поліморфізму соняшнику за мікросателітними локусами. *Збірник наукових праць СГП–НЦНС*. 2012. Випуск 19 (59). С. 102–106.

Надійшла 12.11.2018

UDC 575.11.113:854.78

Solodenko A. Ye., Fayt V. I. Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigations, Odesa
e-mail: faygen@ukr.net

IMPROVEMENT OF SSR TEST-PANEL FOR IDENTIFICATION OF SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) GENOTYPES

DNA typing of seven sunflower inbred lines selected in Plant Breeding and Genetics Institute (Odessa, Ukraine) for SSR identification test-panel was carried out. It was got the allelic characteristics for 23 SSR loci that are not included in test-panel of six hybrids. Seven loci (*ORS297*, *ORS537*, *ORS710*, *ORS772*, *ORS965–1*, *ORS1128*, *ORS543*) were defined to improve an identification potential of test-panel. It was proposed to add to the identification test-panel *ORS710* and *ORS1039* SSR loci And it was suggested to replace non-polymorphic SSR loci *ORS1024* and *ORS3* with *ORS543*, *ORS965–1*.

Key words: *microsatellite markers, test-system, sunflower, hybrids, lines.*

УДК 575.11.113:854.78

Солоденко А. Е., Файт В. И. Селекционно-генетический институт — Национальный центр семеноведения и сортоизучения, Одесса
e-mail: faygen@ukr.net

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕСТ-ПАНЕЛИ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГЕНОТИПОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА (*HELIANTHUS ANNUUS* L.)

Проведено ДНК-типирование шести гибридов подсолнечника F_1 , занесенных в Реестр сортов растений Украины на 2006–2012 гг., и семи инбредных линий подсолнечника селекции СГІ–НЦНС по МС локусам идентификационной тест-панели. Получены аллельные характеристики гибридов подсолнечника F_1 'Антрацит', 'Анонс', 'Завет', 'Зубр', 'Одесский 249', 'Романтик' по новым 23 МС локусам. Определено семь локусов — *ORS 297*, *ORS 537*, *ORS 710*, *ORS 772*, *ORS 965–1*, *ORS 1128*, *ORS 543* — для улучшения идентифицирующего потенциала тест-панели.

Ключевые слова: *микросателлитные локусы, маркерная тест-система, подсолнечник, гибриды, линии.*

БІОХІМІЯ

УДК 633.16:577.181.5

О. Л. ГАРКОВИЧ, к. б. н, доц.,
Г. В. КРУСІР, д. т. н., проф.,
І. О. КУЗНЕЦОВА, к. т. н., доц.,
М. М. МАДАНИ, к. т. н., доц.,
І. П. КОНДРАТЕНКО, асист.
Одеська нац. акад. харч. техн., Одеса
e-mail: garkovith@outlook.com
e-mail: krussir.65@gmail.com

ВПЛИВ ГОРДЕЦИНУ ЯЧМЕНЮ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ РОСТОВИХ ПРОЦЕСІВ У ПРОРОСТКІВ ЯЧМЕНЮ ЗВИЧАЙНОГО (*HORDEUM VULGARE* L.) ТА КУКУРУДЗИ (*ZEА MAYS* L.)

Із зерна ячменю звичайного був виділений, очищений методом ВЕРХ та ідентифікований гордецин. Виділяли його з трьох джерел: сухого зерна (20 г), пророслого зерна (20 г) та води, що залишилася після пророщування зерна (20 мл). Вихід у середньому становив від 24,6 мг до 54,6 мг. Виявлено, що передпосівна обробка розчинами гордецину насіння кукурудзи затримує його проростання, розвиток і ріст проростків, однак не впливає за тих же умов на насіння ячменю.

Ключові слова: ячмінь звичайний (*Hordeum vulgare* L.), гордецин, біологічна активність, кукурудза (*Zea mays* L.).

Вступ. У процесі еволюції у рослин виробилися різноманітні захисні реакції на вплив патогенів: вірусів, актиноміцетів, грибів, бактерій. Такими реакціями можуть бути фізичні: фенотипові, морфологічні, структурні зміни в органах і тканинах, а також можлива поява в клітинах рослин-господарів біохімічних метаболітів і білків, які здатні пригнічувати розвиток певних патогенів [1]. Позитивні результати отримані при використанні таких біологічно активних речовин у боротьбі з хворобами сільськогосподарських культур — сіянців сосни, бавовнику, овочевих культур, садових кісточкових порід та ін. Доведена також можливість практичного застосування цих речовин задля загального оздоровлення ґрунту [2; 3].

Відомо, що антибіотики природного походження є альтернативним засобом захисту рослин від хвороб. У тканинах рослин їхня біологічна активність виявляється значно сильніше, ніж у тканинах тварин. Антибіотики мають вибіркову дію, знижуючи тим самим рівень шкідливого

впливу на рослину [4]. Саме тому нині потрібно розширити дослідження з пошуку речовин, що виявляють антимікробну та антивірусну активність. Джерелами отримання подібних речовин є рослини, зокрема і злакові, до яких належить ячмінь [5].

Ячмінь здавна використовувався для лікування запальних хвороб завдяки наявності у ньому антимікробних сполук. Для промислового виробництва рослинних антибіотиків перш за все потрібно виявити його джерело (сировину). З цією метою був проведений скринінг на вміст гордецину в районованих і перспективних сортах ячменю колекції Всеросійського науково-дослідного інституту зернобобових і круп'яних культур та виявлено, що в середньому вихід гордецину в озимих сортах ячменю становить 0,62, ярих 1,18 %. Скринінг генетичної колекції ячменю довів, що генотипи ячменю суттєво різняться за вмістом гордецину. Діапазон даних становить 1–12 мг/г. Виявлено позитивний кореляційний взаємозв'язок між вмістом гордецину та стійкістю ячменю до борошнистої роси, гельмінтоспориозу та іржі [6]. Це дає можливість відбору відповідних за даними ознаками сортів ячменю для включення їх у програму з виділення антимікробних сполук. Слід окремо зазначити, що на території України таких досліджень не проводилося.

Окрім того, залишається недостатньо вивченим вплив гордецину на внутрішньовидову та міжвидову взаємодію між рослинами. Адже знання, які маємо щодо алелопатичних взаємозв'язків всередині сільськогосподарських агроценозів, нині є неабиякою цінністю. Це є основою для подальших розробок популярних нині біологічних методів захисту сільськогосподарської флори, в яких використовуються фітогенні виділення.

Метою роботи було виділити гордецин із зерна ячменю та дослідити його вплив на інтенсивність ростових процесів проростків ячменю і кукурудзи.

Матеріал та методи. Об'єкти досліджень — зерно сорту ячменю ярого 'Інклюзив' (Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН), насіння сорту ячменю озимого 'Паллідум 77' (Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла НААН), насіння кукурудзи гібрида 'Одеський 385 МВ' (Селекційно-генетичний інститут — Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення), внесених до Реєстру сортів України [7].

Виділяли гордецин за методикою Н. В. Новотельного і І. С. Єжова з модифікацією, запропонованою Є. В. Костромічевою [6; 8].

Препаративну очистку виділеного препарату гордецину здійснювали методом вискоєфективної рідинної хроматографії [9]. Умови: колонка — Ultrasil-Si (250 x 7,8; 10 мкм); рухома фаза — 97,5 % гексан + 2,5 % ізопропанол; швидкість потоку — 2 мл/хв; проба, що наноситься на колонку — 2 мл; детектування — УФ при 260 нм

У лабораторних дослідженнях використовували стандартні методи аналізу: визначення спектрів поглинання світла [10]; флуоресценцію розчинів в ультрафіолетовому світлі [11].

Дослідження проводилися на водних культурах. Пророщували оброблене насіння ячменю та кукурудзи в рулонах фільтрувального паперу за ДСТУ 2240–93 [12].

Результати статистично аналізували за істотністю різниці вибірових середніх за t-критерієм Стюдента. Розбіжності вважали вірогідними за $P < 0,05$.

Результати та обговорення. Використовуючи результати попередніх досліджень [6] з виявлення позитивного кореляційного взаємозв'язку між вмістом гордецину і стійкістю ячменю до борошнистої роси, гельмінтоспоріозу та іржі, для своїх досліджень обрали сорт ярого ячменю — 'Інклюзив', пивоварного призначення [7].

Виділяли гордецин із зерна 'Інклюзиву' за вже зазначеною методикою [6; 8] з трьох джерел: сухе зерно (20 г), проросле зерно (20 г) та вода (20 мл), що залишилася після пророщування зерна.

Отримана речовина гордецин — масляниста рідина коричневого та світло-коричневого кольору, має специфічний запах меду і житнього хліба. Після виділення гордецину визначили його масу і виявили, що в середньому вихід гордецину з різних джерел становить від 24,6 до 54,6 мг (табл. 1).

Таблиця 1

Результати скринінгу джерел на вміст гордецину, виділеного з сорту ячменю ярого 'Інклюзив'

Джерело	Кількісні характеристики	Маса одержаного препарату, мг	Сума, мг
Повітряно-сухе зерно (m = 20 г)	ефірна фракція	30,1	57,4
	карбонатна фракція	27,3	
Проросле зерно (m = 20 г)	ефірна фракція	54,6	97,5
	карбонатна фракція	42,9	
Вода після пророщування (v = 20 мл)	ефірна фракція	36,1	60,7
	карбонатна фракція	24,6	

Як бачимо з одержаних даних, найбільша маса гордецину спостігається саме під час проростання ячменю, що узгоджується з даними літератури. Було виявлено, що в середньому вихід карбонатної фракції з озимих сортів ячменю становить 0,2, з ярих — 0,3 %. Вихід ефірної фракції з озимих форм — 0,4, з ярих — 0,9 % [6]. Перспективним, на наш погляд, джерелом одержання гордецину є вода, що залишається у великій кількості після пророщування зерна на пивоварних заводах.

Препаративну очистку виділеного гордецину здійснювали методом високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі Gilson 30X (Франція). Препаративна хроматограма препарату довела, що спиртовий екстракт обох фракцій містить кілька піків. Виявлені на хроматограмі фракції збирали у круглодонні колби, випарювали досуха при темпера-

турі 25 °С. Для ідентифікації піка, що відповідає гордецину, використали той факт, що очищений препарат в УФ області спектра містить плато на рівні 260–275 нм [13]. Для цього 1 мл відповідної досліджуваної фракції розчиняли у 5 мл 96 % етилового спирту і наносили на колонку. Аналітична хроматограма містить тільки один пік, що свідчить про чистоту отриманого препарату (рис. 1).

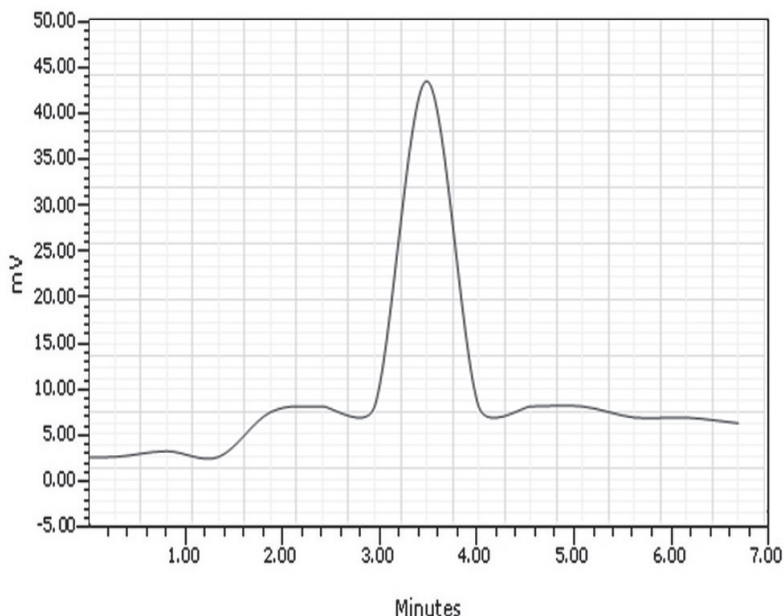


Рис. 1. Хроматограма спиртового екстракту ефірної фракції гордецину з пророслого зерна ячменю. Умови: колонка — Ultrasil-Si (250 x 7,8; 10 мкм); рухома фаза — 97,5 % гексан + 2,5 % ізопропанол; швидкість потоку — 2 мл/хв; проба, що наноситься на колонку — 2 мл; детектування — УФ при 260 нм

Порівняти спектри поглинання виділеного нами гордецину зі спектрами еталонної речовини ми здійснити не змогли. Для ідентифікації використали вже існуючі, наведені в джерелах [6; 13], а також брали до уваги, що очищений гордецин в УФ області спектра містить плато на рівні 260–275 нм. При цьому було забезпечено стандартність умов реєстрації спектрів, спосіб підготовки проби, розчинник, агрегатний стан, температуру вимірювання.

Для цього 1 мл очищеної досліджуваної фракції розчиняли у 5 мл 96 % етилового спирту і вимірювали оптичну густину фільтрату за допомогою спектрофотометра СФ-56 фірми «ОКБ Спектр» (Росія) при довжині хвиль від 180 до 420 нм у кварцовій кюветі з товщиною пропускнуго шару 1 см. Крива поглинання спиртових розчинів гордецину в ультрафіолетовій частині спектра має характерний пік у межах 250–275 нм (рис. 2).

Спиртові розчини гордецину дають блакитну флуоресценцію в ультрафіолетовому світлі (рис. 3), що також узгоджується з літературними даними [13].

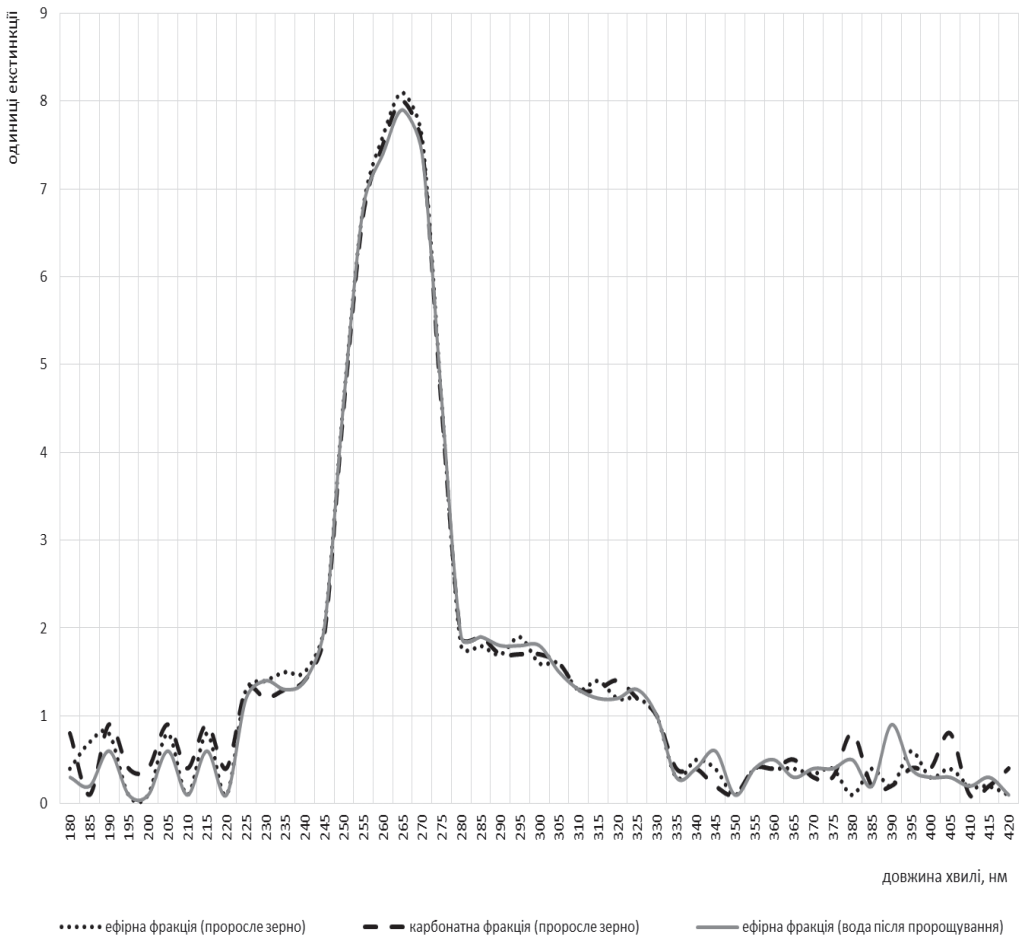


Рис. 2. УФ-спектр поглинання світла етанольних розчинів препарату гордецину. Спектри отримано у кварцовій кюветі з товщиною пропускнуго шару 1 см за допомогою спектрофотометра СФ-56



Рис. 3. Блакитна флуоресценція спиртового екстракту ефірної фракції гордецину з пророслого зерна ячменю сорту 'Інклюзив' в ультрафіолетовому світлі

Отже, на підставі аналізу хроматограм, спектрів поглинання та флуоресценції в ультрафіолетовому світлі можна стверджувати, що виділені фракції є гордецином.

Паралельно досліджувався вплив гордецину на ростові процеси. Для цього використовували насіння ячменю озимого 'Паллідум 77' та кукурудзи гібрида 'Одеський 385 МВ'. Насіння пророщували на фільтрувальному папері, змоченому бідистильованою водою [12]. Для створення необхідних умов пророщування використовувався термостат ТСвЛ-80 фірми МІЗ-МА (Україна). Вирощування здійснювалося за температури 25 °С та 12-годинного світлового дня. На рисунках та у таблицях подаються середні арифметичні значення 3 незалежних дослідів, кожен із яких мав триразову повторність.

Для вивчення впливу гордецину перед висівом обробляли насіння ячменю (100 шт.) та кукурудзи (50 шт. для кожного варіанта дослідів) розчином у концентраціях — 0,1, 0,01 і 0,001 г/л. Контролем були рослини, вирощені на бідистильованій воді. За 1, 3, 5 діб від початку проростання насіння вимірювали довжину та масу коренів і пагонів проростків.

Біологічна активність гордецину і його фракцій не виявляється в дії на показники проростання насіння представників одного виду, в тому числі на ріст і розвиток рослин ячменю сорту 'Паллідум 77' (рис. 4).

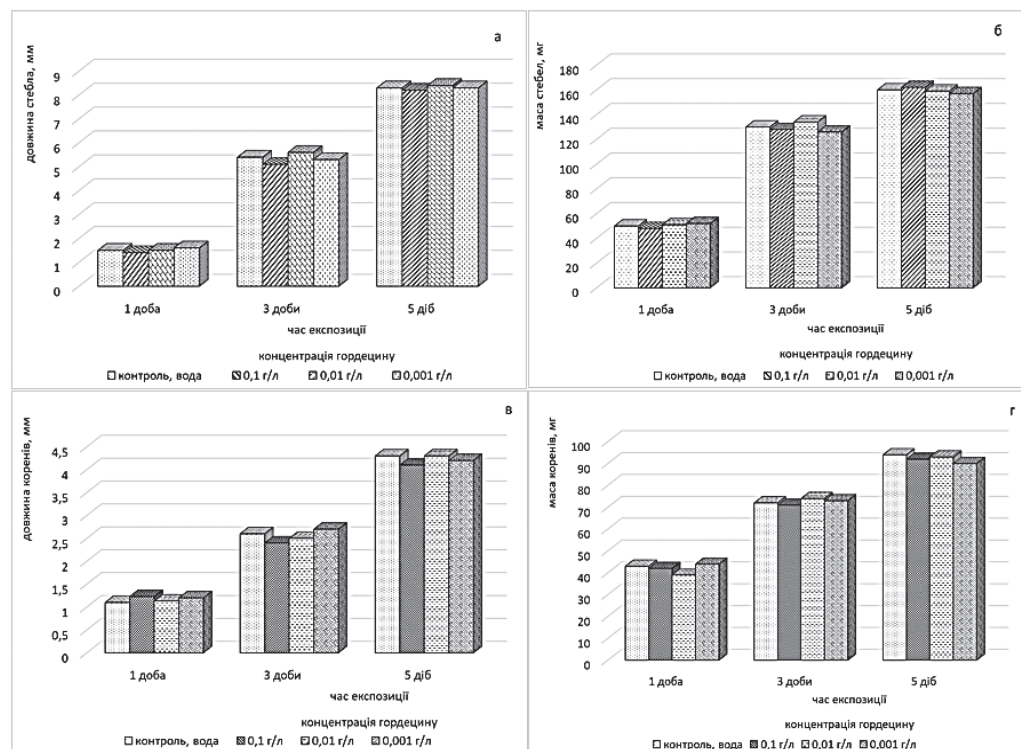


Рис. 4. Вплив гордецину на ріст і розвиток рослин сорту ячменю озимого 'Паллідум 77'.

* — $P < 0,05$ вірогідно відмінне у порівнянні з групою контролю

Виявлено, що довжина та маса коренів і пагонів проростків ячменю, оброблених гордецином, на 1, 3 та 5 добу вірогідно не відрізняється від даних групи контролю.

Отже це свідчить про сприятливі умови внутрішньовидових взаємин, адже для агрофітоценозів такі відносини мають особливе значення, оскільки переважна більшість посівів сільськогосподарських культур є моновидовими.

Передпосівна обробка насіння кукурудзи розчинами гордецину затримує розвиток проростків, про що свідчать менша довжина та менша маса пагонів і коренів (рис. 5). Виявлено, що довжина коренів та пагонів проростків кукурудзи на 5-ту добу, оброблених гордецином у концентрації 0,001 г/л, знижується порівняно з контролем у 4 рази (табл. 2). Обробка гордецином насіння у концентраціях 0,01 та 0,1 г/л призводила практично до повного інгібування ростових процесів у тих же часових рамках.

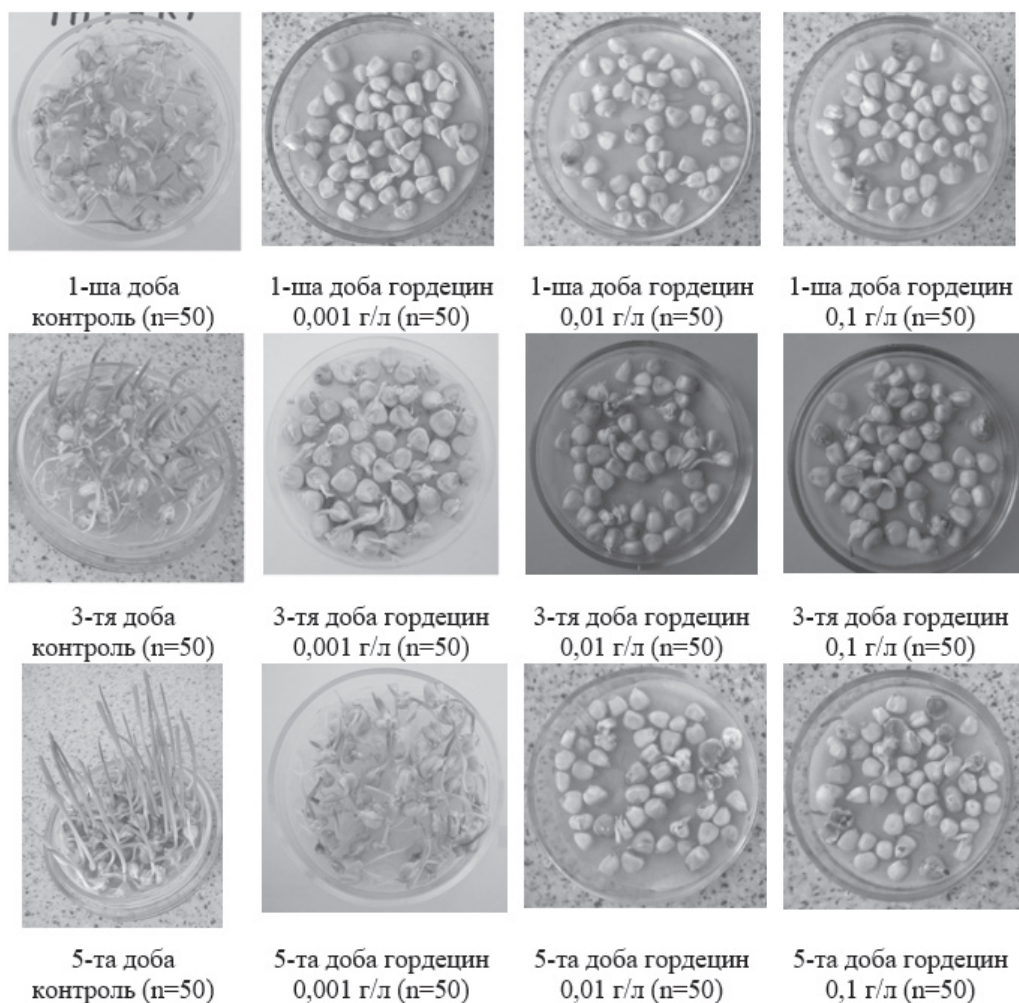


Рис. 5. Вплив гордецину на ріст і розвиток рослин кукурудзи гібрида 'Одеський 385 МВ'

Таблиця 2

Вплив гордецину на проростки кукурудзи гібрида 'Одеський 385 МВ' на 5-ту добу

Варіант обробки насіння	Схожість насіння (n)	Довжина пагонів, мм	Маса пагонів, г	Довжина коренів, мм	Маса коренів, г
Контроль (n = 50)	48,3 ± 0,8	76,5 ± 4,2	8,4 ± 1,3	14,5 ± 1,3	3,6 ± 0,8
Гордецин, 0,001 г/л (n = 50)	13,7 ± 1,5*	19,3 ± 2,8 *	2,8 ± 0,4 *	3,6 ± 0,02 *	0,9 ± 0,01*
Гордецин, 0,01 г/л (n = 50)	6,7 ± 0,6*	0,6 ± 0,2 *	0,4 ± 0,01 *	1,3 ± 0,06*	0,04 ± 0,006*
Гордецин, 0,1 г/л (n = 50)	4,3 ± 0,5*	0,4 ± 0,2 *	0,3 ± 0,01*	0,9 ± 0,02*	0,02 ± 0,002*

Примітка: * — $P < 0,05$ вірогідно відмінне у порівнянні з групою контролю.

Як видно з наведених результатів досліджень, гордецин, виділений із ячменю, негативно впливає як на загальну кількість проростання, так і довжину та масу зародкових пагонів і коренів кукурудзи.

Висновки. 1. Із зерна сорту ячменю ярого 'Інклюзив' був виділений, очищений методом високоефективної рідинної хроматографії та ідентифікований препарат гордецин. Його виділяли з трьох джерел: сухе зерно, проросле зерно та вода, що залишилася після пророщування зерна. Виявлено, що в середньому вихід гордецину з різних джерел становить від 24,6 до 54,6 мг. Найбільша маса гордецину одержана з пророслого зерна ячменю.

2. Біологічна активність гордецину і його фракцій не виявляється в дії на показники проростання насіння представників одного виду (*Hordeum vulgare*), в тому числі на ріст і розвиток рослин ячменю сорту 'Паллідум 77'. Виявлено, що довжина та маса коренів і пагонів проростків ячменю, оброблених гордецином на 1, 3 та 5 добу, вірогідно не відрізняється від даних групи контролю.

3. Дослідження впливу екзогенного гордецину на рослини іншого виду (*Zea mays*) довело його біологічну активність. Передпосівна обробка насіння кукурудзи гібрида 'Одеський 385 МВ' розчинами гордецину затримує проростання, розвиток та ріст проростків. Виявлено, що довжина коренів та пагонів проростків кукурудзи на 5-ту добу, оброблених гордецином у концентрації 0,001 г/л, знижується порівняно з контролем у 4 рази. Обробка гордецином насіння у концентраціях 0,01 та 0,1 г/л призводила практично до повного інгібування ростових процесів у тих же часових рамках.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Чесноков Ю. В. Устойчивость растений к патогенам. *Сельскохозяйственная биология*. 2007. № 1. С. 16–35.
2. Березняков И. Г. Инфекции и антибиотики: моногр. Харьков: Константа, 2004. 448 с.

3. Popay A. J. *Defensive Mutualism in Microbial Symbiosis*. Boca Raton, FL.: CRC Press, 2009. P. 347–358.
4. Тульчинская В. П., Юргелайтис Н. Г. Растения против микробов. Киев: Урожай, 1981. 64 с.
5. Коношина С. Н. Влияние физиолого-активных веществ высших растений на формирование аллелопатической активности почвы. *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 3. С. 617–624.
6. Костромичева Е. В. Выделение гордецина из зерна ячменя и исследование его биологического действия и взаимосвязи с морфофизиологическими признаками: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.01.05 / Воронежский гос. ун-т. Воронеж, 2013. 28 с.
7. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, на 2018 рік / Міністерство аграрної політики та продовольства України. Київ, 2018. 447 с.
8. Новотельнов Н. В., Ежов И. С. Новый антибиотик гордецин, выделенный из ячменного зерна. *Научные доклады высшей школы*. Биологические науки. 1959. № 3. С. 178–182.
9. Хенке Х. Жидкостная хроматография. Москва: Техносфера, 2009. 264 с.
10. Сильверстейн Р., Вебстер Ф., Кимл Д. Спектрометрическая идентификация органических соединений / пер. с англ. Н. М. Сергеев, Б. Н. Тарасевич. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 557 с.
11. Векшин Н. Л. Флуоресцентная спектроскопия биополимеров. Пущино: Фотон-век, 2008. 168 с.
12. ДСТУ 2240–93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортів та посівні якості. Технічні умови. [Чинний від 1994–07–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1994. 73 с.
13. Ежов И. С. Новый антибиотик гордеин и пути его использования в народном хозяйстве: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 15.03.04 / Ленинградский технолог. ин-т пищевой пром-ти. Ленинград, 1968. 49 с.

Надійшла 15.08.2018

UDC 633.16: 577.181.5

Garkovych O. L., Krusir G. V., Kuznietsova I. O., Madani M. M., Kondratenko I. P. Odessa National Academy of Food Technologies, Odesa
e-mail: garkovith@outlook.com

INFLUENCE OF BARLEY GORDECIN ON THE INTENSITY OF GROWTH PROCESSES IN SEEDLINGS OF BARLEY (*HORDEUM VULGARE* L.) AND MAIZE (*ZEA MAYS* L.)

Gordecin was extracted from grain of common barley, purified by the HPLC method and identified. Gordecin was isolated from three sources: dry grain (20 g), sprouted grain (20 g) and water (20 ml) remaining after grain sprouting. An average gordecin yield from different sources ranges from 24.6 mg to 54.6 mg. It was established that pre-sowing seed treatment of maize

seeds with gordecin solutions delayed their germination, development and growth of sprouts but had no influence on barley seeds in the same conditions.

Key words: *common barley (Hordeum vulgare L.)*, *gordecin*, *biological activity*, *maize (Zea mays L.)*.

УДК 633.16:577.181.5

**Гаркович А. Л., Крусир Г. В., Кузнецова И. А., Мадани М. М.,
Кондратенко И. П.** Одесская нац. акад. пищ. техн., Одесса
e-mail: garkovith@outlook.com

**ВЛИЯНИЕ ГОРДЕЦИНА ЯЧМЕНЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РОСТОВЫХ
ПРОЦЕССОВ У ПРОРОСТКОВ ЯЧМЕНЯ ОБЫКНОВЕННОГО
(*HORDEUM VULGARE L.*) И КУКУРУЗЫ (*ZEА MAYS L.*)**

Из зерна ячменя обыкновенного был выделен, очищен методом ВЭЖХ и идентифицирован гордецин. Гордецин выделяли из трех источников: сухого зерна (20 г), проросшего зерна (20 г) и воды, оставшейся после проращивания зерна (20 мл). Выход в среднем составил от 24,6 до 54,6 мг. Установлено, что предпосевная обработка растворами гордецина семян кукурузы задерживает их прорастание, развитие и рост проростков и не влияет в тех же условиях на семена ячменя.

Ключевые слова: *ячмень обыкновенный (Hordeum vulgare L.)*, *гордецин*, *биологическая активность*, *кукуруза (Zea mays L.)*.

УДК 581.552:633.15:577.152.0

О. Л. ГАРКОВИЧ, к. б. н., доц.,

Г. В. КРУСІР, д. т. н., проф.,

І. П. КОНДРАТЕНКО, асист.,

І. О. КУЗНЕЦОВА, к. т. н., доц.,

М. М. МАДАНИ, к. б. н., доц.

Одеська національна академія харчових технологій, Одеса

e-mail: garkovith@outlook.com

e-mail: krussir.65@gmail.com

ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ПРООКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ КУКУРУДЗИ (*ZEА MAYS L.*) ЗА ОБРОБКИ ГОРДЕЦИНОМ

Досліджено активність прооксидантно-антиоксидантної системи рослин кукурудзи за передпосівної обробки насіння різними концентраціями гордецину. З'ясовано, що гордецин викликає активацію перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) та пригнічує антиоксидантну систему (АОС). Найбільш помітний вплив справляє обробка насіння кукурудзи гордецином у концентраціях 0, 1 та 0,01 г/л.

Ключові слова: кукурудза (*Zea mays L.*), гордецин, прооксидантно-антиоксидантний статус.

Вступ. Проблема хімічної взаємодії рослин охоплює питання синтезу та нагромадження фізіологічно активних речовин, їхнього виділення, руху, перетворення в середовищі і впливу на суміжні рослини в агроценозі. Існують підстави розглядати два механізми дії продуктів вторинного метаболізму на рослини в угрупованнях: за першим — рослини-донори здобувають переваги в засвоєнні хімічних ресурсів; за другим — виділення рослин-донорів призводить до отруєння рослин-реципієнтів. Ефекти від обох впливів підлягають інтерпретації через взаємодію з ресурсами. Це слугує додатковим доказом того, що конкуренція за ресурси й алелопатія діють як нерозривно пов'язані між собою явища [1]. Був проведений аналіз вмісту фізіолого активних речовин в агроценозах, впливу корневих виділень і наземної маси різних рослин на формування алелопатичної активності ґрунтового середовища. Найбільший фітотоксичний ефект спостерігається при дії виділень озимої пшениці, ячменю і кукурудзи. Потрапляючи у рослинний організм, ці речовини викликають стрес-індуковані реакції широкого спектра. Насамперед це призводить до розладу фізіологічних та біохімічних процесів [2; 3].

У рослині під дією одного або кількох стрес-факторів відбувається індукція захисної відповіді, яка дозволяє їй виживати і адаптуватися до змінених умов. Відомий цілий ряд спеціалізованих механізмів, індукованих

рослиною, при дії певного стресора. Однак останнім часом накопичені численні дані про те, що загальним інтегральним процесом, який характеризує негативну дію стресорів різної природи, є посилення генерації активних форм кисню (АФК). Надмірне утворення продуктів перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) призводить до цілого комплексу цитотоксичних ефектів, що включають інактивацію ряду ферментних систем, пригнічення синтезу білка, пошкодження та пригнічення синтезу ДНК, лізис клітинних структур, порушення репродуктивних процесів ділення клітин, ріст та розвиток [4–7].

Ячмінь вирізняється серед інших злакових культур великим набором біологічно активних компонентів, властивих лише цій культурі. Вони є фактором природного імунітету рослини і захищають її від мікробів. У зерні ячменю, в алеїроновому шарі й оболонці, міститься гордецин, який має антибактеріальні властивості [8]. Однак, як було доведено, біологічна активність цієї речовини виявляється і в дії на різні регуляторні процеси, показники посівних якостей насіння, зокрема і на ріст та розвиток рослин [9]. Залишається відкритим питання щодо механізмів впливу гордецину на інші види, зокрема й кукурудзу.

Метою роботи було дослідити вплив гордецину на функціональний стан прооксидантно-антиоксидантної системи проростків кукурудзи.

Матеріал та методи. Об'єкт досліджень — насіння кукурудзи гібрида 'Одеський 385 МВ' (Селекційно-генетичний інститут — Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення), внесеного до Реєстру сортів рослин України [10].

Виділяли гордецин за методикою Н. В. Новотельного і І. С. Єжова у модифікації Є. В. Костромічевої [8; 9].

Насіння пророщували на фільтрувальному папері, змоченому бідистильованою водою [11]. Для створення необхідних умов пророщування використовувався термостат ТСВЛ-80 фірми МІЗ-МА (Україна). Вирощування здійснювалося за температури 25 °С та 12-годинного світлового дня.

Для вивчення впливу гордецину перед сівбою обробляли насіння кукурудзи (50 шт. для кожного варіанту дослідження) його розчином у концентраціях — 0,1, 0,01 і 0,001 г/л. Контролем служили рослини, вирощені на бідистильованій воді. За 1, 3, 5 діб від початку пророщування насіння у проростках визначали розвиток оксидативного стресу та стан антиоксидантної системи рослин.

У лабораторних дослідженнях використовували стандартні біохімічні методи аналізу. Розвиток оксидативного стресу оцінювали за зростанням первинних дієнових кон'югатів (ДК) і вторинних — ТБК-активних продуктів (ТБК-АП) метаболітів ПОЛ. ДК визначали спектрофотометрично за методикою Л. Н. Курганової [12]. Інтенсивність утворення ТБК-АП визначали спектрофотометричним методом за реакцією малонового діальдегіду з тіобарбітуровою кислотою за М. М. Мусієнко [13].

Стан антиоксидантної системи рослин оцінювали за активністю основних ферментів-детоксикаторів АФК. Ферментативну активність супероксиддисмутази (СОД, КФ 1.15.1.11) визначали за рівнем гальмування процесу відновлення нітросинього тетразолію [14], активність каталази (КФ 1.11.1.6) — за кількістю розкладеного перексиду водню [15], а пероксидази (КФ 1.11.1.7) — за швидкістю реакції окиснення бензидину [16].

Результати статистично аналізували за істотністю різниці вибірових середніх за t-критерієм Стюдента. Розбіжності вважали вірогідними за $P < 0,05$. На рисунках та у таблицях подаються середні арифметичні значення з незалежних дослідів, кожен із яких мав триразову повторність.

Результати та обговорення. Динаміка розвитку ПОЛ на дію різних концентрацій гордецину показала загальні характерні особливості. Так, було виявлено зростання первинних продуктів пероксидації — ДК. Найбільш помітний вплив справляє обробка насіння кукурудзи гордецином у концентраціях 0,1 та 0,01 г/л (рис. 1). Як свідчать наші дослідження, вже на першу добу вміст ДК вірогідно збільшився у порівнянні з контрольною групою на 35 і 15 % відповідно. Надалі на 3 та 5 добу організм рослин індукує захисну відповідь щодо гордецину, що і виявляється у незначному зменшенні ДК за цих часових експозицій, однак їхній рівень залишається вірогідно підвищеним відносно контролю.

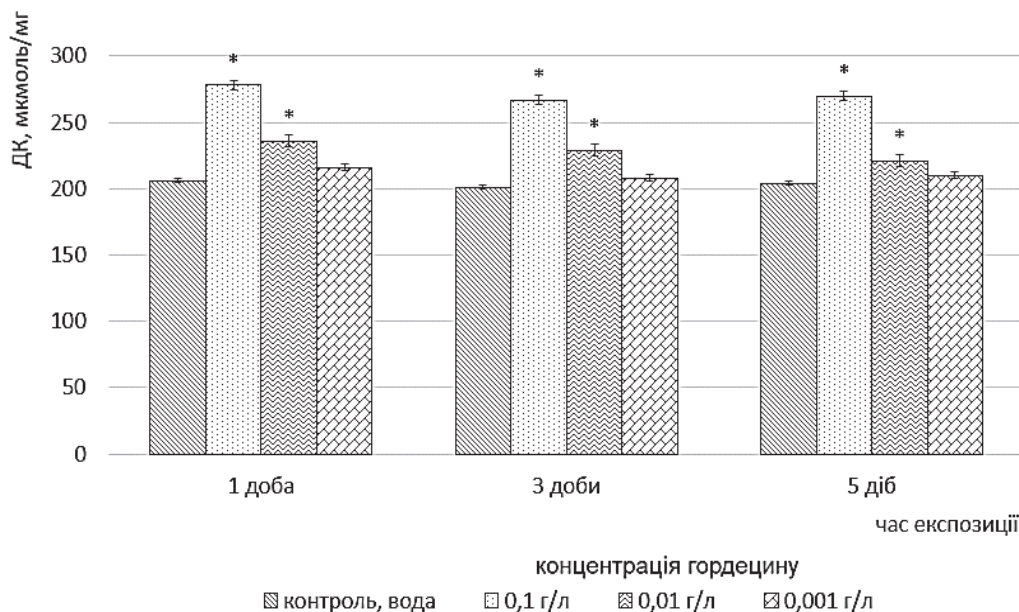


Рис. 1. Концентрація дієнових кон'югатів у проростках кукурудзи за передпосівної обробки насіння розчинами гордецину. * — вірогідно відмінне від відповідних значень контрольної групи з $P < 0,05$ ($n = 3$)

Збільшення концентрації первинних продуктів ПОЛ може свідчити як про стимуляцію вільнорадикального окислення ліпідів, так і про сповільнення деградації вже окислених молекул. Малоновий диальдегід (продукт

окислення ліпідів) взаємодіє з тіобарбітуровою кислотою (ТБК) з утворенням так званих ТБК-АП. Визначення їхнього вмісту дає можливість частково оцінити інтенсивність вільнорадикального окислення ліпідів.

Результати визначення вмісту ТБК-активних продуктів показали, що у проростках кукурудзи, оброблених гордецином, рівень процесів ПОЛ був вищим, ніж у контрольних рослин. Динаміка накопичення вторинних продуктів перекисного окислення була відмінною від динаміки утворення первинних. В умовах передпосівної обробки насіння розчинами гордецину відбулося зменшення вмісту ТБК-активних продуктів в усіх дослідних групах (рис. 2).

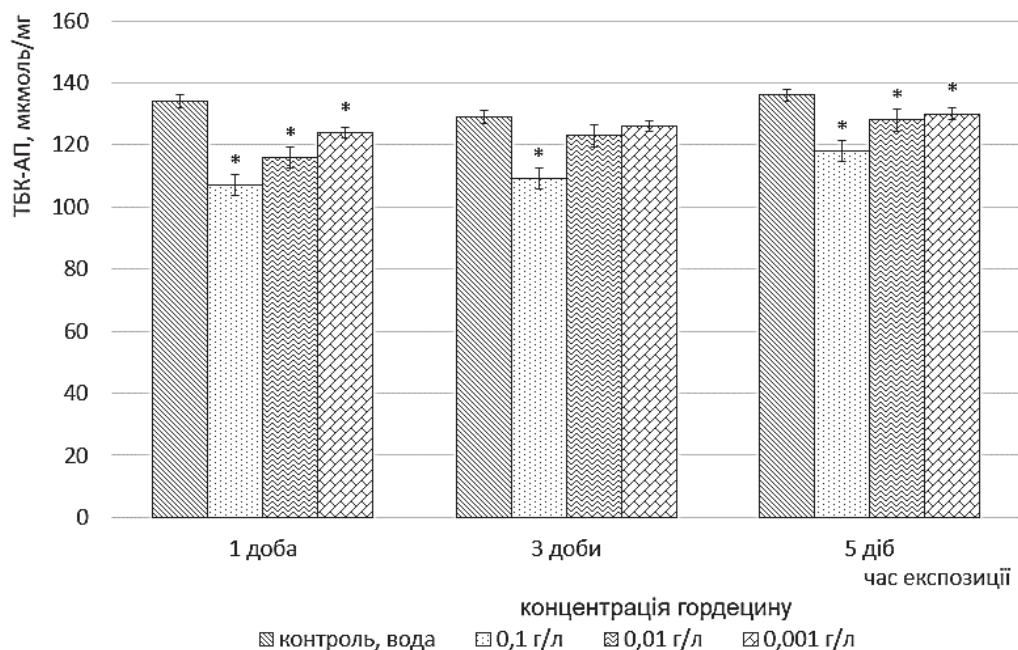


Рис. 2. Концентрація ТБК-активних продуктів у проростках кукурудзи за передпосівної обробки насіння розчинами гордецину. * — вірогідно відмінне від відповідних значень контрольної групи з $P < 0,05$ ($n = 3$)

Найбільшого впливу зазнають рослини за використання гордецину в концентрації 0,1 г/л, де спостерігається зменшення ТБК-АП на 24 % уже на першу добу експозиції порівняно з контролем. За обробки 0,01 та 0,001 г/л зареєстровані дещо більші показники вторинних продуктів, хоча вони теж були вірогідно знижені у порівнянні з інтактними рослинами.

Зі збільшенням часу експозиції до 3 та 5 діб відбувається незначне збільшення вмісту ТБК-активних продуктів у всіх дослідних групах. Так, на третю добу експозиції їхній вміст зростає у середньому на 5 % порівняно з такими на першу добу, та на 7 % на п'яту добу.

Загальне зниження вмісту ТБК-активних продуктів у рослин дослідних груп у порівнянні з групою контролю і відсутність різниці між ними можуть спричинюватися кількома факторами: накопиченням в організмі

продуктів ПОЛ (дієнових кон'югатів, ТБК-реактивів) та розвитком ендотоксикозу, що призводить до стимуляції монооксигеназної системи, змін реакції ліпідного, гормонального, імунного, мікроелементного статусів, виснаження антиоксидантної системи.

Отже, використання кількох варіацій для визначення ПОЛ на ранніх його стадіях (за утворенням ДК) та на більш пізніх етапах (за вмістом ТБК-АП) дало можливість виявити, що розчини гордецину у різних концентраціях посилювали процеси пероксидації.

Антиоксидантний статус рослин визначається насамперед збалансованістю між прооксидантними і антиоксидантними системами, які функціонують у клітині. Ці системи здійснюють нейтралізацію АФК, а отже запобігають пошкодженню клітин. До їх складу входять як специфічні ферменти-антиоксиданти (СОД, каталаза, пероксидази та ін.), так і низькомолекулярні небілкові антиоксиданти (каротиноїди, пролін, аскорбат, глутатіон, флавоноїди та ін.), SH-білки. Дослідження особливостей функціонування антиоксидантних систем важливе для розуміння того, як рослини адаптуються до змінених умов середовища.

Передпосівна обробка насіння розчинами гордецину впливає на активність супероксиддисмутази (рис. 3). Зниження активності СОД у результаті передпосівної обробки насіння кукурудзи чітко простежується вже на першу добу пророщування. Найбільш вірогідно знижену на 34 % у порівнянні з групою контролю активність СОД було виявлено у рослин, оброблених концентрацією 0,1 г/л. У разі збільшення часу експозиції до 3 і 5 діб відбувається незначне підвищення її активності, особливо це стосується 0,001 г/л концентрації гордецину.

Розвиток процесів пероксидації призводить до утворення супероксидного аніона, який за участю фермента СОД перетворюється на пероксид водню (H_2O_2), для нейтралізації якого найважливішу роль відіграє каталаза. Вона локалізується переважно в пероксисомах і забезпечує перебіг двох реакцій: ефективно розщеплює надлишок пероксиду водню в каталазній або окиснює за наявності пероксидів ряд токсичних сполук у пероксидазній реакції.

Як свідчать одержані дані, на першу добу пророщування відбувається різке зниження загальної активності каталази в усіх дослідних групах, особливо яскраво це виражено у проростках, оброблених 0,1 г/л розчином гордецину — на 27 % відносно контролю (рис. 4). При подальшій експозиції досліду відбувалося незначне підвищення її активності (3 та 5 доба). Активність каталази вища у проростків, експонованих із 0,01 г/л гордецину протягом 1, 3 та 5 діб.

Серед ферментів антиоксидантного захисту особлива роль у підтриманні окисно-відновного гомеостазу належить пероксидазі. Вона реагує на широкий спектр факторів, що призводять до нагромадження активних форм кисню у рослин двома шляхами: змінюючи набір ізоферментів або підвищуючи активність уже існуючих молекулярних форм.

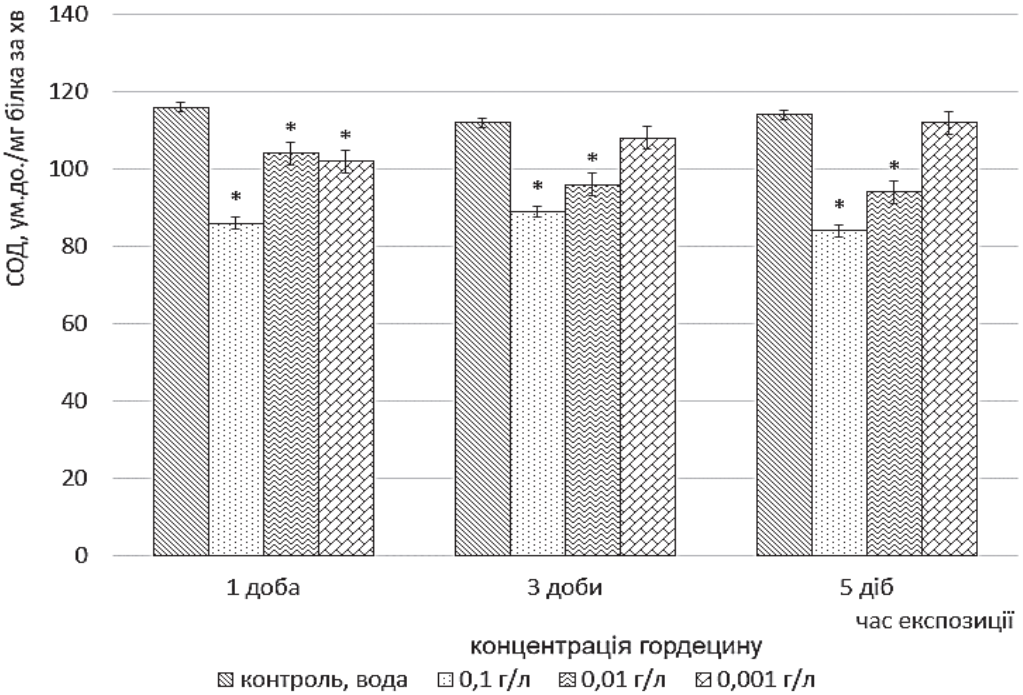


Рис. 3. Активність СОД у проростках кукурудзи за передпосівної обробки насіння розчинами гордецину. * — вірогідно відмінне від відповідних значень контрольної групи з $P < 0,05$ ($n = 3$)

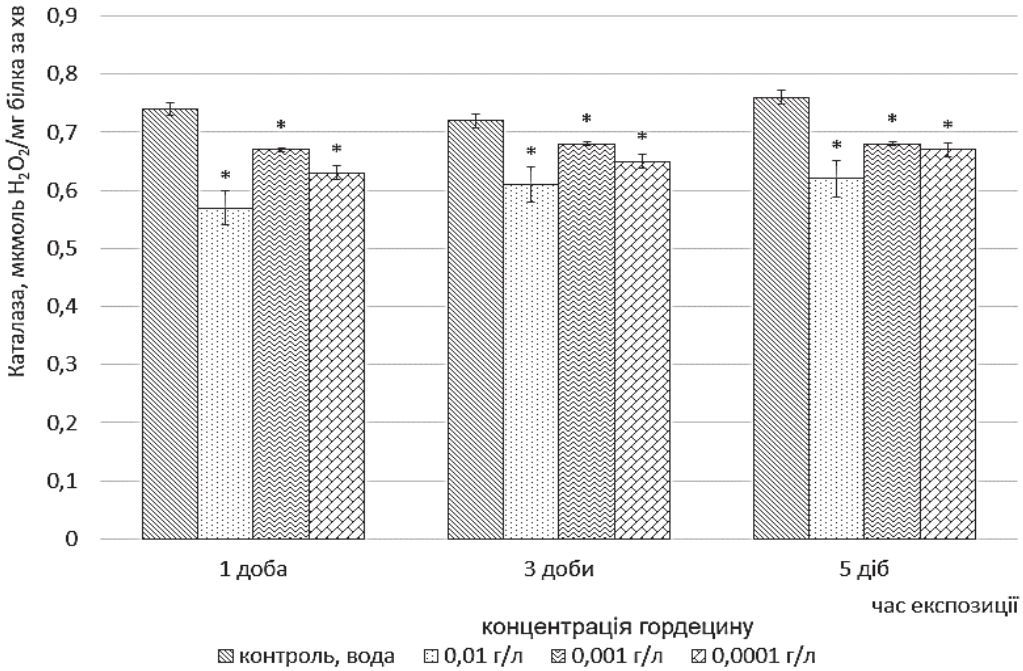


Рис. 4. Активність каталази у проростках кукурудзи за передпосівної обробки насіння розчинами гордецину. * — вірогідно відмінне від відповідних значень контрольної групи з $P < 0,05$ ($n = 3$)

Як показали результати нашої роботи, в ході онтогенезу кукурудзи спостерігається зменшення активності пероксидази у вегетативних органах рослин. У проростків активність цього ферменту за дії 0,1, 0,01 та 0,001 г/л гордецину зменшувалася на 20, 11 і 8 % відповідно щодо необроблених рослин (рис. 5).

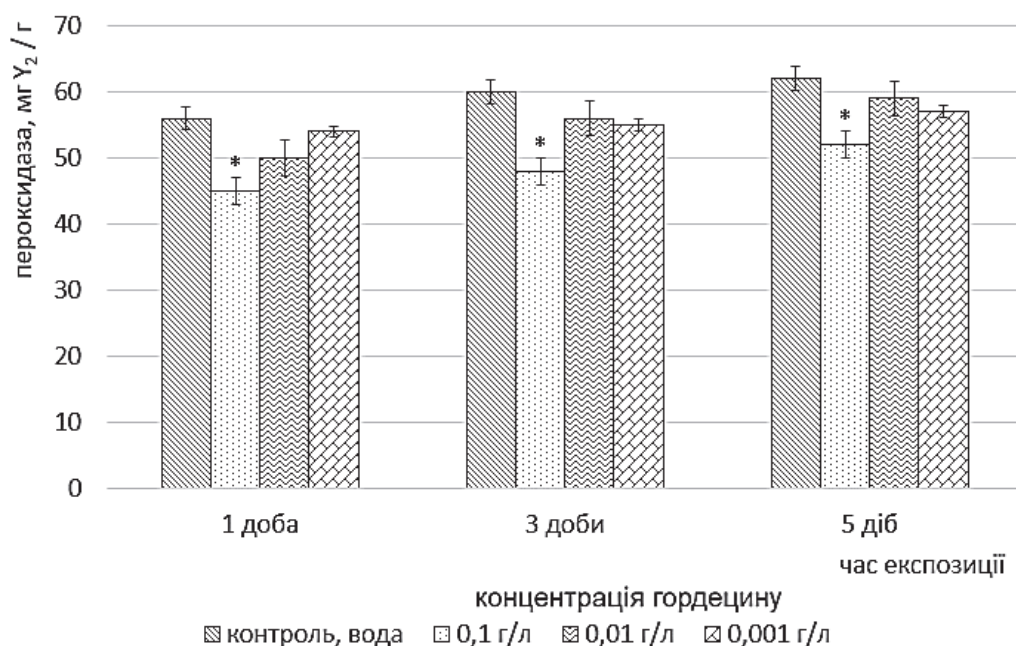


Рис. 5. Активність пероксидази у проростках кукурудзи за передпосівної обробки насіння розчинами гордецину. * — вірогідно відмінне від відповідних значень контрольної групи з $P < 0,05$ ($n = 3$)

Отже, за передпосівної обробки насіння кукурудзи гібрида 'Одеський 385 МВ' розчинами гордецину різної концентрації спостерігається зменшення активності специфічних ферментів-антиоксидантів (СОД, каталаза, пероксидаза), що свідчить про розлад функціонування антиоксидантної системи та зниження можливості рослин адаптуватися до змінених умов середовища.

У нашій роботі, отже, підтвердилося, що біологічна активність гордецину не обмежується лише антибактеріальними властивостями, але й проявляється в дії на регуляторні процеси. Назагал, нами було доведено, що обробка насіння розчинами гордецину у різних концентраціях призводить до активації процесів перекисного окислення ліпідів та зниження антиоксидантного статусу проростків кукурудзи. Хоча в інтервалі експозиції було з'ясовано, що організм рослин адаптується до гордецину в середовищі, проте доступність ресурсів зменшується, що і призводить до затримки росту і розвитку рослин.

Висновки. 1. Динаміка розвитку ПОЛ на дію гордецину різної концентрації показала загальні характерні особливості. Так, було ви-

явлено зростання первинних продуктів пероксидації — ДК. Найбільш помітний вплив справляє обробка насіння кукурудзи гордецином у концентраціях 0,1 та 0,01 г/л. Накопичення ж вторинних продуктів перекисного окислення відрізнялося від динаміки утворення первинних. За умов передпосівної обробки насіння розчинами гордецину відбулося зменшення вмісту ТБК-активних продуктів в усіх дослідних групах. Гордецин посилює процеси ПОЛ, що призводить до розвитку оксидативного стресу.

2. За передпосівної обробки насіння кукурудзи гібрида 'Одеський 385 МВ' розчинами гордецину різної концентрації спостерігається зменшення активності специфічних ферментів-антиоксидантів (СОД, каталаза, пероксидаза), що свідчить про розлад функціонування антиоксидантної системи та зниження можливості рослин адаптуватися до змінених умов середовища.

3. Біологічна активність гордецину не обмежується лише антибактеріальними властивостями, але й виявляється в дії на регуляторні процеси, що відкриває перспективи використання його як алелопатичної речовини задля встановлення взаємодії та післядії рослин у системі сівозмін та розробці науково обґрунтованого їхнього чергування в агроценозі.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Tharayil N. To survive or to slay. *Plant Signaling and Behavior*. 2009. Vol. 4, Issue 7. P. 580–583.
2. Коношина С. Н. Влияние физиолого-активных веществ высших растений на формирование аллелопатической активности почвы. *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 3. С. 617–624.
3. Кузнецов В. В. Физиологические механизмы адаптации и создание стресс-толерантных растений. *Проблемы экспериментальной биологии* / под ред. Н. А. Ламана. Минск: Тэхналогія, 2009. 116 с.
4. Gechev T. S., Van Breusegem F., Stone J. M. et al. Reactive oxygen species as signals that modulate plant stress responses and programmed cell death. *BioEssays. Wiley Periodicals Inc.* 2006. Vol. 28. P. 1091–1101.
5. Abogadallah G. M. Antioxidative defense under salt stress. *Plant Signal Behav.* 2010. Vol. 5. P. 369–374.
6. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*. 2002. Vol. 7. P. 405–410.
7. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста: моногр. Сумы: Университетская книга, 2009. 263 с.
8. Новотельнов Н. В., Ежов И. С. Новый антибиотик гордецин, выделенный из ячменного зерна. *Научные доклады высшей школы. Биологические науки*. 1959. № 3. С. 178–182.
9. Костромичева Е. В. Выделение гордецина из зерна ячменя и исследование его биологического действия и взаимосвязи с морфофизиологическими признаками: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.01.05 / Воронежский гос. ун-т., Воронеж, 2013. 28 с.

10. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2018 рік / Міністерство аграрної політики та продовольства України. Київ, 2018. 447 с.
11. ДСТУ 2240–93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортіві та посівні якості. Технічні умови. [Чинний від 1994–07–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1994. 73 с.
12. Курганова Л. Н., Веселов А. П., Гончарова Т. А., Синицына Ю. В. Перекисное окисление липидов и антиоксидантная система защиты в хлоропластах гороха при тепловом шоке. *Физиология растений*. 1997. Т. 44, № 5. С. 725–730.
13. Мусієнко М. М., Паршикова Т. В., Славний П. С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. Київ: Фотосоціоцентр, 2001. 200 с.
14. Чевари С., Чаба И., Секей Й. Роль супероксиддисмутазы в окислительных процессах клетки и метод определения ее в биологических материалах. *Лабораторное дело*. 1985. № 11. С. 678–681.
15. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. Москва: Колос, 1968. 183 с.
16. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.

Надійшла 15.08.2018

UDC 581.552: 633.15: 577.152.0

Garkovych O. L., Krusir G. V., Kondratenko I. P., Kuznietsova I. O., Madani M. M. Odesa National Academy of Food Technologies, Odesa
e-mail: garkovith@outlook.com

FUNCTIONAL STATE OF PROOXIDANT AND ANTIOXIDANT SYSTEMS OF MAIZE (*ZEА MAYS* L.) UNDER GORDECIN TREATMENT

The activity of the prooxidant-antioxidant system of maize plants under conditions of pre-sowing seed treatment with different concentrations of gordecin has been investigated. It was found out that gordecin causes activation of the LPO and depresses the work of AOS. The most noticeable effect is the treatment of maize seeds by gordecin at concentrations of 0,1 and 0,01 g/l.

Key words: *maize (Zea mays L.), gordecin, prooxidant and antioxidant status.*

УДК 581.552: 633.15: 577.152.0

Гаркович А. Л., Крусир Г. В., Кондратенко И. П., Кузнецова И. А., Мадани М. М. Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса

e-mail: garkovith@outlook.com

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПРООКСИДАНТНО-АнтиОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ КУКУРУЗЫ (*ZEa MAYS L.*) ПРИ ОБРАБОТКЕ ГОРДЕЦИНОМ

Исследована активность прооксидантно-антиоксидантной системы растений кукурузы в условиях предпосевной обработки семян различными концентрациями гордецина. Выяснено, что гордецин вызывает активацию перекисного окисления липидов (ПОЛ) и угнетает работу антиоксидантной системы (АОС). Наиболее значительное влияние оказывает обработка семян кукурузы гордецином в концентрациях 0,1 и 0,01 г/л.

Ключевые слова: *кукуруза (Zea mays L.), гордецин, прооксидантно-антиоксидантный статус.*

УДК 577.1:547.979.8

О. Б. ЛИХОТА, к. б. н., ст. наук. співроб.

О. О. МОЛОДЧЕНКОВА, д. б. н., ст. наук. співроб., зав. лаб.

СГІ–НЦНС, Одеса

e-mail: elena_lykhota@ukr.net

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ β -КАРОТИНУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ ВИСОКОЕФЕКТИВНОЇ РІДИННОЇ ХРОМАТОГРАФІЇ В ЗЕРНІ КУКУРУДЗИ (*ZEA MAYS* L.)

Відпрацьовано метод виділення та ідентифікації β -каротину в зерні кукурудзи з використанням високоефективної рідинної хроматографії. Застосуванням даного підходу проаналізовано генотипи кукурудзи закордонної та української селекції на вміст β -каротину. Метод забезпечує швидке та високо- точне визначення вмісту β -каротину і заслуговує впровадження у селекційну практику для добору перспективних генотипів кукурудзи з високим вмістом β -каротину.

Ключові слова: кукурудза, β -каротин, високоефективна рідинна хроматографія.

Вступ. Кукурудза — одна з найпродуктивніших злакових культур універсального призначення, яку активно використовують у харчовій, тваринницькій, медичній та інших галузях. Маючи збалансований склад вуглеводів, вітамінів, мікроелементів та інших цінних речовин, ця культура здатна накопичувати різноманітну за своїм складом кількість каротиноїдів — β -каротину, лютеїну, зеаксантину. β -каротин, поряд з α -каротином та β -криптоксантином, є провітаміном А [1]. У тканинах рослин каротиноїди стабілізують клітинні мембрани, запобігають ланцюговим реакціям окислення, регулюють транспортну і біосинтетичну функції мембран, зумовлюють забарвлення зерна [2]. Як допоміжні пігменти фотосинтезу, вони є компонентами фотосистем I та II [3]. β -каротин захищає реакційні центри цих систем від окиснення, а ксантофіли (лютеїн, неоксантин, віолоксантин або зеаксантин), виконуючи функцію світлозбирального комплексу [4], є також попередниками біосинтезу абсцизової кислоти, яка відіграє важливу роль у захисних механізмах рослин при стресах різної природи [5].

Тривалий час β -каротин розглядали лише щодо його здатності перетворюватися в живому організмі на вітамін А, проте спектр його дії набагато ширший. Антиоксидантні властивості багатьох каротиноїдів, а насамперед β -каротину, трансформа якого є найбільш біологічно активною [6–8], зумовлюють їхню радіопротекторну [9], антимуtagenну [10], імуномодулюючу [11] та антиканцерогенну дії [12–14].

Мета роботи полягала у відпрацюванні методу визначення вмісту β -каротину в зерні кукурудзи застосуванням високоефективної рідинної хроматографії та в оцінюванні генотипів за вмістом цього показника.

Матеріали і методи. Використані зразки зерна кукурудзи (*Zea mays* L.) закордонної та вітчизняної селекції, контрастні за вмістом β -каротину, які були отримані з National Plant Germplasm System (Stock Center USA) та Національного центру генетичних ресурсів рослин України. Матеріал надав відділ загальної та молекулярної генетики СГІ–НЦНС. (д. б. н., с. н. с. Н. Е. Волкова). Нами була апробована та модифікована методика виділення β -каротину [15]. Екстрагували β -каротин із розмеленого зерна у холодному ацетоні протягом 15–30 хв з подальшою фільтрацією і використанням воронки Бюхнера та колби Бунзена. Отриманий ацетоновий екстракт розділяли в петролійному ефірі (20 мл) і використовували для аналізу вмісту β -каротину методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) на хроматографі «Gilson» (Франція) з застосуванням колонки Thermo Hypersil-Keystone: ODS, Particle Size 5 мкм, Pore Size (Å): 120, psi:1300, при швидкості 0,5 мл/хв, в якості елюента використовували ацетон /H₂O (60/40). Детекцію β -каротину здійснювали при 450 нм. Вміст β -каротину визначали у двох аналітичних повтореннях і наводили у мкг на 1 г сухого зерна (мкг/г) Статистичну обробку даних виконали за електронними таблицями офісного пакета «LibreOffice» Free Software Foundation LGPLv5.

Результати та обговорення. Одним з пріоритетних напрямів у селекції кукурудзи є створення високоякісних ліній і гібридів з підвищеним вмістом каротиноїдів, які не синтезуються в організмі людини і відповідають вимогам здорового харчування. Накопичення каротиноїдів у зерні відбувається під час розвитку ендосперму. У кукурудзи виявлено високий рівень успадкованості вмісту β -каротину. Підвищені показники для переважної більшості каротиноїдів були визначені у дослідженнях американських учених, які оцінювали фенотипову мінливість вмісту дев'яти каротиноїдів у зерні 201 інбредної лінії кукурудзи [16; 17]. Відомо, що у кукурудзи вирішальну роль у накопиченні провітаміну А відіграють три гени — PSY1, LcyE і CrtRB1 [18]. Фермент фітоїнсинтаза (кодується геном PSY1) каталізує перший етап біосинтезу каротиноїдів, що веде до утворення фітоїна з геранілгеранілпирофосфата (рис. 1).

Наступним ключовим етапом є циклізація ликопину. Ликопин- ϵ -циклаза (LCYE) або ликопин- β -циклаза (LCYB) замикає молекулу ликопину в кільце, формуючи молекули α -каротину і β -каротину. β -каротингидроксилаза (CrtRB) каталізує перетворення α -каротину в зейноксантин/лютеїн і β -каротину в криптоксантин/зеаксантин відповідно. Виявлено, що високий рівень компонентів α -каротину і β -каротину пов'язаний з підвищенням активності PSY1 [18] і зі зниженням експресії LcyE і CrtRB1. Поеднання алелей LcyE і CrtRB1 збільшує вміст β -каротину за рахунок інших компонентів каротиноїдів.

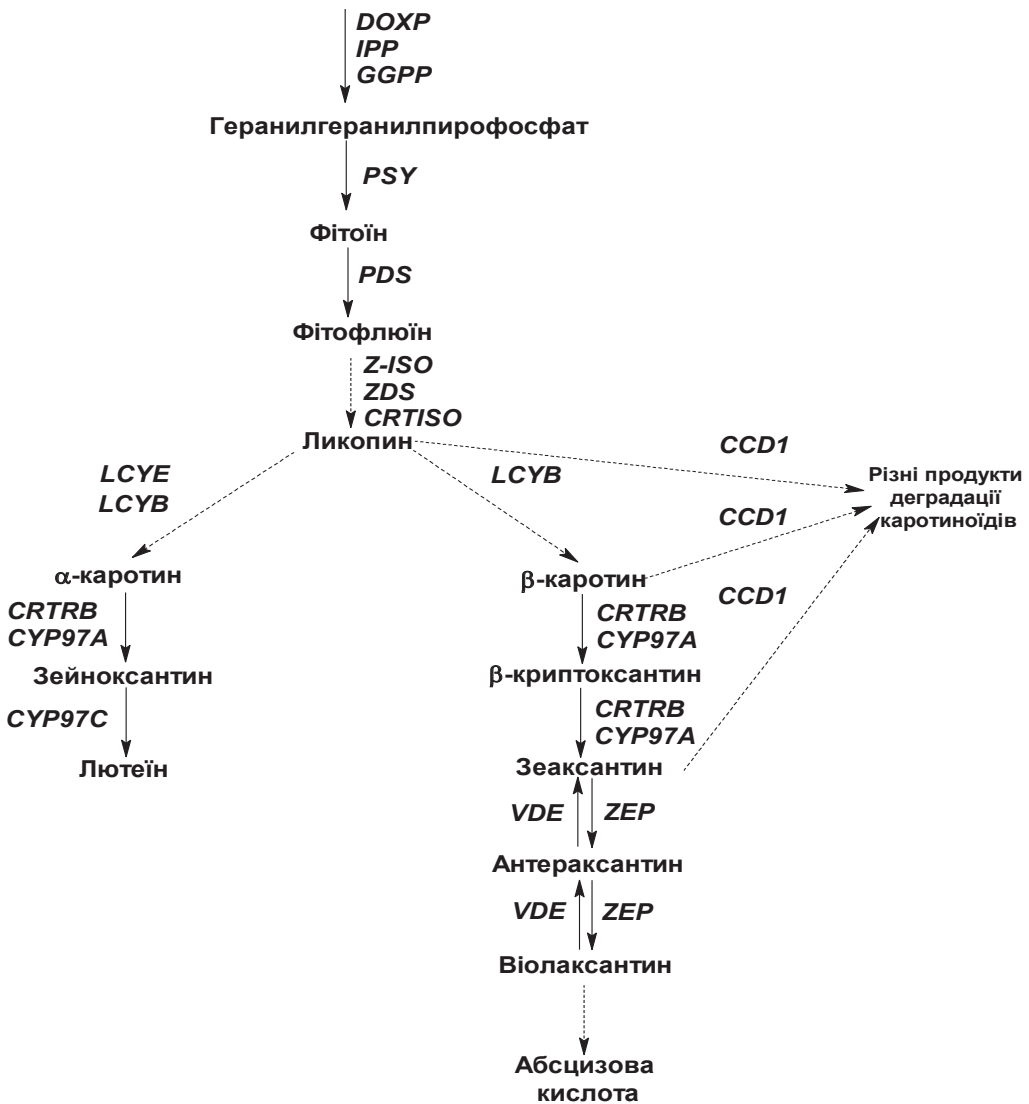


Рис. 1. Біосинтез каротиноїдів кукурудзи (Gonzalez-Jorge et al., 2013). Ферменти і проміжні речовини: DOXP-1-дезоксі-D-ксилоулоза 5-фосфат синтаза; IPP — изопентилпирофосфат синтаза; GGPP — геранілгеранілпирофосфат; PSY — фітоїнсинтаза; PDS — фітоїндесатураза; Z-ISO — ζ-каротинізомераза; ZDS- ζ-каротиндесатураза; CRTISO — каротиноїдна ізомераза; LCY-B — ликопин-β-циклаза; LCY-E — ликопин-ε-циклаза; CRTR-B — гідроксилаза β-кільця; CRTR-E — гідроксилаза ε-кільця; CYP97A — β каротин гідроксилаза (P450); CYP97C — ε каротин гідроксилаза (P450); VDE — віолаксантиндіепоксидаза; ZEP — зеаксантинепоксидаза; CCD1 — каротиноїддіоксигеназа 1

При відпрацюванні методики виділення та ідентифікації β-каротину зерна кукурудзи в якості стандарту було використано чистий β-каротин фірми «Sigma». Ідентифікували β-каротин за його абсорбційним піком на хроматограмі шляхом порівняння часу його утримання в хроматографічній колонці з аналогічним показником для стандарту, час утримання

якого визначали заздалегідь. За збігу або статистично прийнятному відхиленні часу утримання досліджуваного β -каротину від стандарту його ідентифікували як аналогічний до стандарту. Для підвищення точності ідентифікації додатково порівнювали спектральні характеристики отриманого β -каротину та стандарту. Калібрувальна залежність «Площа піку — концентрація стандарту β -каротину» мала лінійний характер з коефіцієнтом детермінації 0,99 (рис. 2–5).

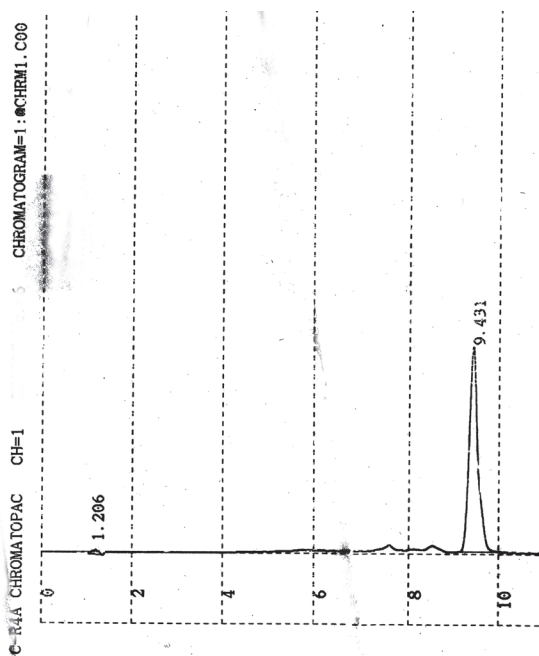


Рис. 2. Хроматограма стандартного розчину β -каротину на хроматографі «Gilson», колонка Thermo Hypersil-Keystone: ODS, Particle Size 5 мкм, Pore Size (A): 120, psi: 1300, Flow: 0,5 mL/min; елюентом був ацетон (60/40 ацетон/ H_2O)

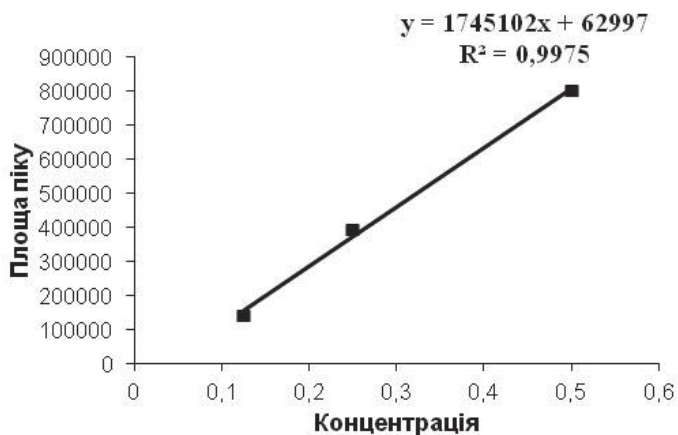


Рис. 3. Залежність між площею абсорбційного піку на хроматограмі та концентрацією стандартного розчину β -каротину

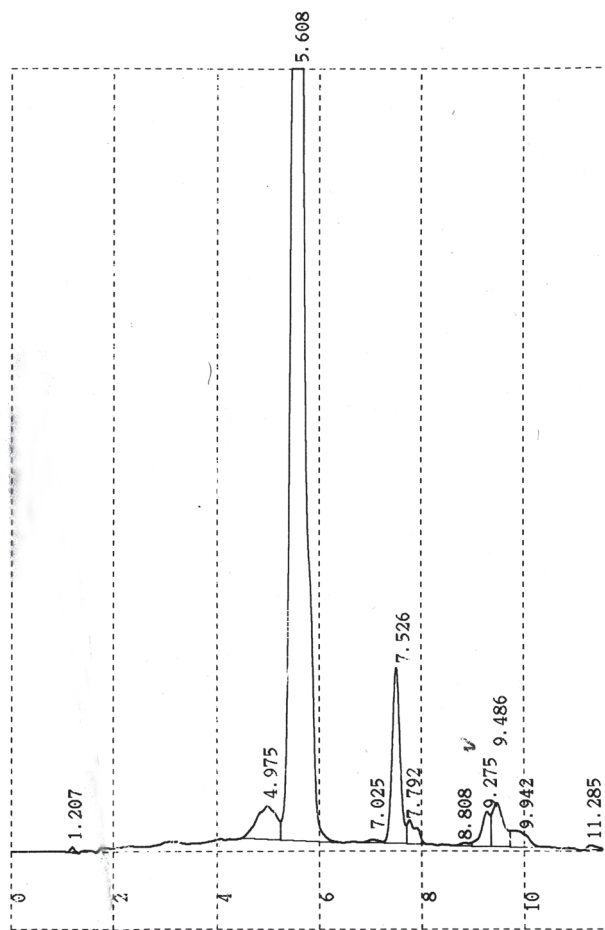


Рис. 4. Хроматограма β -каротину із зерна кукурудзи на хроматографі «Gilson», колонка Thermo Hypersil-Keystone: ODS, Particle Size 5 мкм, Pore Size (A): 120, psi:1300, Flow: 0,5 mL/min; елюентом був ацетон (60/40 ацетон/ H_2O)

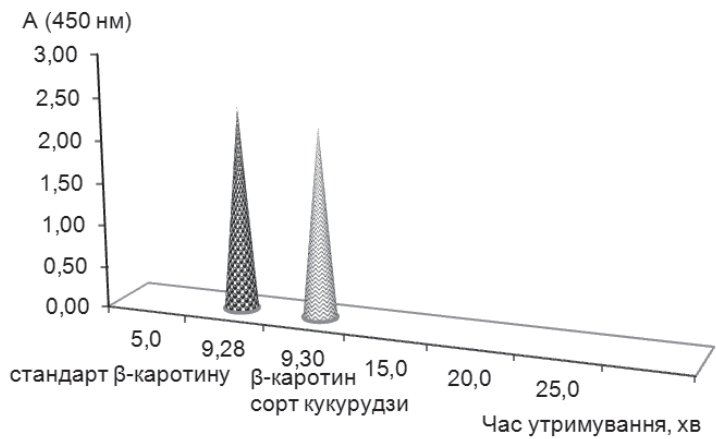


Рис. 5. Порівняння часу утримування в колонці із стандартом β -каротину при 450 нм і вмістом β -каротину в екстракті із зерна кукурудзи

Таблиця

Вміст β -каротину в зерні колекційних зразків кукурудзи

Зразок	Країна походження	Вміст β -каротину, мкг/г
NDSCD	США	1,53
NDB(MS)C8		0,05
KyWS1		0
KyWS3		0
KyWS4		0
KyWS6		0
KyWWS		0
B93		0,23
HP62–02		0,04
HP72–11		0
HP68–07		0,12
LP Oh43 RP1TD		0,29
MoECB2(S1)C5		0,06
Mo12		0,08
Mo21R		0
H126W		0
H125		0,12
HWSA(FG)C1		0,23
HWSB(FG)C1		0
CML 22		0
CML 43		0
LH132		0
LH123HT		0,20
Tx802		0
Tx807		0
TZEEI 11		0
Florida 32		0,07
P737M20		0,84
Чорностебельна		0,07
LU 08	Албанія	0
POOL 16 C 18	Мексика	0,04
D 1–08	Албанія	0,05
YXK 507	Україна	0,04
Cutie blue	Канада	0
Cutie pink	Канада	0
Feather mixed	Канада	0,73
C. 125	Словаччина	0,06
max		1,53
min		0
$\bar{\chi} \pm s_{\bar{\chi}}$		0,11 $\pm$ 0,05

За відпрацьованим методом було проаналізовано 37 генотипів кукурудзи української та закордонної селекції на вміст β -каротину. У дослідженнях виявлені відмінності за даним показником у ліній, де кількість β -каротину коливалася від 0,04 до 1,53 мкг/г. У зерні ліній закордонної селекції найвищий вміст β -каротину був у таких зразках, як NDSCD (1,53 мкг/г), P737M20 (0,84 мкг/г) та Feather mixed (0,73 мкг/г); у зерні лінії української селекції УХК 507–0,04 мкг/г (табл.). Отримані результати свідчать, що у різних генотипів з врахуванням їхніх генетичних характеристик та умов вирощування може синтезуватися різна кількість β -каротину. Ідентифіковані генотипи, які відрізняються підвищеним вмістом β -каротину в зерні, можуть слугувати джерелом цієї ознаки в селекційних програмах з поліпшення якості кукурудзи.

Відпрацьований метод з використанням високоефективної рідинної хроматографії дозволяє швидко та з високою точністю визначати вміст β -каротину і може застосовуватись у добірї перспективних генотипів для селекції кукурудзи на якість зерна. При визначенні β -каротину методом ВЕРХ треба також враховувати той факт, що каротиноїди за своєю природою є дуже нестабільними сполуками, які легко деградують під впливом факторів довкілля, отож при пробопідготовці необхідно ретельно добирати умови екстракції зразків.

Висновки. Відпрацьовано метод виділення та ідентифікації β -каротину в зерні кукурудзи застосуванням високоефективної рідинної хроматографії. Метод дозволяє швидко та з високою точністю ідентифікувати цінні генотипи за вмістом β -каротину і може бути ефективним при селекції кукурудзи на якість зерна. За відпрацьованим методом ідентифіковано низку генотипів (NDSCD, P737M20, Feather mixed), які вирізняються підвищеним вмістом β -каротину і можуть слугувати джерелом даної ознаки в селекційних програмах з поліпшення якості кукурудзи.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Azmach G., Gedil M., Menkir F. et al. Marker-trait association analysis of functional gene markers for provitamin A levels across diverse tropical yellow maize inbred lines. *BMC Plant Biol.* 2013. Vol. 13, N. 1. P. 227–243.
2. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. М.: Мир, 1986. 442 с.
3. Britton G. Structure and properties of carotenoids in relation to function. *FASEB J.* 1995a. N. 9. P. 1551–1558.
4. Brody S., Lemoine Y. Distribution of chlorophylls, carotenoids and their isomers in the complexes of photosystem II. *Physiol. plants.* 1989. Vol. 79, N. 3. P. 104.
5. Kermode A. Role of abscisic acid in seed dormancy. *J. Plant Growth Regul.* 2005. Vol. 24. P. 319–344.
6. Zamora R., Hidalgo F., Tappel A. Comparative antioxidant effectiveness of dietary β -carotene, vitamin E, selenium and coenzyme Q-10 in rat erythrocytes and plasma. *J. Nutr.* 1991. Vol. 121, N. 1. P. 50–56.
7. Gazzani G., Daglia M., Papetti A., Gregotti C. In vitro and ex vivo antioxidant components of *Cichorium intybus*. *J. Pharmaceut and Biomed. Anal.* 2000. Vol. 23, N. 1. P. 127–133.

8. Grievink L., Van Der Zee S., Hoek G. et al. Modulation of the acute respiratory effects of winter air pollution by serum and dietary antioxidants: A panel study. *J. European Respiratory*. 1999. Vol. 13, N. 6. P. 1439–1446.
9. Лемберг В., Рогачева С., Лузанов Б. Влияние обогащения рациона мышей синтетическим β -каротином на выживаемость при α -облучении. *Радио-биология*. 1990. Т. 30, № 5. С. 524–527.
10. Хабибулина В., Коростелев С., Дризе О., Шлянкевич М. Исследование ан-тимутагенной активности β -каротина. *Бюллетень exper. биологии и ме-дицины*. 1995. № 9. С. 276–278.
11. Буюклинская О., Коростелев С., Потапова А. и др. Влияние β -каротина на продукцию интерлейкина-2 и митогениндуцированную пролиферацию Т-лимфоцитов. *Экспериментальные и клинические исследования канце-ропротекторного и иммуномодулирующего действия β -каротина и других каротиноидов: материалы рабочего совещания 17–18 сентября 1991 г., Москва. Вопросы мед. химии*. 1992. Т. 38, № 6. С. 29–31.
12. Шеренешева Н., Финько В. Модифицирующий эффект каротиноидов на канцерогенез преджелудка у крыс, индуцированный N-метил-N-нитро-N-нитрозогуанидином. *Вопр. мед. химии*. 1992. Т. 38, № 227. С. 21–22.
13. Gerster H. Anticancerogenic effect of common carotenoids. *Internat. J. Vit. Nutr. Res.* 1993. Vol. 63. P. 93–121.
14. Omenn G. Chemoprevention of lung cancer: the rise and demise of beta-carotene. *Annu. Rev. Public. Health*. 1998. Vol. 19. P. 73–99.
15. Delia B., Rodriguez-Amaya., Mieko Kimura. Handbook for Carotenoid Analysis Technical Monograph. Harvestplus, 2004. Vol. 2. P. 51.
16. Lipka A. E., Gore M. A., Magallanes-Lundback M. et al. Genome-wide associa-tion study and pathwaylevel analysis of tocochromanol levels in maize grain. *G3 (Bethesda) Genetics*. 2013. Vol. 3. P. 1287–1299.
17. Орловская О., Вакула С., Хотылева Л., Кильчевский А. Ассоциация уровня общего содержания каротиноидов в зерне кукурузы (*Zea mays* L.) с аллель-ным полиморфизмом сайта INDEL1 гена *PSY1*. *Генетические основы эво-люции экосистем*. 2016. Т. XIV, № 3. С. 28–34.
18. Owens B., Lipka A., Magallanes-Lundback M. et al. A foundation for provitamin A biofortification of maize: genome-wide association and genomic prediction models of carotenoid levels. *Genetics*. 2014. Vol. 198. P. 1699–1716.

Надійшла 28.03.2018

UDC 577.1:547.979.8

Lykhota O. B., Molodchenkova O. O. Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigations, Odesa
e-mail: elena_lykhota@ukr.net

**DETERMINATION OF THE β -CAROTENE CONTENT IN MAIZE
(*ZEА MAYS L.*) GRAIN USING THE HIGH PERFORMANCE LIQUID
CHROMATOGRAPHY METHOD**

The method of isolation and identification of β -carotene in the maize grain using high performance liquid chromatography was tried. Maize genotypes of foreign and ukrainian breeding on the content of β -carotene were analysed using approved method. The method allows to identify of most valuable genotypes and with high precision and it can be recommended for introduction in plant-breeding practice for the selection of perspective maize samples with the high level of β -carotene accumulation in the grain.

Key words: *maize, β -carotene, high performance liquid chromatography*

УДК 577.1:547.979.8

Лихота Е. Б., Молодченкова О. О. Селекционно-генетический институт — Национальный центр семеноведения и сортоизучения, Одесса
e-mail: elena_lykhota@ukr.net

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ β -КАРОТИНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МЕТОДА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ
ХРОМАТОГРАФИИ В ЗЕРНЕ КУКУРУЗЫ (*ZEА MAYS L.*)**

Отработан метод выделения и идентификации β -каротина в зерне кукурузы с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии. Применением данного подхода проанализированы генотипы кукурузы зарубежной и украинской селекции на содержание β -каротина. Метод позволяет быстро и с высокой точностью идентифицировать наиболее ценные генотипы и может быть внедрен в селекционную практику для отбора перспективных образцов кукурузы с высоким уровнем накопления β -каротина в зерне.

Ключевые слова: *кукуруза, β -каротин, высокоэффективная жидкостная хроматография.*

ОГЛЯД

УДК 575:581.144.2:581.133.8:582.683.2

С. Г. ХАБЛАК¹, д. б. н.,
Я. А. АБДУЛЛАЕВА², д. б. н.,
Я. С. РЯБОВОЛ³, к. с.-г. н.,
Л. О. РЯБОВОЛ³, д. с.-г. н.

¹ Агропромхолдинг «Кернел», Научн.-исслед. центр, Варва, Украина,
e-mail: sergeyhab211981@gmail.com,

² Агропромхолдинг «Кернел», Испыт. лаб., Варва, Украина,
e-mail: asmina5oskar@gmail.com,

³ Уманский нац. ун-т садоводства, Умань, Украина,
e-mail: liudmila1511@ukr.net

НЕКОТОРЫЕ МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ К ЗАРАЗИХЕ (*OROBANCHE CUMANA* WALLR.) И НОВЫЕ СТРАТЕГИИ ЗАЩИТЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) ОТ ЭТОГО РАСТЕНИЯ-ПАЗИТА (ОБЗОР)

Подсолнечник обладает иммунной системой, включающей многие механизмы защиты от заразики. Различают две из них, основные: узнавание рецепторами растения молекулярных паттернов, ассоциированных с патогеном, и индуцированный эффектором иммунитет. У подсолнечника известен ряд доминантных генов, обуславливающих устойчивость к разным расам заразики. Это гены: Or_1 (вызывает устойчивость к расе А); Or_2 (к расам А, В); Or_3 (к расам А, В и С); Or_4 (к расам А, В, С и D); Or_5 (к расам А, В, С, D и E). А всего их уже известно более 9 (А, В, С, D, E, F, G, H и I). Они обладают неодинаковой способностью поражать различные сорта и гибриды и идентифицируются в зависимости от их реакции на гибриды и растения-тестеры (линии-дифференциаторы рас заразики).

Изучен расовый состав заразики на подсолнечнике в условиях северной части Степи Украины. Установлено, что популяция, паразитирующая на полях, обладает высокой степенью вирулентности и преодолевает иммунитет лучших гибридов отечественной и зарубежной селекции, устойчивых к E, F и G расам паразита. Появление новых агрессивных рас (E, F и G) говорит о необходимости неотложного решения задачи по созданию селекционного материала, устойчивого к новым расам растения-паразита. Интенсивное накопление в посевах подсолнечника паразита рас E, F и G связано с нарушением севооборотов и насыщением полей гибридами данной культуры, устойчивыми в основном к 4 (D) и 5 (E) расам.

Рассмотрены новые стратегии защиты подсолнечника от заразиhi, в частности и направленной селекции на уменьшение выделения корнями в почву стриголактонов, так «желаемых» для заразиhi. Проанализировано значительное количество научных публикаций авторов различных стран с изложением подходов, отдельных находок и прогнозов относительно решения обсуждаемых здесь проблем защиты подсолнечника от заразиhi.

Ключевые слова: *Orobanche cumana Wallr.*, раса, подсолнечник, гибрид, корневая система, корневые выделения, стриголактоны.

Подсолнечник обладает иммунной системой, включающей разные механизмы защиты в ответ на проникновение заразиhi. Различают две из них, основные: узнавание рецепторами растения молекулярных паттернов, ассоциированных с патогеном, и индуцированный эффектором иммунитет. У подсолнечника за счет базового защитного ответа, инициируемого на ранних стадиях взаимодействия патогена и растения, через узнавание рецепторами клетки внедряющегося патогена формируется общая, т. е. неспецифическая устойчивость [1].

На начальном этапе прорастания семян заразиhi, прикрепления и проникновения гаустории в корень известно несколько механизмов, приводящих к возникновению общей устойчивости подсолнечника к паразиту. К ним относятся: снижение экссудации стриголактонов корнями хозяина, укрепление клеточной стенки через поперечное сшивание белков или осаждение на ней метаболитов (лигнин, суберин, каллоза), накопление токсичных фенольных соединений в точке заражения [2].

В то же время новые вирулентные расы заразиhi способны избегать узнавания растительными рецепторами и заражать подсолнечник. В ответ на эту угрозу новые устойчивые гибриды способны распознавать инфицирующие их патогены с помощью белков R (белков устойчивости или резистентности), взаимодействующих непосредственно или опосредованно с эффекторами патогенов, которые являются видо- или штаммоспецифичными. Такое взаимодействие индуцирует сильный защитный ответ растения, который часто связан с клеточной гибелью и формирует специфическую устойчивость подсолнечника к заразиhi [3].

На этапе, когда произошло проникновение и заражение паразитом, действует ряд механизмов, обуславливающих образование специфической устойчивости растения. К ним относятся: образование внутри сосудов-хозяев гелеобразных веществ, блокирующих передачу питательных веществ; формирование токсичных соединений, уничтожающих заразиhi; гибель внешних клеток корня [1].

Подсолнечник обладает рядом генов, вызывающих устойчивость к разным расам заразиhi. Она обуславливается обычно доминантными генами: Or₁ (вызывает устойчивость к расе A); Or₂ (– к расам A, B); Or₃ (– к

расам А, В и С); Or₄ (– к расам А, В, С и D); Or₅ (– к расам А, В, С, D и E) и так далее [4].

Общая и специфическая устойчивость к заразихе может быть качественной (обычно контролируется единичными доминантными генами) и количественной (контролируется несколькими генами). Качественная устойчивость гибридов к цветковому паразиту достаточно хорошо изучена. Она часто рассматривается как устойчивость «ген против гена» и обычно весьма специфична в отношении определенного гибрида или сорта растения и конкретной расы патогена. Этот тип устойчивости к заразихе не является «длительным» — под селекционным давлением, оказываемым устойчивыми гибридами, происходят мутации у патогена. В результате появляются новые расы заразихи, которые поражают устойчивые гибриды. Именно качественная устойчивость подсолнечника к заразихе, которая контролируется единичными доминантными генами, на протяжении длительного времени была мишенью при создании устойчивых к паразиту гибридов [5].

В последние годы в Украине, России наблюдается поражение заразихой гибридов, обладающих устойчивостью к расе E. Потери резистентности гибридами, устойчивыми к пятой (E) расе заразихи, — Згода, Од. 249 и другие (СГИ), Арена (Сингента), Рими, Титаник, NSH-2017 (Нови-Сад), PR-63H80 (Пионер) свидетельствуют о возможном возникновении и интенсивном накоплении новых, более вирулентных рас паразита [6].

Примерно до конца 90-х годов проблем с заразихой на подсолнечнике в Украине и России не возникало. Однако в последние годы из разных мест Ставропольского и Краснодарского краев, а также Ростовской области стали поступать сведения о сильной засоренности посевов подсолнечника заразихой [7–10].

В настоящее время у заразихи уже известны более 9 рас (А, В, С, D, E, F, G, H и I). Они обладают неодинаковой способностью поражать различные сорта и гибриды [11] и идентифицируются в зависимости от их реакции на гибриды и растения-тестеры (линии-дифференциаторы рас). Их появление побуждает селекционеров создавать новые заразихоустойчивые сорта и гибриды, которые превышают уже существующие по устойчивости к исследуемому паразиту [12].

Данные наших исследований показывают, что популяция заразихи в начале XXI века, паразитирующая на подсолнечнике северной части Степи Украины, имеет высокую степень вирулентности, которая преодолевает иммунитет лучших гибридов отечественной и иностранной селекции, устойчивых к E, F и G расам данного паразита. Появление новых, высокоагрессивных рас (E, F и G) свидетельствует об острой необходимости решения задачи по созданию селекционного материала, устойчивого к новым расам этого растения-паразита.

Как правило, такую высокую вирулентность заразихи из популяции в северной части Степи Украины можно объяснить нарушением севообо-

ротов и насыщением полей гибридами данной культуры, устойчивых в основном к 4 (D) и 5 (E) расам паразита.

Исследованиями последних лет установлено, что прорастание семян заразики происходит благодаря стриголактонам, выделяемым в почву корнями подсолнечника, они привлекают арбускулярные микоризные грибы (АМ-грибы), поставляющие растению некоторые питательные вещества. В то же время семена растений-паразитов также обладают способностью чувствовать стриголактоны, что является для них главным стимулом к прорастанию, прикреплению к корням растения-хозяина и высасыванию из него полезных веществ. Паразитизм можно считать тоже видом симбиоза, при котором один сожитель получает от него пользу, а другой — вред [12].

Стриголактоны являются веществами «голода» растений и относятся к новому классу фитогормонов, которые выделяются корнями в почве и участвуют во многих физиологических процессах, таких как контроль развития побега, ответ на абиотические факторы, регулирование доступности питательных веществ. В последнее время рассматриваются возможности создания на основе стриголактонов новых антистрессовых препаратов, которые будут усиливать абускулярную микоризу [13].

Недавно на модельном растении *Arabidopsis* прослежена цепочка синтеза стриголактонов и определены ключевые гены-регуляторы этого процесса. Воздействуя на них, можно снизить образование данных веществ у растений. Кроме того, методом химического скрининга отобраны пять химических соединений, угнетающих прорастание семян заразики. Вещества назвали котилимидами. По химической природе три из них относятся к фталимидам, два — к сукцинимидам. При обработке ими арабидопсиса в тканях снижался синтез стриголактонов, и семена заразики, посеянные в почву рядом с ними, не проросли [14].

С использованием информации, полученной на *Arabidopsis*, у заразики был идентифицирован специфичный рецептор KARRIKIN INSENSITIVE2 DIVERGENT (*KAI2d*), который участвует в дифференцированном распознавании корневых экссудатов подсолнечника. В геноме паразита выявлено несколько генов *KAI2d*, кодирующих рецепторы *KAI2d* [15].

Гомологи гена *KAI2* найдены в зеленых водорослях Харофитах (*Charophyte*), наземных растениях Фискомитрелле (*Physcomitrella patens*) и Маршаницы изменчивой (*Marchantia polymorpha*) [16]. Биоинформационные исследования показали, что ген *KAI2* претерпел обширное размножение и изменение лигандной специфичности в геномах паразитов. Гены *KAI2* в порядке Губоцветные (*Lamiales*) сгруппированы в три класса: консервативный (*KAI2c*), промежуточный (*KAI2i*) и дивергентный (*KAI2d*). Гены *KAI2c* и *KAI2i* возникли через дублирование гена *KAI2* в порядке Губоцветные, а гены *KAI2d* возникли путем дальнейшего дублирования и появления новых функций в заразики [17].

В результате открытия веществ, участвующих в прорастании семян заразики, начали обсуждаться новые стратегии защиты подсолнечника от этого растения-паразита, которые находятся на стадии разработки. Рассматривается возможность ведения направленной селекции по уменьшению выделения корнями в почву стриголоктонов. С той же целью предлагается опрыскивать гибриды веществами котилимидами, которые уменьшают синтез стриголоктонов, что приводит к подавлению прорастания семян паразита [18].

На основе стриголоктонов созданы синтетический препарат GR24 и его аналоги с целью их внесения в почву для стимулирования прорастания семян заразики. Однако использование этих препаратов ограничивается высокой стоимостью и быстрым разложением в почве [19].

Другой стратегией, направленной на стимулирование суицидального прорастания семян заразики, может быть использование гиббереллинов. Они вызывают прорастание семян некоторых аутотрофных видов растений и составляют дешевую альтернативу природным биорегуляторам для борьбы с семенами паразита [20].

Существуют и другие стимуляторы прорастания семян заразики: грибковые метаболиты котиленинов и фузикоцинов, растительные гормоны жасмонаты. Кроме того, лекарственное растение Хауттуйния сердцевидная (*Houttuynia cordata* Thumb.) производит и экссудировать стимуляторы, которые являются стабильными в почве [21].

Интерес представляют также метаболиты гриба *Alternaria tenuis*, выделяющие тенуазоновую кислоту с ингибирующей активностью на семена заразики. Однако эффективность тенуазоновой кислоты доказана только в лабораторных условиях. До сих пор трудности по очистке в промышленном масштабе затрудняют полевые эксперименты с такими метаболитами, несмотря на их значительный потенциал [22].

Аминокислота метионин, которая производится в больших коммерческих масштабах в качестве кормовых добавок для животных, сильно ингибирует раннее развитие заразики без фитотоксичного эффекта у подсолнечника. В этой связи метионин можно использовать в качестве гербицида от заразики, но нужны полевые испытания для подтверждения его эффективности от паразита [23].

Одной из альтернатив являются также эндофитные бактерии, обитающие в тканях большинства растений [24]. Они часто играют важную роль во многих аспектах биологии своего хозяина, включая увеличение скорости его роста, повышение толерантности к стрессу, предоставление важнейших питательных веществ, подавление патогенов, усиление иммунной системы растения [25]. Недавно было установлено, что эндофитная бактерия *Azospirillum brasilense* ингибирует прорастание семян заразики и ее дальнейшее развитие на корнях подсолнечника [26].

Семена заразики хуже распознают корни подсолнечника, колонизированные АМ грибами, бактериями *Rhizobium leguminosarum*,

Azospirillum brasilense, из-за изменения состава у корневых экссудатов [27]. Было продемонстрировано снижение содержания веществ, вызывающих прорастание семян заразики, в корневых экссудатах микоризных растений [28]. Эти взаимодействия способствуют тому, что семена заразики не порастают и не заражают подсолнечник.

Исследования по структуре и функции микробиоты на корнях подсолнечника выявили широкий спектр бактерий и грибов из разных таксономических групп, многие из которых способствуют росту растений [29]. Среди группы растительно-стимулирующих ризобактерий широко представлен род *Pseudomonas*. Этот род содержит более сотни видов аэробных бактерий, которые принадлежат к подклассу *Proteobacteria*. Многие из них защищают растения путем антагонизма почвенных патогенов в конкуренции за питательные вещества, выделяя противомикробные соединения, которые эффективны против широкого спектра патогенов, в том числе паразита заразики [30].

Салициловая (СК) и жасмоновая (ЖК) кислоты также считаются важными эндогенными соединениями, характеризующимися широким спектром физиологического действия в растениях, в котором особое место занимает антистрессовый эффект в ответ на разнообразные неблагоприятные факторы среды и защита клетки от широкого спектра грибковых, бактериальных, вирусных заболеваний и цветкового паразита заразики [31].

Через ряд недостатков салициловой кислоты как биогенного элиситора, не позволивших перейти к ее коммерческому использованию, весьма перспективны абиогенные (синтезированные) элиситоры. Элиситоры — это вещества, выделяющиеся из клеточных стенок патогенных организмов (например, грибов, бактерий) или разрушающихся стенок растительных клеток. Элиситоры могут взаимодействовать со специальными белками-рецепторами, расположенными на мембране растительных клеток. Эти рецепторы способны распознавать молекулярную структуру элиситоров (паттерн) и запускать внутриклеточную защитную реакцию через сигнальный каскад. Такая реакция приводит к усиленному синтезу метаболитов, которые уменьшают повреждения и повышают устойчивость к вредителям, патогенам или абиотическому стрессу. Подобный иммунный ответ, индуцируемый молекулярными структурами (паттернами), ассоциированными с патогеном, обозначается в англоязычной литературе как PTI (pattern triggered immunity) [32].

СК и ЖК являются сигнальными молекулами, образующимися в растениях при контакте с патогенами, механизм защитного действия которых связан с индукцией генерации активных форм кислорода (АФК, реактивные формы кислорода, РФК, англ. *Reactive oxygen species, ROS*), включающих ионы кислорода, свободные радикалы и перекиси. АФК активируют экспрессию генов патогениндуцируемых защитных белков (PR-белки) при реализации локального и системного иммунитета. Нако-

пление перекиси водорода и других ROS определяет несколько функций в защитных механизмах растений: 1) запуск локальной гибели гиперчувствительных клеток; 2) усиление прямой антимикробной активности; 3) укрепление клеточной стенки растений за счет лигнификации через окисление фенольных соединений; 4) активирование индукции генов, контролирующей защиту в окружающих тканях [33].

Большой интерес среди синтезированных элиситоров представляют 2,6-дихлоризоникотиновая кислота и ее метиловый эфир, обозначенные как INA. Подобно СК они вызывают системную устойчивость (SAR) к бактериальным, грибным и вирусным болезням, индуцируют синтез PR-белков, а также активизируют защитные реакции подсолнечника на внедрение заразики и приводят к одревеснению эндодермы и, как следствие, торможению проникновения гаусторий семян заразики через клеточную стенку клеток корня [34].

Сходным с INA эффектом обладают и пиразолкарбоксикислоты. Преимуществом 3-хлор-1-метил-1-Н-пиразол-5-карбоксикислоты (СМРА) является хорошая растворимость в воде и полное отсутствие фитотоксичности. Большие надежды возлагают на S-метиловый эфир бензо(1,2,3)тиадиазол-7-карбоновой кислоты (бензотиадиазол — benzothiadiazole). Этот эффективный индуктор устойчивости ко многим патогенным микроорганизмам, включая вирусы, бактерии, грибы и заразику. На рынке средств защиты растений известен под общим названием ацибензолар-S-метил (acibenzolar-S-methyl) и торговыми марками «Actigard», «Bion 50WG», «Blockade», «Boost» [35]. Конечно, эффективность действия ацибензолар-S-метила, как и других индукторов системной устойчивости, содержащих липиды (ненасыщенные жирные кислоты), аминоксахара (хитин), пептиды (бактериальный белок харпин, белок холодового шока), зависит от многих факторов: дозы, вида и сорта растения, стадии развития, климатических условий и срока применения. Однако использование препарата в сочетании с методами селекции и генетической инженерии является перспективным в увеличении устойчивости растений к заразице.

В настоящее время проблема вредоносности заразики является мировой. Исследования ареала распространения паразита, определение его расового состава и разработка мер по ограничению вредоносности заразики являются крайне необходимыми для стабилизации и повышения урожайности подсолнечника.

СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

1. Fernández-Martínez J. M., Domínguez J., Pérez-Vich B. Update on breeding for resistance to sunflower broomrape. *Helia*. 2008. Vol. 31. P. 73–84.
2. Thorogood C. J., Hi S. J. Compatibility interactions at the cellular level provide the basis for host specificity in the parasitic plant Orobanch. *New Phytologist*. 2010. Vol. 186. P. 571–575.

3. Fernández-Aparicio M., Pérez-de-Luque A., Prats E., Rubiales D. Variability of interactions between barrel medic (*Medicago truncatula*) genotypes and *Orobanche* species. *Ann. Appl. Biol.* 2008. Vol. 153. С. 117–126.
4. Задорожна О. А. Ідентифікація у соняшнику гена стійкості до вовчка Or_5 за допомогою молекулярних маркерів. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2012. № 61. С. 23–27.
5. Velasco L., Pérez-Vich B., Jan C. C., Fernández-Martínez J. M. Inheritance of resistance to broomrape (*Orobanche Cumana* Wallr.) race F in a sunflower line derived from wild sunflower species. *Plant Breed.* 2007. Vol. 126. P. 67–71.
6. Бурлов В. В., Бурлов В. В. Ефективність генів Or у забезпеченні стійкості соняшнику до нових рас вовчка (*Orobanche cumana* Wallr.). *Селекція і насінництво*. 2010. № 98. С. 28–37.
7. Кукин В. Ф. Метод оценки подсолнечника на устойчивость к заразихе. *Защита растений от вредителей и болезней*. 1960. № 7. С. 39.
8. Антонова Т. С., Стрельников Е. А., Арасланова Н. М., Рамазанова С. А. Адаптивные особенности в онтогенезе заразихи *Orobanche cumana* Wallr. на подсолнечнике. *Масличные культуры: научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2012. № 1. С. 110–116.
9. Антонова Т. С. Подсолнечник и заразиха в Краснодарском крае и в мире. *Материалы международной конференции, посвященной 90-летию ВНИИМК*. Краснодар, 2003. С. 49–54.
10. Антонова Т. С., Арасланова Н. М., Рамазанова С. А. и др. Вирулентность заразихи, поражающей подсолнечник, в Волгоградской и Ростовской областях. *Масличные культуры: научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2011. № 1. С. 127–130.
11. Melero-Vara J. M., Dominguez J., Fernandez-Martinez J. M. Update on sunflower broomrape situation in Spain: racial status and sunflower breeding for resistance. *Helia*. 2000. № 23. С. 45–55.
12. Shindrova P. Broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in Bulgaria distribution and race composition. *Helia*. 2006. № 29. С. 111–120.
13. Yoneyama K., Xie X., Kisugi T. et al. Characterization of strigolactones exuded by Asteraceae plants. *Plant Growth Regul.* 2011. Vol. 65. P. 495–504.
14. Albrecht H., Yoder J. I., Phillips D. A. Flavonoids promote haustoria formation in the root parasite *Triphysaria versicolor*. *Plant Physiol.* 1999. Vol. 119. P. 585–591.
15. Brewer P. B., Koltai H., Beveridge C. A. Diverse roles of strigolactones in plant development. *Mol. Plant.* 2013. Vol. 6. P. 18–28.
16. Conn C. E., Bythell-Douglas R., Neumann D. et al. Convergent evolution of strigolactone perception enabled host detection in parasitic plants. *Science*. 2015. Vol. 349. P. 540–543.
17. Waters M. T., Scaffidi A., Moulin S. L. et al. A *Selaginella moellendorffii* ortholog of KARRIKIN INSENSITIVE2 functions in *Arabidopsis* development but cannot mediate responses to karrikins or strigolactones. *Plant Cell*. 2015. Vol. 27. P. 1925–1944.
18. Gomez-Roldan V., Fermas S., Brewer P. B. et al. Strigolactone inhibition of shoot branching. *Nature*. 2008. Vol. 455. P. 189–194.

19. Mwakaboko A. S., Zwanenburg B. Strigolactone analogs derived from ketones using a working model for germination stimulants as a blueprint. *Plant Cell. Physiol.* 2011. Vol. 52. P. 699–715.
20. Metzger J. The promotion of germination of dormant weed seeds by substituted phthalimides and gibberellic acid. *Weed Sci.* 1983. Vol. 31. P. 285–289.
21. Ma Y., Shui J., Inanaga S., Cheng J. Stimulatory effects of *Houttuynia cordata* Thunb. on seed germination of *Striga hermonthica* (Del.) Benth. *Allelopathy J.* 2005. Vol. 15. P. 49–56.
22. Vurro M., Boari A., Evidente A., Andolfi A., Zermane N. Natural metabolites for parasitic weed management. *Pest Manag. Sci.* 2009. Vol. 65. P. 566–571.
23. Sands D. C., Pilgeram A. L. Methods for selecting hypervirulent biocontrol agents of weeds: why and how? *Pest Manag. Sci.* 2009. Vol. 65. P. 581–587.
24. Hallmann J. *Plant Interactions with Endophytic Bacteria*. New York, NY: CABI Publishing, 2001. 356 p.
25. East R. Soil science comes to life. *Nature*. 2013. Vol. 501. P. 8–19.
26. Hemissi I., Mabrouk Y., Abdi N. et al. Growth promotion and protection against *Orobanche foetida* of chickpea (*Cicer arietinum*) by two *Rhizobium* strains under greenhouse conditions. *Afr. J. Biotechnol.* 2013. Vol. 12. P. 1371–1377.
27. Louarn J., Carbonne F., Delavault P. et al. Reduced germination of *Orobanche cumana* seeds in the presence of Arbuscular Mycorrhizal fungi or their exudates. *PLoS One*. 2012. Vol. 7(11). P. 1–10.
28. Lypez-Ráez J. A., Charnikhova T., Fernandez I. et al. Arbuscular mycorrhizal symbiosis decreases strigolactone production in tomato. *J. Plant Physiol.* 2011. Vol. 168. P. 294–297.
29. Lugtenberg B., Kamilova F. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria. *Annu Rev Microbiol.* 2009. Vol. 63. P. 541–56.
30. Pieterse C. M. J., Zamioudis C., Berendsen R. L. et al. Induced systemic resistance by beneficial microbes. *Ann Rev Phytopathol.* 2014. Vol. 52. P. 47–75.
31. Gonsior G., Buschmann H., Szinicz G. et al. Induced resistance — an innovative approach to manage branched broomrape (*Orobanche ramosa*) in hemp and tobacco. *Weed Sci.* 2004. Vol. 52. P. 1050–1053.
32. Bigeard J., Colcombet J., Hirt H. Signaling Mechanisms in Pattern-Triggered Immunity (PTI). *Molecular Plant.* 2015. Vol. 8(4). P. 521–539.
33. Ranf S., Eschen-Lippold L., Pecher P. et al. Interplay between calcium signalling and early signalling elements during defence responses to microbe- or damage-associated molecular patterns. *Plant J.* 2011. Vol. 68(1). P. 100–113.
34. Kusumoto D., Goldwasser Y., Xie X. et al. Resistance of red clover (*Trifolium pratense*) to the root parasitic plant *Orobanche minor* is activated by salicylate but not by jasmonate. *Ann. Bot.* 2007. Vol. 100. P. 537–544.
35. Кириченко А. Біологічні методи боротьби з вірусами рослин. Пропозиція. Біозахист та біопрепарати — актуальна перспектива. 2017. С. 42–46.

Получена 30.05.2018

UDC 575: 581.144.2: 581.133.8: 582.683.2

Khablak S. G.¹, Abdullaieva Ya. A.², Riabovol Ya. S.³, Riabovol L. O.³¹Agropromholding «Kernel», Research Center, Varva, Ukraine,
e-mail: sergeyhab211981@gmail.com²Agropromholding «Kernel», Testing laboratory, Varva, Ukraine,
e-mail: asmina5oskar@gmail.com³Umanian National Horticulture University, Department of genetics, plant
breeding and biotechnology, Uman, Ukraine,
e-mail: liudmila1511@ukr.net

SOME MECHANISMS OF RESISTANCE TO BROOMRAPE (*OROBANCHE CUMANA* WALLR.) AND NEW PROTECTION STRATEGIES OF SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) AGAINST THIS PLANT-PARASITE (REVIEW)

Sunflower has an immune system that includes various defense mechanisms in response to the infestation of broomrape. There are two main systems of protection: the recognition by the plant receptors of molecular patterns associated with the pathogen, and the effector-induced immunity. Sunflower has a number of genes that cause resistance to different races of broomrape. Resistance to the races of a parasitic plant is determined by the dominant genes: Or1 (causes resistance to race A), Or2 (resistance to races A, B), Or3 (resistance to races A, B and C), Or4 (- resistance to races A, B, C and D), Or5 (- resistance to races A, B, C, D and E). At present, more than 9 races (A, B, C, D, E, F, G, H and I) are already known in the broomrape. These races have different ability to attack different varieties and hybrids of sunflower. They are identified depending on their reaction to sunflower hybrids and test plants (sunflower lines are differentiates races of broomrape). The racial composition of the broomrape on sunflower crops under the conditions of the northern part of the Steppe of Ukraine was studied. It is established that the broomrape population that parasitizes on the fields of sunflower has a high degree of virulence that overcomes the immunity of the best hybrids of domestic and foreign breeding, resistant to the E, F and G races of this parasite. The emergence of new very aggressive broomrape races (E, F and G) indicates the important need to solve the problem of creating breeding material resistant to new races of this parasitic plant. Intensive with the accumulation of parasite races E, F and G in the sunflower crops is associated with the disruption of crop rotations and the saturation of fields with hybrids of this culture, resistant mainly to 4 (D) and 5 (E) races of the parasite. New strategies for protecting sunflower from broomrape are considered. Germination of broomrape seeds occurs due to strigolactones released into the soil by the roots of sunflower, which attracts arbuscular mycorrhizal fungi (AM-fungi), which supply the plant with some nutrients. Seeds of parasitic plants also

have the ability to sense strigolactones, which is for them the main stimulus to germination, attachment to the roots of the host plant and the absorption of useful substances. The specific receptor KARRIKIN INSENSITIVE2 DIVERGENT (KAI2d) was identified in the broomrape, which is involved in the differential recognition of root sunflower exudates. Several genes of KAI2d have been established in the parasite genome, which encode the KAI2d receptors. In the case of sunflower, the possibility of conducting targeted selection for reducing the allocation of roots to the soil of strigolactones is considered.

Key words: *Orobanchе cumana* Wallr., race, sunflower, hybrid, root system, root allocation, strigolactones.

УДК 575: 581.144.2: 581.133.8: 582.683.2

Хаблак С. Г.¹, Абдуллаєва Я. А.², Рябовол Я. С.³, Рябовол Л. О.³

¹Агропромхолдинг «Кернел», Науково-дослідний центр, Варва, Україна, e-mail: sergeyhab211981@gmail.com,

²Агропромхолдинг «Кернел», Випробувальна лаб., Варва, Україна, e-mail: asmina5oskar@gmail.com,

³Уманський нац. ун-т садівництва, Умань, Україна, e-mail: liudmila1511@ukr.net

ДЕЯКІ МЕХАНІЗМИ СТІЙКОСТІ ДО ВОВЧКА (*OROBANCHE CUMANA* WALLR.) І НОВІ СТРАТЕГІЇ ЗАХИСТУ СОНЯШНИКУ (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) ВІД ЦІЄЇ РОСЛИНИ-ПАРАЗИТА (ОГЛЯД)

Соняшник має імунну систему, що включає різні механізми захисту від вовчка. Розрізняють дві основні з них: впізнавання рецепторами рослини молекулярних патернів, асоційованих з патогеном, та індукований ефектором імунітет. У соняшника відомий ряд генів, що викликають стійкість до різних рас рослини-паразита. Стійкість до її рас зумовлюється домінантними генами: Or1 (викликає стійкість до раси А), Or2 (до рас А, В), Or3 (до рас А, В і С), Or4 (до рас А, В, С і D), Or5 (до рас А, В, С, D і Е). На сьогодні вже відомо понад 9 рас вовчка (А, В, С, D, Е, F, G, H і I). Уражають вони різні сорти і гібриди по-різному та ідентифікуються залежно від їхньої реакції на гібриди соняшнику і рослини-тестери (лінії-диференціатори рас вовчка). Вивчено расовий склад вовчка на соняшнику в умовах північної частини Степу України. Виявлено, що популяція вовчка, яка паразитує на соняшникових полях, має високий ступінь вірулентності, який долає імунітет кращих гібридів вітчизняної та іноземної селекції, стійких до Е, F і G рас. Поява нових, надто агресивних рас (Е, F і G) свідчить про нагальну необхідність створення селекційного матеріалу, стійкого до нових рас цієї рослини-паразита. Інтенсивне накопичення у посівах соняшнику рас вовчка Е, F і G пов'язане з порушенням сівозмін і насиченням полів гібридами даної культури, стійкими в основному до 4 (D) і 5 (Е) рас.

Розглянуто нові стратегії захисту соняшнику від вовчка, зокрема і можливість ведення цілеспрямованої селекції щодо зменшення виділення корінням у ґрунт стриголактонів, так «бажаних» для рослини-паразита.

Ключові слова: *Orobanchе сumana* Wallr., раса, соняшник, гібрид, коренева система, кореневі виділення, стриголактони.

**Вимоги до оформлення статей
до «Збірника наукових праць Селекційно-генетичного
інституту — Національного центру насіннєзнавства
та сортовивчення»**

1. Статті до «Збірника...» подаються у двох примірниках та в електронній версії (Word) українською, російською або англійською мовами. До статей українською чи російською мовами додається переклад тексту (з відповідними складовими — анотація, резюме тощо) англійською для розміщення на веб-сайті інституту.

Обсяг статті — до 12 друкарських сторінок.

2. Форма подання: формат А-4; шрифт Arial, розмір 12, інтервал 1,5. Поля: верхнє, нижнє, лівє, правє — 2,0 см.

3. Порядок розташування елементів оформлення сторінки, згори до низу:

- 2 інтервали;
- УДК (великими літерами);
- 1 інтервал;
- прізвище, ініціали автора (авторів) (великими літерами), його (їх-ній) науковий ступінь, вчене звання, академічне звання, посада (скорочено); електронна адреса;
- назва установи;
- 1 інтервал;
- назва статті (великими літерами, жирним шрифтом);
- 1 інтервал;
- анотація мовою написання статті;
- 1 інтервал;
- ключові слова (курсив);
- 1 інтервал;
- текст статті;
- 2 інтервали;
- список бібліографічних посилань в порядку цитування за стандартом наведення бібліографічних даних;
- резюме українською, англійською, російською мовами після бібліографії з коротким викладом результатів досліджень.

4. Стаття містить вступ, опис матеріалів та методів досліджень, обговорення результатів, висновки.

5. Таблиці та рисунки мають бути пронумеровані і вмонтовані в текст з обов'язковим посиланням на них. Підписи до рисунків друкуються під ними, до таблиць — над ними.

6. Літературні джерела подаються в тексті в порядку посилання на них цифрами у квадратних дужках.

7. До матеріалів додається довідка про автора (авторів) із зазначенням місця роботи, посади, наукового ступеня, вченого звання, номерів телефону, факсу, електронної пошти.

8. Статті, які не відповідатимуть означеним вимогам, прийматись не будуть.

Друкується за рішенням вченої ради
Селекційно-генетичного інституту —
Національного центру
насіннезнавства та сортовивчення
(Протокол № 13 від 20.12.2018 р.)

Збірник внесено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з галузей сільськогосподарських (генетика, селекція рослин, насінництво) та біологічних (генетика) наук.

Наказ Міністерства України від 21 грудня 2015 р. № 1328 (Додаток № 8)

Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
Серія KB № 9531 від 18.01.2005 року

Редактори: В. Я. Крижанівський, М. Г. Музикант

Тираж 100 прим. Зам. № 544 (146).

Адреса редакції:
Селекційно-генетичний інститут —
Національний центр насіннезнавства та сортовивчення,
65036, м. Одеса, Овідіопольська дорога, 3.
Тел. (048) 789–54–01, факс (048) 789–52–89
e-mail: sgi-uaan@ukr.net, www.sgi.in.ua

Друкарня видавництва «Астропринт»
65091, м. Одеса, вул. Разумовська, 21
Тел.: (0482) 37–07–95, 37–14–25, 33–07–17, (048) 7–855–855
www.astroprint.ua
www.stranichka.in.ua
e-mail: astro_print@ukr.net
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1373 від 28.05.2003 р.