

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 30 (70)

Одеса
«Астропринт»
2017

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.;
СІЧКАР В. І., д. б. н.;
СТЕЛЬМАХ А. Ф., д. б. н.;
ФАЙТ В. І., д. б. н.

Обговорюються теоретичні аспекти створення екстрасильних за якістю зерна генотипів озимої м'якої пшениці, пріоритетні напрями селекції ячменю в сучасних умовах виробництва зерна в Україні, екологічна пластичність та стабільність урожаю сортів нуту СГІ–НЦНС, методи оцінки якості олії високоолеїнового соняшнику. Наведено результати робіт щодо використання трансгенозу при створенні посухостійкого вихідного матеріалу сільськогосподарських культур, добору за ДНК маркерами носіїв гена PI_{ARG} стійкості до несправжньої борошнистої роси соняшнику, оцінки реакції гібридів цієї культури на позакореневе підживлення мікродобривами, застосування нових хімічних мутагенів у роботах з льоном олійним. Розглянуто ефективність генів стійкості до стеблової іржі пшениці в умовах України, біохімічні властивості інгібітору трипсину насіння люцерни та підходи до сертифікації садівного матеріалу винограду з погляду санітарного контролю.

З нагоди 130-річчя від дня народження М. І. Вавилова вміщено статтю, в якій акцентовано увагу на боротьбі видатного вченого з лженауковцями та трагедії останніх років його життя.

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

ЛИТВИНЕНКО М. А., ГОЛУБ Є. А. Теоретичні аспекти селекції екстрасильних за якістю зерна генотипів пшениці м'якої озимої (<i>Triticum aestivum</i> L.)	9
ЛІНЧЕВСЬКИЙ А. А., ЛЕГКУН І. Б., БАБАШ А. Б., ЩЕРБИНА З. В. Пріоритети в селекції ячменю (<i>Hordeum vulgare</i> L.) для сучасних умов виробництва зерна в Україні	23
БУШУЛЯН О. В. Екологічна пластичність та стабільність урожаю насіння нуту (<i>Cicer arietinum</i> L.) селекції Селекційно-генетичного інституту	40
ЛАЗЕБА О. В., ШЕВНІКОВ М. Я. Особливості реакції гібридів соняшнику (<i>Helianthus annuus</i> L.) на позакореневе підживлення мікродобривами в умовах лівобережної частини Лісостепу України	45

ГЕНЕТИКА

СОЛОДЕНКО А. Є., ФАЙТ В. І., ХРИСТОДОРОВА К. М., ВАРЕНИК Б. Ф. Добір за ДНК маркерами носіїв гена PI_{ARG} соняшнику (<i>Helianthus annuus</i> L.) для створення інбредних ліній, стійких до несправжньої борошнистої роси	53
САУЛЯК Н. І., ТЕРНОВИЙ К. П., БАБАЯНЦ О. В., ВАСИЛЬЄВ О. А., ГАЛАЄВ О. В. Ефективність генів стійкості пшениці (<i>Triticum aestivum</i> L.) до <i>Puccinia graminis</i> Pers. f. sp. <i>tritici</i> Erikss et Henn в умовах України	61
ТІГОВА А. В., СОРОКА А. І., ДУЛЬНЄВ П. Г. Зміни забарвлення пелюсток віночка і пиляків у льону олійного (<i>Linum usitatissimum</i> L.) за застосування нових хімічних мутагенів	70

БІОХІМІЯ

ЧЕРВОНІС М. В., РИБАЛКА О. І., ТОПОРАШ І. Г. Методи оцінки якості олії високоолеїнового соняшнику (<i>Helianthus annuus</i> L.)	80
ГАРКОВИЧ О. Л., КРУСІР Г. В., КУЗНЕЦОВА І. О., МАДАНИ М. М., ПАНЧЕНКО М. М. Біохімічні властивості інгібітору трипсину з насіння люцерни посівної (<i>Medicago sativa</i> L.)	92

ФІТОПАТОЛОГІЯ

МУЛЮКІНА Н. А., КОВАЛЬОВА І. А., ЧИСНІКОВ В. С., ГЕРЕЦЬКИЙ Р. В. Еска винограду (<i>Vitis</i> L.) як об'єкт санітарного контролю в схемі сертифікації садівного матеріалу	102
--	-----

ОГЛЯДИ

ЧЕБОТАР Г. О. Трансгеноз у створенні посухостійких сільськогосподарських рослин (огляд)	112
---	-----

З ІСТОРІЇ НАУКИ

ВОЛКОВА Н. Е. До 130-річчя від дня народження М. І. Вавилова.

Протистояння науки й антинауки, особистості та влади 128

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЕКЦИЯ

ЛИТВИНЕНКО Н. А., ГОЛУБЬ Е. А. Теоретические аспекты селекции экстрасильных по качеству зерна генотипов пшеницы мягкой озимой (<i>Triticum aestivum</i> L.)	9
ЛИНЧЕВСКИЙ А. А., ЛЕГКУН И. Б., БАБАШ А. Б., ЩЕРБИНА З. В. Приоритеты в селекции ячменя (<i>Hordeum vulgare</i> L.) для современных условий производства зерна в Украине	23
БУШУЛЯН О. В. Экологическая пластичность и стабильность урожая семян нута (<i>Cicer arietinum</i> L.) селекции Селекционно-генетического института	40
ЛАЗЕБА А. В., ШЕВНИКОВ Н. Я. Особенности реакции гибридов подсолнечника (<i>Helianthus annuus</i> L.) на внекорневую подкормку микроудобрениями в условиях левобережной части Лесостепи Украины	45

ГЕНЕТИКА

СОЛОДЕНКО А. Е., ФАЙТ В. И., ХРИСТОДОРОВА Е. М., ВАРЕНИК Б. Ф. Отбор по ДНК маркерам носителей гена Pl_{ARG} подсолнечника (<i>Helianthus annuus</i> L.) для создания инбредных линий, устойчивых к ложной мучнистой росе	53
САУЛЯК Н. И., ТЕРНОВОЙ К. П., БАБАЯНЦ О. В., ВАСИЛЬЕВ А. А., ГАЛАЕВ А. В. Эффективность генов устойчивости пшеницы (<i>Triticum aestivum</i> L.) к <i>Puccinia graminis</i> Pers. f. <i>sp. tritici</i> Erikss et Henn в условиях Украины	61
ТИГОВА А. В., СОРОКА А. И., ДУЛЬНЕВ П. Г. Изменения окраски лепестков венчика и пыльников у льна масличного (<i>Linum usitatissimum</i> L.) с применением новых химических мутагенов	70

БИОХИМИЯ

ЧЕРВОНИС М. В., РЫБАЛКА А. И., ТОПОРАШ И. Г. Методы оценки качества масла высокоолеинового подсолнечника (<i>Helianthus annuus</i> L.)	80
ГАРКОВИЧ А. Л., КРУСИР Г. В., КУЗНЕЦОВА И. А., МАДАНИ М. М., ПАНЧЕНКО Н. Н. Биохимические свойства ингибитора трипсина из семян люцерны посевной (<i>Medicago sativa</i> L.)	92

ФИТОПАТОЛОГИЯ

МУЛЮКИНА Н. А., КОВАЛЕВА И. А., ЧИСНИКОВ В. С., ГЕРЕЦКИЙ Р. В. Эска винограда (<i>Vitis</i> L.) как объект санитарного контроля в схеме сертификации посадочного материала	102
---	-----

ОБЗОРЫ

ЧЕБОТАРЬ Г. А. Трансгеноз в создании засухоустойчивых сельскохозяйственных растений (обзор)	112
---	-----

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

ВОЛКОВА Н. Э. К 130-летию со дня рождения Н. И. Вавилова. Противостояние науки и антинауки, личности и власти	128
---	-----

CONTENTS

BREEDING

LYTVYNENKO M. A., GOLUB Ye. A. Theoretical aspects of extra-strong baking quality genotypes of bread winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) breeding	9
LINCHEVSKIY A. A., LEGKUN I. B., BABASH A. B., SHCHERBYNA Z. V. Priorities of barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.) breeding for modern conditions of grain production in Ukraine	23
BUSHULYAN O. V. Environmental plasticity and stability of chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) grain yield developed in Plant Breeding & Genetics Institute	40
LAZEBA O. V., SHEVNIKOV M. Ya. Reaction features of sunflower hybrids (<i>Helianthus annuus</i> L.) on foliar feeding of micronutrient fertilizers under left-bank Forest-Steppe of Ukraine environment	45

GENETICS

SOLODENKO A. Ye., FAYT V. I., CHRISTODOROVA K. M., VARENYK B. F. Using of DNA markers of gene Pl_{ARG} while creating of resistant to downy mildew sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.) inbred lines	53
SAULIAK N. I., TERNOVYI K. P., BABAYANTS O. V., VASYL'IEV O. A., GALAEV O. V. The efficiency of wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) genes resistance to <i>Puccinia graminis</i> Pers. f. <i>sp. tritici</i> Erikss et Henn under Ukraine environments	61
TIGOVA A. V., SOROKA A. I., DULNIEV P. T. Flower petal and anther color mutations of flax oil seed (<i>Linum usitatissimum</i> L.) plants under new chemical mutagens treatment	70

BIOCHEMISTRY

CHERVONIS M. V., RYBALKO O. I., TOPORASH I. G. Oil quality evaluation methods of high oleic sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.)	80
GARKOVICH O. L., KRUSIR G. V., KUZNIETSOVA I. O., MADANI M. M., PANCHENKO M. M. Biochemical properties of trypsin inhibitor of alfalfa seeds (<i>Medicago sativa</i> L.)	92

PHYTOPATHOLOGY

MULIUKINA N. A., KOVAL'OVA I. A., CHISNIKOV V. S., GERETSKII R. V. Grapevine (<i>Vitis</i> L.) esca as the object of sanitary control in the scheme of grapevine planting material certification	102
---	-----

REVIEW

CHEBOTAR G. O. Transgenesis in creating of drought-resistant crops (review)	112
---	-----

FROM THE SCIENCE HISTORY

VOLKOVA N. E. Thinking to the 130-th birth anniversary of N. I. Vavilov.

Confrontation of science and anti-science, personality and power . . . 128

СЕЛЕКЦІЯ

УДК 633.11«327»:631.47.575:22:631.527:664.6/7

М. А. ЛИТВИНЕНКО, д. с. - г. н., проф., акад. НААН, зав. від.,
Є. А. ГОЛУБ, к. с. - г. н., ст. наук. співроб.
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: dr litvin@ukr.net

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ СЕЛЕКЦІЇ ЕКСТРАСИЛЬНИХ ЗА ЯКІСТЮ ЗЕРНА ГЕНОТИПІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

Представлені теоретичні аспекти напряму селекції пшениці м'якої озимої на підвищення показників якості зерна до рівня екстрасильних пшениць та створення відповідного вихідного матеріалу і бажаного типу сортів. Визначені зміни урожайності та показників якості в процесі сортозмін на півдні України. На рекомбінантно-інбредних лініях обґрунтовано генетичні, технологічні і біохімічні критерії ідентифікації екстрасильних генотипів на завершальному етапі селекції. Досліджено ефективність та особливості добору екстрасильних генотипів на гібридах, створених за участі генетичних джерел якості зерна озимого та ярого походження. Показані результати реалізації програми з використання в селекції пшенично-житніх транслокацій 1AL/1RS, 1BL/1RS.

Ключові слова: пшениця м'яка, хлібопекарська якість, генотип, селекція на якість.

Вступ. Україна як велика зернова держава має досить сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, особливо у південних регіонах, що можуть слугувати підставою для виробництва високоякісного, конкурентоздатного на міжнародному ринку зерна пшениці. У селекції цієї культури постають нові завдання. Одне із найважливіших з них — створення сортів з генетично зумовленими високими технологічними властивостями, поліпшеними фізичними властивостями тіста і клейковинного комплексу.

В Україні пшениця розглядається переважно як сировина для виготовлення хлібобулочних виробів, хоча може використовуватись і в багатьох інших напрямках [1; 2]. Українські селекційні установи займаються виведенням сортів виключно хлібопекарської червонозерної, твердозерної пшениці загального призначення (тип HR W(S)W). Водночас у світі зареєстровано сотні сортів пшениці з показниками якості зерна та борошна, які задовольняють спеціальні потреби конкретних технологій виготовлення певних видів харчових продуктів [3; 4]. Досягнення Селекційно-генетич-

ного інституту–Національного центру насіннєзнавства та сортівивчення (СГІ–НЦНС) останніх років у створенні сортів з винятково високими показниками хлібопекарської якості зерна (тип канадських ярих пшениць — HRSW) ставить на порядок денний нагальне завдання: офіційне введення четвертої групи пшениці — екстрасильної за якістю [5].

Тому поглиблене і комплексне вивчення проблеми створення сортів з генетично детермінованим високим рівнем якості в Україні є надзвичайно важливим завданням для селекціонерів. Це, своєю чергою, потребує, з одного боку, широкого і всебічного використання найновіших досягнень науки, вдосконалення існуючої системи оцінок селекційного матеріалу, а з іншого — більш глибокого вивчення зв'язку показників якості зерна з іншими ознаками та властивостями генотипів пшениці.

Мета досліджень — розробка теоретичних аспектів напрямку селекції пшениці м'якої озимої на підвищення показників якості зерна до рівня екстрасильних пшениць та створення вихідного матеріалу для селекції такого типу сортів.

Матеріал і методика досліджень. Польові дослідження провадили у 2006–2012 рр. на полях СГІ–НЦНС, які прилягають до межі міста Одеси, у сівозмінній відділі селекції та насінництва пшениці.

Матеріалом для вивчення генетичного розмаїття пшениці м'якої озимої та виділення нових цінних джерел якості слугували зразки колекцій пшениці м'якої озимої та ярої різного походження; до дослідів були залучені сорти і селекційні форми, отримані у відділі селекції пшениці за програмою створення екстрасильних генотипів: рекомбінантно-інбредні лінії від схрещування джерела високої якості — сорту 'Панна' з комерційними сортами інституту та лінії, отримані в результаті схрещування контрастних за показниками якості батьківських форм різного походження. Оцінку якості матеріалу провадили у відділі генетичних основ селекції СГІ–НЦНС.

Результати досліджень. Одним з основних напрямів підвищення якості зерна пшениці м'якої озимої є селекція продуктивних сортів з високим генетичним потенціалом якості зерна. На жаль, у сільськогосподарському виробництві України реалізація генетичного потенціалу сортів пшениці завжди була неповною через негативний вплив погодних умов та недостатнє дотримання технологій вирощування культури [6; 7].

Роль селекції в удосконаленні культури озимої м'якої пшениці наведено в багатьох публікаціях [8–10]. Найбільш широко ці питання висвітлені в статтях співробітників нашого відділу на основі результатів багаторічного вивчення сортів, створених в інституті [8–15]. Так, сортами СГІ–НЦНС за майже 100-річний період здійснено вісім сортозмін у південному регіоні України.

У результаті вивчення найбільш значимих сортів озимої м'якої пшениці різних сортозмін на Півдні України (табл. 1) виявлено підвищення рівня продуктивності (з 3,28 до 7,66 т/га) і якості зерна (поліпшилися

реологічні властивості тіста: клейковина стала більш компактною, еластичною та пружною).

Таблиця 1

Середні показники урожайності і якості зерна пшениці м'якої озимої різних сортозмін

Сорт	Роки вирощування у виробництві	Урожайність, т/га	Показники якості зерна (х)					
			вміст білка, %	збір білка з 1 га, т/га	W, о. а.	P/L	об'єм хліба, см³	загальна оцінка хліба, бал
'Одеська 16'	1923–1947	3,28	13,2	0,43	286,0	0,6	1340,0	3,7
'Безоста 1'	1960–1967	4,87	12,0	0,58	285,7	1,0	1306,7	3,6
'Одеська 51'	1968–1975	5,35	12,0	0,64	267,7	0,8	1326,7	3,9
'Альбатрос од.'	1990 — дотепер	6,15	11,6	0,73	312,0	1,1	1360,0	4,2
'Вікторія од.'	1996 — дотепер	6,07	12,1	0,73	281,7	1,1	1340,0	4,3
'Селянка'		6,38	11,8	0,75	315,0	1,2	1513,3	4,9
'Куяльник'		7,61	11,4	0,89	318,3	1,5	1440,0	4,6
'Ніконія'		6,10	12,4	0,75	357,7	1,6	1366,7	4,6
'Нива од.'		6,5	14,0	0,91	460,2	0,85	1410,2	4,9
'Мудрість од.'		7,6	13,2	1,0	480,5	0,9	1560,4	5,1
'Епоха од.'		8,5	13,6	1,15	510,4	0,89	1520,5	5,0
'Ера'		7,9	13,8	1,09	500,0	0,93	1580,4	5,2

Найбільш важливий показник технологічних властивостей — «сила борошна» (W) зріс з 267–286 до 460–500 о. а.

Різко підвищився об'ємний вихід хліба, від 1306–1340 до 1440–1580 см³ і загальна оцінка хліба зросла до 5,1 бала. Таке поліпшення технологічних властивостей у сучасних сортів озимої м'якої пшениці відбулося завдяки залученню в генофонд степових пшениць нових генів якості від 'Безостої 1' та ярих американських і мексиканських сортів [14].

Особливо значний прогрес у підвищенні хлібопекарських властивостей зерна отримано в СГІ–НЦНС із створенням екстрасильних пшениць ('Панна', 'Селянка', 'Куяльник', 'Вдала', 'Скарбниця од.', 'Епоха од. '), які за технологічними показниками знаходяться на рівні кращих ярих канадських сортів [16].

Відомо, що генетичний потенціал продуктивності і якості зерна сучасних сортів пшениці реалізується повною мірою тільки на підвищених агрофонах (100–120 кг N в д. р. на 1 га), тобто при рівні білковості не нижче 12–13 %. Із збільшенням дози азоту під час удобрення закономірно зростають основні показники хлібопекарської якості. Але не всі сорти мають однакову реакцію на внесення азотних добрив, а отже з різною ефективністю їх використовують [15].

У даній роботі було досліджено особливості реалізації генетичного потенціалу якості зерна у сортів озимої м'якої пшениці (14 сортозразків

вітчизняної селекції різних за інтенсивністю типів — високорослі екстенсивного й напівінтенсивного типів та короткостеблові високоінтенсивного типу) на різних фонах азотного мінерального живлення (N_{30} , N_{60} , N_{120} при PK_{30-45}).

У дослідженні виявлено специфічність реакції у сортів різних типів на дози азотного мінерального живлення, яка проявляється не лише в рості продуктивності, а й у певних змінах показників пружності і розтяжності клейковини (табл. 2). Зокрема виявлено, що високорослі сорти екстенсивного типу у переважній більшості малоефективно використовують низькі дози азоту (N_{30} , N_{60}) для підвищення урожайності (в середньому прибавка від внесення 60 кг азоту в д. р. на 1 га складала 7,9 %), але більш стабільно зберігають високі показники якості зерна. А сорти високоінтенсивного типу, навпаки, характеризуються високою позитивною віддачею на внесення азотних добрив збільшенням продуктивності (в середньому прибавка — 13,9 %), але на низьких агрофонах не реалізовується їхній генетичний потенціал якості (вміст білка в середньому 11,6 %, W — 315 о. а. відповідно).

Отже, високорослий сортотип пшениці в цілому забезпечує на низьких і середніх агрофонах більш високий і стабільний рівень якості зерна. У короткостеблових сортів з високим генетичним потенціалом якості зерна ('Куяльник', 'Вдала', 'Вікторія од.') при близьких середніх значеннях показників вмісту білка (13,2, 12,2, 12,4 %) та «сили» борошна (343, 354, 332 о. а.), виявлено суттєві відмінності за співвідношенням основних характеристик тіста — пружності (P) та розтяжності (L), оптимальне співвідношення яких для забезпечення високих хлібопекарських властивостей знаходиться на рівні одиниці. Так, сорти з високим генетично детермінованим показником пружності тіста (тип 'Куяльник') зі зміною доз азотних добрив (від N_{60} до N_{120}) зберігають однакову пружність ($P = 101-112$ од.) та низьку розтяжність (65–89 од.), відповідно співвідношення P/L у таких сортів становить близько 1,2–1,5 од., за рахунок чого їхні хлібопекарські властивості залишаються на невисокому рівні. Тому визначення їхнього потенціалу якості можливо на агрофоні, що перевищує дозу азоту 120 кг/га (рис. 1).

А сорти з P/L , близьким до оптимальної величини — 1 (тип 'Вдала', 'Вікторія од. '), характеризуються підвищеною чутливістю до внесення азотних добрив (рис. 1). Маючи середній рівень пружності на різних агрофонах (при N_{60} 87–95 од. та при N_{120} 89–95 од.), вони збільшують розтяжність клейковини відповідно до підвищення доз азотних добрив (91–112 од. та 72–101 од. відповідно), у результаті їхні хлібопекарські властивості поліпшуються.

Отже, одним з перспективних напрямів подальшого генетичного удосконалення культури пшениці м'якої озимої за хлібопекарськими властивостями може бути селекція короткостеблових, високоінтенсивного типу сортів пшениці м'якої озимої з генетично детермінованим оптимальним співвідношенням основних властивостей клейковини і тіста. Такі харак-

теристики мають нові сорти, створені у відділі селекції та насінництва пшениці: 'Гармонія одеська', 'Соната одеська', 'Мудрість одеська', 'Епоха одеська', 'Ера одеська', 'Нива одеська', 'Ліра одеська'.

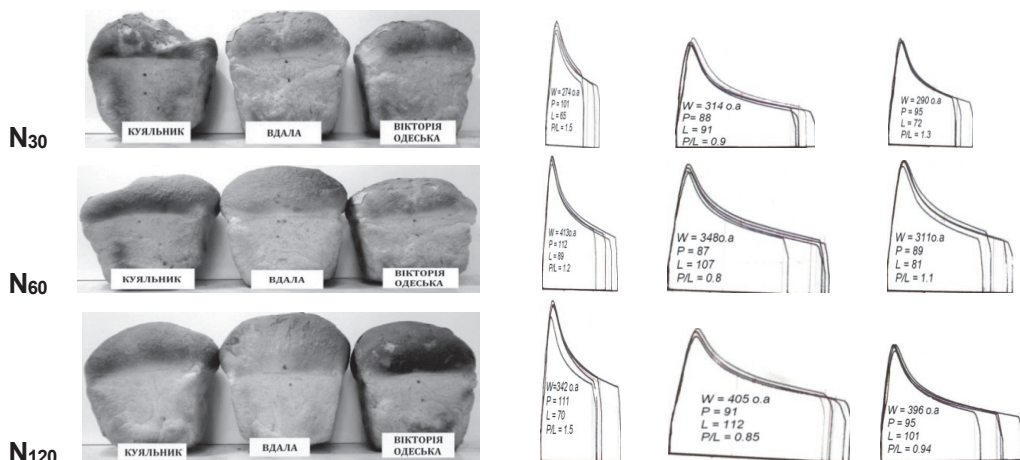


Рис. 1. Вплив різних доз азотного живлення на хлібопекарські властивості борошна та характер альвеограм у сортів озимої м'якої пшениці

Визначали критерії груп екстрасильних пшениць на висококонстантних лініях від схрещування сучасних комерційних сортів 'Українка одеська' та 'Фантазія одеська' з джерелом високих показників якості зерна — сортом 'Панна'. Вони були згруповані за основним показником якості — «силою» борошна на: слабкі — до 280 о. а., середні — 281–300 о. а, сильні — 301–350 о. а., екстрасильні — 351–400 і вище о. а (табл. 3).

Як видно з таблиці 3, більша частина ліній із комбінацій 'Панна' х 'Українка од.' — 45 шт. (80 %) і 'Панна' х 'Фантазія од.' — 55 шт. (67,9 %) відноситься до груп сильних і екстрасильних пшениць. Між групами ліній (слабкі, середні, сильні, екстрасильні) не спостерігається суттєвих відмінностей за середніми та мінімальними показниками вмісту білка. Максимальний рівень білковості у ліній, віднесених до сильних та екстрасильних, складав від 13,7 до 14,9 %, що значно перевищує максимальний рівень групи слабких та середніх, який знаходився в межах 12,5–12,7 %.

Слід зауважити, що експресія показника «сила» борошна має певну залежність від рівня білковості зерна селекційного матеріалу в конкретному експерименті: підвищення рівня білковості зерна поліпшує контрастність прояву груп ліній за силою борошна. А генетичні відмінності сильних і екстрасильних ліній починають проявлятися лише на рівні білковості зерна в експерименті вище 12 %. Водночас було помічено, що для групи ліній з показниками екстрасильної пшениці оптимальний діапазон вмісту білка в зерні, для максимального проявлення «сили» борошна, знаходиться в межах 13–14 %. Тому ефективна селекційна робота зі створення високоякісних генотипів екстрасильного типу можлива лише за умови створення відповідних агротехнічних фонів.

Таблиця 3

Вміст білка в зерні рекомбінантно-інбредних ліній, згрупованих за показником «сила» борошна

Група ліній за показником W , о. а.	Гібридна комбінація, кількість ліній (n)									
	'Панна' х 'Українка од.' (56)					'Панна' х 'Фантазія од.' (81)				
	кі-сть ліній, шт. (%)	вміст білка, x_{cp} , % , lim	SDS x_{30} , мг, lim	$W x_{cp}$, о. а., lim		кі-сть ліній, шт. (%)	вміст білка, x_{cp} , % , lim	SDS x_{30} , мг, lim	$W x_{cp}$, о. а., lim	
До 280 о. а. — слабкі	9 (16,1 %)	12,0±0,3 min — 11.4 max — 12.7	61±2,8 min — 46 max — 71	268±6,4 min — 270 max — 279		11 (13,5 %)	12,3±0,4 min — 11.1 max — 14.0	62±3,1 min — 43 max — 77	265±4,8 min — 224 max — 280	
281–300 — середні	11 (19,6 %)	12,4±0,2 min — 11.1 max — 15.0	67±1,9 min — 59 max — 74	289±1,5 min — 281 max — 296		15 (18,5 %)	12,3±0,1 min — 11.5 max — 14.5	69±1,5 min — 54 max — 76	290±1,4 min — 281 max — 299	
301–350 — сильні	27 (48,2 %)	12,4±0,3 min — 11.2 max — 14.3	75±1,5 min — 58 max — 88	325±2,8 min — 303 max — 350		25 (30,9 %)	12,5±0,3 min — 11.4 max — 13.7	75±2,2 min — 60 max — 93	323±2,7 min — 300 max — 350	
351–400 і > екстра-сильні	18 (32,1 %)	12,5±0,2 min — 11.1 max — 14.2	80±1,7 min — 63 max — 89	400±8,9 min — 350 max — 507		30 (37,0 %)	13,0±0,4 min — 11.4 max — 14.9	85±1,6 min — 70 max — 99	400±8,0 min — 350 max — 520	

Сорт 'Панна' як джерело високої якості несе в своєму генотипі алель Glt 1B5 (Glu B1₇₇₊₈ — за міжнародною класифікацією), який забезпечує високі хлібопекарські властивості борошна і позитивно впливає на такі фізичні показники, як еластичність і пружність тіста [17]. Важливо було дослідити, при яких комбінаціях алелів генотипи матимуть гарантований генетичний потенціал екстрасильних пшениць. З цією метою проведено групування даних якості зерна за окремими алелями чи їхнім певним поєднанням у генотипів, що утворились від двох комбінацій схрещування. У процесі дослідження було виявлено, що кожен з окремих локусів гліадину не має суттєвого впливу на підвищення якості зерна у ліній озимої м'якої пшениці. Найбільш стабільно експресується «сила» борошна у генотипів, які мають такі комбінації алелей: Gld 1A4, Gld 1B1, Gld 1D5 + Glt 1B5, Gld 1A4, Gld 1B1, Gld 1D4 + Glt 1B5, тобто такі поєднання можуть бути маркерами, що показують генетичний рівень якості зерна.

Дослідження впливу передзбирального проростання зерна в колосі на якість ліній різних груп за «силою» борошна показало, що показники якості не залежать від генетичного потенціалу здатності до проростання. З підвищенням спадково зумовленого рівня якості пшениці негативний вплив ферменту α -амілази на технологічні властивості борошна знижується (рис. 2).

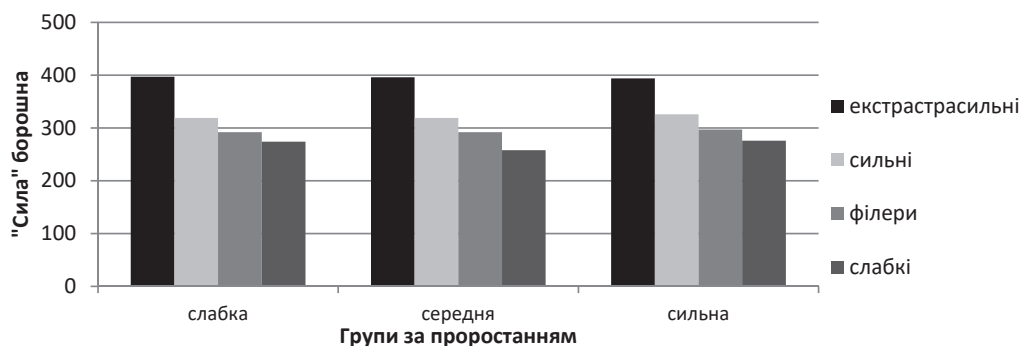


Рис. 2. Зв'язок проростання зерна «на пні» та генетично детермінованого рівня якості

Одним із досить цікавих напрямів селекції пшениці озимої на підвищення хлібопекарських властивостей є використання джерел якості з різними системами їхнього генетичного контролю [16]. Використання різних генетичних джерел в гібридизації на поліпшення хлібопекарських властивостей вивчалось на матеріалі константних ліній F_5 — F_6 (429 шт.), отриманих від схрещування сортів місцевої селекції ('Одеська 16', 'Одеська 51', 'Одеська 267', 'Одеська 132', 'Безоста 1', 'Одеська напівкарликова', 'Лузанівка', 'Вікторія од.', 'Супутниця', 'Скарбниця од.', 'Вдала', 'Ер. 1112/01') з генетичними джерелами високих технологічних властивостей (з різними системами контролю якості) — сортами екстра-сильної озимої м'якої пшениці 'Панна' та 'Селянка' і сортами ярої канадської пшениці 'Glen lee' та 'AC Superb' (алель Glt 1B5).

У результаті досліджень було виявлено, що залучення до гібридизації донорів з різним генетичним контролем якості зерна забезпечує можливість отримання в F_5 – F_6 генераціях гібридів позитивних трансгресій (з частотою від 0,22 до 6,9 % та ступенем трансгресії від 4,1 до 18,2 %) (табл. 4).

Як видно з таблиці 4, найвищими частотою і ступенем прояву трансгресій характеризуються лінії, створені на основі ярих сортів 'Glen lee' та 'AC Superb' (T_4 = 20,9–45,7 %, T_5 = 2,3–18,6 %). Причому якщо кращі лінії, створені на генетичній основі озимих джерел, досягаючи максимальних величин седиментації на рівні 84–90 одиниць, практично не давали позитивних трансгресій за вмістом білка, то лінії від ярих джерел максимальні величини седиментації (88–96 мл) поєднували з підвищеним вмістом білка до 13,8–14,3 %.

Одним із перспективних напрямів подальшого удосконалення сортів пшениці м'якої озимої є залучення нових генетичних джерел господарсько і біологічно цінних ознак, зокрема створених на основі віддаленої гібридизації з дикими співродичами пшениці. Це — інтрогресивні лінії з новими ефективними генами стійкості до фітозахворювань, стійкістю до низьких температур і посухи, проростання на пні. Власне, введення в місцевий генофонд пшениці сортів, що несуть у своєму генотипі пшенично-житні транслокації (1BL/1RS, 1AL/1RS), які є найпоширенішими інтрогресіями в комерційних сортах пшениці м'якої озимої.

У відділі селекції та насінництва пшениці успішно реалізується програма застосування в селекції пшенично-житніх 1AL/1RS, 1BL/1RS та інших чужорідних транслокацій. Спеціальні дослідження за даною темою, проведені у відділі, розширили наукову інформацію про їхню роль як генетичного фону підвищення загального адаптивного потенціалу продуктивності рослин, витривалості до стресових факторів довкілля і, особливо, стійкості до хвороб в умовах Півдня України [18]. Було виявлено, що присутність транслокацій 1BL/1RS, 1AL/1RS негативно позначається на якості зерна та хлібопекарських властивостях борошна через підвищену кількість водорозчинних білків — альбумінів і секалінів (алель Sec-1) від жита. Водночас на фоні негативного впливу транслокацій у генотипів проявляється диференціація за ефектами на хлібопекарські властивості борошна. Це пояснюється тим, що вплив транслокацій на хлібопекарські властивості борошна значною мірою визначається генотиповим середовищем і агрокліматичними умовами вирощування рослин. Також у процесі досліджень було виявлено, що присутність у геномі м'якої пшениці 1AL/1RS транслокації не призводить до різкого зниження цих показників у порівнянні з 1BL/1RS, і при комбінуванні в одному генотипі 1AL/1RS транслокації з алелями сильного позитивного впливу на хлібопекарські властивості можливе доведення до рівня цінної і сильної пшениці. Створені за даною програмою та внесені до Державного реєстру сортів України сорти 'Житниця одеська', 'Октава одеська', 'Ліга одеська'

вирізняються стійкістю до бурї, стеблової і жовтої іржі, твердої плівчастості сажки, септоріозу і перенофорозу, фузаріозу колоса. За рахунок комбінування транслокації 1AL/1RS із алелями сильного позитивного впливу на технологічні показники якості зерна вдалось частково нейтралізувати негативний вплив житніх білків, які контролюються генотипом Sec-1. Всі зазначені сорти відносяться до сильних або цінних за якістю зерна.

Висновки. Селекційне удосконалення урожайності сортів пшениці м'якої озимої за істотного поліпшення основних хлібопекарських властивостей актуалізує введення, крім наявних 3 груп, за якістю — філерів, цінних, сильних також і четвертої групи — екстрасильних пшениць. До них мають відноситися такі, що за мінімального вмісту білка в зерні (12 %) здатні забезпечувати генетично детермінований показник «сили» борошна від 450 о. а. і вище, показують оптимальне співвідношення основних фізичних показників (P/L) та несуть у своєму генотипі певні біохімічні маркери генетичного рівня якості та стійкості до проростання «на пні».

У процесі досліджень генетичних колекцій сортозразків пшениці м'якої озимої та ярої та інших ознак за фенотипом важливо використовувати метод електрофорезу запасних білків для ідентифікації алелів з позитивним впливом на якість зерна та визначення географії їх розповсюдження.

Селекція екстрасильних генотипів має свої особливості в плані створення і виділення генетичних джерел з ефективними генами підвищення якості зерна, залучення їх в гібридизацію і отримання бажаних рекомбінантів та створення спеціальних фонів для їхнього добору на різних етапах селекційного процесу.

Використання в гібридизації різних генетичних джерел якості зерна з вирізняльними системами її контролю озимого та ярого походження дають можливість отримання позитивних трансгресій за рівнем седиментації та вмісту білка: частота та ступінь трансгресії в F_5 та підтверджені в F_6 складали 0,22–6,9 % та 4,1–18,2 % відповідно.

Перспективним напрямом удосконалення генотипів пшениці є використання в селекційному процесі інтрогресивних форм, зокрема введення в місцевий пшеничний генофонд сортів, що несуть у своєму генотипі пшенично-житні транслокації (1BL/1RS, 1AL/1RS). Транслокації 1BL/1RS, 1AL/1RS у пшеничному генотипі виступають як допоміжний генетичний фон, який підсилює його адаптивні властивості при формуванні урожайності за різних стресових умов та підвищує ймовірність отримання високопродуктивних генотипів. Незважаючи на те, що вони справляють негативний вплив на якісні показники зерна і борошна, та все ж при комбінуванні в одному генотипі 1AL/1RS транслокації з алелями сильного позитивного впливу на хлібопекарські властивості можливе доведення таких форм до рівня цінної і сильної пшениці.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Рибалка О. І., Литвиненко М. А. Новітні генетичні аспекти поліпшення якості пшениці. Вісник аграрної науки. 2009. № 4. С. 35–39.
2. Рибалка О. І. Якість пшениці та її поліпшення. К.: Логос, 2011. 494 с.
3. Рибалка О. І. Спеціалізація селекції сортів зернових культур — нагальна потреба часу. Посібник українського хлібороба. 2012. Т. 2. С. 159–167.
4. Рибалка О. І., Литвиненко М. А. Створення сортів пшениці спеціального використання. Вісник аграрної науки. 2009. № 6. С. 36–41.
5. Литвиненко М. А., Голуб Є. А. Критерії ідентифікації екстрасильних генотипів. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. Одеса, 2011. Вип. 17(57). С. 82–95.
6. Скачков И. А. Улучшение качества зерна сильных пшениц в хозяйствах центрально-черноземной полосы. Приемы и методы повышения качества зерна колосовых культур. Ленинград: Колос, 1967. С. 103–107.
7. Попереля Ф. О., Литвиненко М. А., Червоніс М. В., Соколов В. М., Волкодав В. В., Гончар О. М. Надсильна пшениця України. Хранение и переработка зерна. 2003. № 3 (45). С. 26–32.
8. Литвиненко М. А. Дослідження з селекційного удосконалення зернових культур в наукових установах УААН за останні 75 років. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. Одеса, 2007. Вип. 10 (50). С. 9–15.
9. Литвиненко М. А. Результати селекції сортів озимої м'якої і твердої пшениці на підвищення продуктивності та адаптивного потенціалу в Селекційно-генетичному інституті. Селекція і насінництво: міжвід. темат. наук. зб. Харків, 2006. Вип. 93. С. 9–20.
10. Литвиненко М. А. Реалізація потенційної продуктивності нових сортів озимої м'якої пшениці в степовій зоні України. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. Одеса, 1996. С. 6–12.
11. Литвиненко М. А. Особливості сортової політики, сортооновлення й сортозміни озимої м'якої пшениці за рекомендаціями одеських селекціонерів. Пропозиція. 2008. № 8. С. 46–47.
12. Литвиненко М. А., Голуб Є. А. Підвищення генетичного потенціалу продуктивності і показники якості зерна в селекції озимої м'якої пшениці. Зб. наук. праць Уманського держ. аграр. ун-ту. Умань, 2008. С. 389–399.
13. Литвиненко М. А. Реалізація генетичного потенціалу, проблеми продуктивності та якості зерна сучасних сортів озимої пшениці. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. Одеса, 1996. С. 6–12.
14. Литвиненко М. А., Голуб Є. А., Литвиненко Р. І. Роль сортів у підвищенні хлібопекарської якості озимої м'якої пшениці. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. Одеса, 2011. № 18 (58). С. 11–23.
15. Голуб Є. А. Особливості реалізації генетичного потенціалу якості зерна сортів озимої м'якої пшениці на різних фонах азотного живлення. Стратегії та практика розвитку агропромислового комплексу України: Всеукр. наук.-практ. конф., 13–14 квітня 2012. Одеса, 2012. С. 8–11.
16. Голуб Є. А. Особливості селекції екстрасильних за якістю зерна генотипів озимої м'якої пшениці. Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. 06.01.05. Одеса, 2012. 20 с.
17. Литвиненко М. А., Максимов М. Г., Червоніс М. В., Благодарова О. М. 'Панна' — перший комерційний сорт надсильної озимої м'якої пшениці. Зб. наук. праць СГІ — НАЦ НАІС. Одеса, 2004. Вип. 5 (45). С. 144–157.

18. Литвиненко М. А., Топал М. М., Щербина З. В., Зорунько В. І. Селекційна цінність пшенично-житніх транслокацій 1AL/1RS, 1BL/1RS в умовах півдня України. Сучасні напрями селекційного удосконалення пшениці: Міжн. наук.-практ. конф., присвячена 100-річчю селекції пшениці в СГІ–НЦНС, 1–3 червня 2016 р. Одеса, 2016. С. 107–109.

Надійшла 14.12.2017

UDC 633.11«327»:631.47.575:22:631.527:664.6/7

Lytvynenko M. A., Golub Ye. A. Plant Breeding and Genetics Institute —
National Center of Seed and Cultivar Investigation
e-mail: dr_litvin@ukr.net

**THEORETICAL ASPECTS OF EXTRA-STRONG BAKING QUALITY
GENOTYPES OF BREAD WINTER WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.)
BREEDING**

Theoretical aspects of bread winter wheat breeding for baking quality improvement to the extra-strong level and germoplasm development for breeding such type varieties are presented. The changes of yield capacity and quality indices during varieties replacement process in the South of the Ukraine have been established. On the base of recombinant-inbred lines there have been substantiated genetic technological and biochemical criteria of identification extra-strong quality genotypes on the final stage of breeding process. Effectiveness and peculiarity selection extra-strong genotypes created with use in hybridization genetic sources winter and spring types have been investigated. The results of realization of wheat breeding program with use of wheat-rye 1AL/1RS, 1BL/1RS translocations have been demonstrated.

УДК 633.11«327»:631.47.575:22:631.527:664.6/7

Литвиненко Н. А., Голубь Е. А. СГИ–НЦСС, Одесса
e-mail: dr_litvin@ukr.net

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕЛЕКЦИИ ЭКСТРАСИЛЬНЫХ
ПО КАЧЕСТВУ ЗЕРНА ГЕНОТИПОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ
(*TRITICUM AESTIVUM* L.)**

Представлены результаты изучения генетического разнообразия коллекционных образцов пшеницы мягкой озимой и яровой различного происхождения по комплексу хозяйственно и биологически ценных признаков и электрофоретическим спектрам запасных белков. Выделены наиболее ценные образцы по этим признакам и расширены сведения

о географии распространения аллелей, влияющих на качество зерна. Выявлены изменения урожайности и показателей качества в процессе сортосмен на юге Украины. На рекомбинантно-инбредных линиях обоснованы генетические, технологические и биохимические критерии идентификации экстрасильных генотипов на завершающем этапе селекции. Исследованы эффективность и особенности отбора экстрасильных генотипов на гибридах, созданных с участием генетических источников качества озимого и ярового происхождения. Показаны результаты реализации программы по использованию в селекции пшенично-ржаных транслокаций 1AL/1RS, 1BL/1RS.

УДК 633:631.527

А. А. ЛІНЧЕВСЬКИЙ, д. с.- г. н, голов. наук. співроб., акад. НААН,
І. Б. ЛЕГКУН, к. с.-г. н., ст. наук. співроб., зав. від.,
А. Б. БАБАШ, ст. наук. співроб.,
З. В. ЩЕРБИНА, к. с.- г. н., ст. наук. співроб., пров. наук. співроб.
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: legkun_i@ukr.net

ПРІОРИТЕТИ В СЕЛЕКЦІЇ ЯЧМЕНЮ (*HORDEUM VULGARE* L.) ДЛЯ СУЧАСНИХ УМОВ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНА В УКРАЇНІ

Наведені основні причини зниження обсягів виробництва ячменю в Україні, що пов'язується передусім із падінням культури землеробства, родючості ґрунтів та зміною погодних умов останніми десятиріччями. Пропонуються селекційні шляхи подолання об'єктивних проблем вирощування ячменю, що виникають в зоні ризикованого землеробства. Обговорюються проблеми селекції та виробництва озимих голозерних сортів. Подаються результати багаторічної селекції сортів ярого та озимого ячменю у СГІ–НЦНС на прикладі виробничого та державного випробування.

Ключові слова: ячмінь ярий, ячмінь озимий, ячмінь голозерний, тип розвитку.

Вступ. FAO (Продовольча і сільськогосподарська організація ООН) завжди відносила Україну до зони ризикованого землеробства. І це правильно. Адже періодично не лише південні регіони держави, а навіть Ліссостеп і Полісся підпадають під екстремальні посухи.

Виробникам зерна, особливо на Півдні України, працювати в таких умовах складно. Ніколи немає гарантії, що сходи будуть одержані вчасно, рослини розкущатися, а зерно наллється потрібними поживними речовинами.

До того ж ми самі ускладнили становище в аграрному секторі. Двадцять п'ять років, у часи незалежності України, наші горе-господарі знищували родючість чорноземів порушеннями системи землеробства [1–3]. Відмовились від сівозмін, головними культурами стали соняшник і ріпак, бо — високоприбуткові! Але вони ж і найбільше гублять родючість ґрунтів [4]. В той же час головні зернові культури нашої держави пшениця і ячмінь раптом стали другорядними, особливо ячмінь. У результаті чорноземи значно втратили гумус. Якщо на початку 20-го сторіччя гумусу в наших ґрунтах було до 7–8 % (у Кодимському районі Одеської області — навіть до 9 %) [5; 6], то сьогодні його залишилося 2,8–3,5 %, і цей показник і надалі знижується. Проте окремі передові господарства

зберегли гумус на рівні 4,0–4,5 % і одержують високі врожаї високоякісного зерна.

Із втратою гумусу ґрунти втратили водоутримуючу здатність [7], що призвело до посилення негативного впливу посухи.

Почастішали екстремальні стани, коли чи неможливо якісно провести посівну за відсутності вологи в ґрунті, чи ускладнено збирання врожаю через надмірну кількість опадів.

Результати досліджень. Останніми роками у нас спостерігаються значні кліматичні зміни. Так, у 2011/12 вегетаційному році склалися дуже несприятливі умови для озимого ячменю. З осені ґрунт був настільки пересушений, що сіяти ячмінь почали тільки наприкінці листопада на більшій частині України. Невеликі опади сприяли одержанню сходів, рослини увійшли в зиму в стані «початок кущіння», але вузлової кореневої системи не утворили, бо вузол кущіння знаходився в сухому шарі ґрунту. На кінець січня і в першу половину лютого в зону південного Степу прийшли значні морози, на поверхні ґрунту температури опускалися до -20°C , по області — до -27°C . Такі морози не спостерігалися від зими 2002/03 року. Температура у вузлах кущіння знизилася до -14°C . А це — критична ситуація, коли починається відмирання рослин. Якщо низькі температури утримуються кілька годин, ячмінь може витримати і -14°C , але якщо мороз буде тривалішим, загибель може настати і за -13°C . За таких умов на початок березня ячмінь у дослідях і насінницьких посівах зберігся лише на 50–70 %. Збереженню рослин у критичному стані сприяло те, що вони з осені пройшли чудове загартування і накопичили 38–42 % цукру у вузлі кущіння. Краще всіх перезимували дворучки 'Достойний', 'Снігова королева' і 'Дев'ятий вал'.

Але становище погіршила надзвичайна весняна посуха, і рослини з несформованою кореневою системою почали всихати і гинути. Типово озимі сорти вистояли тільки на 30 %, сорти-дворучки — на 50–70 %.

За 57 років селекції ячменю (А. А. Лінчевський працює в інституті з 1960 року) ми вперше спостерігали загибель озимого ячменю навесні через повну відсутність вологи в зоні розташування коріння. Отже, рослини, які витримали сильні морози, почали гинути від висихання.

Суттєво вплинули на урожай коливання вже плюсових температур. І в березні, і в квітні середньодобова температура була значно нижча від середньої багаторічної, і розвиток рослин затримувався на 7–10 днів. Але в першій декаді травня настала нетипова для Півдня висока температура: денна $+30^{\circ}\text{C}$ у тіні, нічна — $+20^{\circ}\text{C}$. Земля прогрівалася до $+40$ – 45°C . Це надто прискорило розвиток посівів, і ячмінь вийшов на кілька днів раніше звичайних строків. Як це вплинуло на врожай? Де пройшли дощі, негативної дії не було. Кущіння тривало навіть за високих температур. Де утримувалась сильна ґрунтова посуха, там утворення вузлового коріння і кущіння припинилося. Отож врожаї були невисокі — на рівні 20–30 ц/га.

До речі, у такому ж становищі опинилася тоді і пшениця, зрозуміло — з відповідними наслідками.

Ще більшої шкоди природа завдала в Миколаївській, Херсонській областях і в АР Крим.

Це змушує нас переорієнтувати селекцію ячменю на створення переважно посухостійких сортів. Питання посухостійкості у відділі селекції та насінництва ячменю СГІ–НЦНС вирішується у двох напрямках: залученням so_2 (ярі сорти 'Сталкер', 'Паллідум-107') та створенням скоро-стиглих генотипів (озимі сорти 'Достойний', 'Академічний').

Сьогодні в умовах виробництва потенціал наших сортів використовується лише на 25–30 %. Щоб показати значення технологій, ми провели спеціальне виробниче дослідження: висіяли озимий ячмінь по двох попередниках на полях насінницької агрофірми «Промінь», що на Одещині. Сорт 'Достойний' з площі 100 га по попереднику горох без зрошення дав по 104,0 ц/га, а 60 гектарів по ріпаку — 40,0 ц/га.

Багато хто вважає: ось візьмемо новий високоврожайний сорт і враз вирішимо всі проблеми зерновиробництва. Такого не буває. Чим більше позитивних властивостей має сорт, тим більше він потребує витрат і знань для реалізації його потенційних можливостей. Зараз у багатьох регіонах повністю знехтували технології вирощування майже всіх польових культур, а ячменю — в першу чергу, бо він, бачте, не вважається головною зерновою культурою держави (!), хоча в окремі роки саме ярий ячмінь вирішує проблему виробництва зерна, коли гине озимина.

Тому ми постійно звертаємо увагу керівних структур на необхідність державного контролю за використанням землі незалежно від форми власності.

Передові країни Європи не тільки мають посібник зведених технологій конкретно щодо відповідних умов вирощування по всіх культурах, але ці технології введені в Закон для обов'язкового застосування у виробництві. Порушення технологій жорстко карається: уперше — штрафні санкції, удруге — земля конфіскується у фонд держави й виставляється на продаж на конкурсній основі. Догляд за застосуванням технологій здійснюють Міністерства сільського господарства через своїх інспекторів. Адже земля — це національне надбання, і ніхто не має права по-хижацьки до неї ставитись.

Наука знає, як і що слід робити, але вона не має директивних важелів для його здійснення. Треба відроджувати систему сівозмін, про які у нас вже й забули, а відповідним інститутам у терміновому порядку розробити зональні технології вирощування хоча б основних зернових культур.

Ячмені, які культивуються у виробництві, розрізняють за типом розвитку і представлені ярими, озимими та сортами-дворучками, що підтверджено на генетичному рівні [8].

Адаптивність сортів **озимого ячменю** залежить від підвищеної фотоперіодичної чутливості і реакції на стадію яровизації. Високу зимоморозостійкість проявляють тільки чутливі до фотоперіоду сорти.

Ступінь прояву морозостійкості значною мірою може корегуватися умовами загартовування рослин. Наявність великої кількості сонячних днів у другій половині осені з частими коливаннями низьких плюсових та від'ємних температур веде до накопичення цукру в клітинах рослин, що і визначає, зрештою, їхнє виживання у конкретних умовах. Причому слабозимостійкі сорти загартовуються повільно й швидко втрачають цю набуту властивість. Морозостійкі, навпаки, загартовуються швидко і такими залишаються протягом зими.

У зв'язку з тим, що втрати врожаю озимого ячменю від вимерзання суттєвіші, ніж від захворювань, шкідників та бур'янів, разом узятих, підвищення морозостійкості селекцією та агротехнічними прийомами є важливим народногосподарським завданням.

Якщо говорити конкретно про виробничі умови Півдня України, де розміщується основна частина озимого ячменю, то найбільш адаптованими до цього регіону є дворучки. Саме цим пояснюється щорічне вирощування сорту 'Достойний' на площах понад 300 тис. га.

Біологічною особливістю дворучок є те, що за тривалості світлового дня менше 12 годин вони не переходять до стадії трубкування, а продовжують кущитися. Отже, такі генотипи є більш витривалі до зворотних холодів, що нерідко буває у південній зоні України наприкінці зими — на початку весни. Це дає їм змогу краще розвинутися при пізніх сходах, що в посушливому Степу трапляється дуже часто, а також розкущитися при зимово-весняних сходах, що також спостерігається досить часто. Сорти-дворучки встигають використати невеликі весняні запаси вологи для кущіння і в такі роки врожай дають вищий.

Але сіяти дворучки треба тільки після 21 вересня, бо коли дворучки вегетують при тривалості дня понад 12 годин, то розвиваються за ярим типом — починають колоситися ще до настання морозів, втрачають морозостійкість і гинуть за перших же морозів.

Останнім часом значення дворучок зросло у зв'язку з епіфітотіями вірусу жовтої карликовості ячменю (ВЖКЯ). Головний переносник захворювання — види попелиці. Сортів, стійких до ВЖКЯ, поки нема, тому заходи боротьби зводяться до якомога пізнішої сівби, коли з настанням холодних ночей попелиця перестає шкодити. При запізненні з сівбою знову ж таки краще ведуть себе дворучки.

Потенційно високу стійкість до низьких температур дворучки здатні формувати тільки на короткому світловому дні. Зі збільшенням фотоперіоду (тривалості дня) з 11 до 14 годин їхня морозостійкість різко знижується, а на 16-годинному дні дорівнює, практично, нулю.

Вивчення морозостійкості дворучок показало, що найбільш стійкими в умовах різко континентального клімату є генотипи, які оптимально поєднують високу фотоперіодичну чутливість із слабкою потребою в яровизації.

Найбільш цікаві такі дворучки, які після яровизації (оптимальним режимом яровизації озимого ячменю є температура +5 °C і короткий 11-го-

динний день) не прискорюють свого розвитку. Такими є дворучки Селекційно-генетичного інституту. За оптимальних для них строків сівби вони навіть у зими з тривалими відлигами проявляють високу стійкість до морозів і дають добрі врожаї.

Морозостійкість сортів-дворучок і типово озимих визначається різними факторами. Якщо у дворучок вона пов'язана передусім з реакцією на довжину дня ($r = 0,70-0,83$), то у типово озимих головним визначальним фактором є тривалість стадії яровизації. Чим сильніша реакція на тривалість дня або триваліша стадія яровизації, тим, як правило, вища морозостійкість, хоча така закономірність не є абсолютною.

Дуже корисною особливістю дворучок є те, що вони не переростають у процесі зимівлі, зате добре куцяться. Вони надто чутливі до тривалості дня, і поки він короткий (менше 12 годин), накопичують біомасу, але не йдуть у ріст навіть за високих температур.

Цінна властивість дворучок — це можливість вести їхнє насінництво і за сівби у лютневі вікна. У своїх насінницьких господарствах оригінальне насіння ми часто сіємо у два строки: першу половину в оптимальні строки з осені, другу половину — у лютневі вікна. І часто лютневі посіви дають вищий врожай, коли неможливо одержати нормальні сходи з осені за відсутності вологи. Врожаї 60–70 ц/га — це нормально за сівби у лютневі вікна.

За роки незалежності України до Державного реєстру сортів України занесені 38 сортів ярого ячменю і 21 — озимого. Причому всі сорти оригінальні, мають комплекс адаптивних ознак, високопродуктивні, стійкі до вилягання, хвороб, цінні за якістю зерна.

Основні площі розповсюдження озимого ячменю припадають на південні регіони: Одеську, Миколаївську, Херсонську області та Крим. Це зумовлено його недостатньою морозостійкістю. На сьогоднішній день ці сорти за морозостійкістю досягли свого біологічного бар'єра, і подальше його підвищення спостерігається переважно за іншими господарсько цінними ознаками, хоча й ведуться інтенсивні пошуки додаткових шляхів подолання недоліків озимого ячменю з проблем зимо-, морозостійкості. Тому поширення озимого ячменю в інші регіони України поки що стримується. Але у зв'язку з глобальними змінами клімату та створенням високоадаптованих до умов виробництва сортів площі під озимим ячменем останніми роками потроїлись і сягають 1,1 млн га, хоч ще зовсім недавно вони були на рівні 0,4–0,5 млн га. І знову таки — основні масиви зайняті сортами селекції СГІ–НЦНС, а перше місце з-поміж них в Україні займає 'Достойний' — понад 300 тис. га (рис. 1). Максимальний урожай у виробництві — 128 ц/га у 2013 році в ПП села Чулаківка Голопристанського району Херсонської області.

Нові сорти 'Буревій', 'Снігова королева' і 'Дев'ятий вал' сьогодні за врожаєм не перевершені ні одним з раніше відомих озимих сортів.

Сорт 'Дев'ятий вал' більш скоростиглий, тому дає кращі врожаї в посушливих умовах. У насінницьких посівах 2015 року по всій Україні він

займав за врожаєм перші місця. У 2016 році ФГ «Прогрес Агро» Балтського району Одеської області на площі 102 га було висіяно 15 тонн насіння сорту 'Дев'ятий вал', а зібрали 1000 тонн зерна, тобто врожай з 1 га складав 101 ц.



Рис. 1. Сорт-дворучка 'Достойний'

Сорти 'Снігова королева' (рис. 2) і 'Дев'ятий вал' (рис. 3) були створені за програмою селекції надурожайних сортів озимого ячменю на основі унікального ярого сорту 'Вакула'.



Рис. 2. Сорт-дворучка 'Снігова королева'

Оскільки в Україні сорти-дворучки виявили свою перевагу, ми і зробили 'Снігову королеву' та 'Дев'ятий вал' дворучками, надали їм

стійкості до сажкових захворювань і високої зимо-, морозостійкості. Причому ці сорти мало відрізняються щодо урожайності, але за фенотипом абсолютно різні. 'Снігова королева' — короткостебловий, стійкий до вилягання сорт, 'Дев'ятий вал' — середньорослий, з довгим колосом.



Рис. 3. Сорт-дворучка 'Дев'ятий вал'

У насінницьких посівах інституту Р-1 за 2012–2015 роки їх урожайність становила відповідно 77,8 і 79,4 ц/га (табл. 1).

Таблиця 1

Урожай сортів озимого ячменю у різні роки за зволоженням у насінницьких посівах СГІ–НЦНС, Одеса

Сорт	Дата за- несення в Реєстр	Урожай, ц/га				
		2012	2013	2014	2015	середнє
'Достойний', st.	2006	85,2	68,9	76,4	65,0	73,8
'Буревій'	2013	101,0	62,0	85,1	70,2	79,6
'Снігова королева'	2014	92,5	72,2	74,0	72,5	77,8
'Дев'ятий вал'	2015	105,0	70,1	70,7	71,5	79,4
НСР _{0,05}		3,7	4,1	3,1	3,6	

'Дев'ятий вал' значно перевищив 'Снігову королеву' за врожаєм тільки у 2012 році — 105 ц/га проти 92,5, але у 2013–2015 рр. 'Снігова королева' давала вищі врожаї. Зимо-, морозостійкість у неї теж вищі.

В екологічному сортовипробуванні 2015 року в Інституті сільсько-го господарства Причорномор'я урожай 'Снігової королеви' становив 101,7 ц/га, 'Дев'ятого валу' — 90,3. У багатьох інших екологічних сорто-випробуваннях 'Дев'ятий вал' був за врожаєм на перших місцях.

Тобто у виробничих умовах господарствам треба мати обидва сорти для стабілізації валових зборів зерна. А ще краще мати і типово озимий сорт 'Буревій'. За ті ж 4 роки (2012–2015) врожай 'Буревію' становив 79,6 ц/га, тобто був найвищим, до того ж це найзимо-, морозостійкіший сорт інституту. Особливо цінний 'Буревій' (рис. 4) у роки з поверненням морозів навесні, коли вже починається вегетація. Тоді в усіх сортів листя жовтіє, урожай знижується, і тільки 'Буревій' має абсолютно зелене листя. Так було і в 2014 році, коли 'Буревій' дав найвищий урожай.



Рис. 4. Сорт озимого ячменю 'Буревій'

У 2015 році два тижні під час наливу зерна спостерігався гострий брак вологи в ґрунті — на рівні 50–55 % ЗПВ у метровому шарі. В таких умовах не всі сорти реалізували свій потенціал. Тут на першому місці за врожаєм був сорт 'Айвенго' (табл. 2), який формує крупне зерно: маса 1000 насінин — до 60 г.

Сорти озимого ячменю СГІ–НЦНС складають основу виробництва зерна цієї культури в державі. У виробництві поширені сорти 'Росава' (1988), 'Основа' (1994), 'Метелиця' (2003), 'Зимовий' (2005), 'Трудівник' (2006), 'Достойний' (2006), 'Абориген' (2007), 'Академічний' (2012), 'Айвенго' (2012), 'Буревій' (2013), 'Снігова королева' (2014), 'Дев'ятий вал' (2015); з них 'Росава', 'Основа', 'Достойний', 'Абориген', 'Снігова королева' і 'Дев'ятий вал' — дворучки.

Починаючи із 'Зимового', всі наші сорти озимого ячменю мають високу стійкість до сажкових захворювань. Але вони можуть уражуватись смугастим гільмінтоспоріозом. Однак це є слабкістю не лише наших сортів. Це проблема всіх озимих сортів світової колекції. Тому обробіток посівів озимого ячменю фунгіцидами обов'язковий. Це краще робити

восени і повторювати навесні під час кушіння і перед колосінням. Гарантований приріст урожаю — 30–40 %. Так будується вся робота з виробництва зерна озимого ячменю в європейських країнах.

Таблиця 2

Урожайність сортів озимого ячменю в насінницьких посівах Р-1 у 2015 році

Сорт	Урожай і відхилення від стандарту, ц/га	Рік занесення до Реєстру сортів рослин України
'Достойний', st.	65,0	2006
'Айвенго'*	79,0 (+14,0)	2012
'Буревій'	70,2 (+5,2)	2013
'Снігова королева'	72,5 (+7,5)	2014
'Дев'ятий вал'	71,5 (+6,5)	2015
'Валькірія'	75,0 (+10,0)	ДСВ
'Презент' (голозерний)	55,0 (–10,0)	ДСВ
'Луран' (Чехія)	50,1 (–15,0)	2000

*Сорт 'Айвенго' повністю оновлений і насіння Р-1 вперше виходить на ринок. Насіння, яке є в деяких насінницьких господарствах, підлягає переведенню в товарне зерно як засмічене і що не відповідає опису сорту.

Розпочато новий перспективний напрям — селекцію озимого **голозерного ячменю**. З осені 2016 року перебуває у державному сортопробуванні сорт-дворучка 'Презент'.

Завжди вважалося, що створити сорт голозерного ячменю з урожайністю, вищою від показників плівчастих стандартів, неможливо [9; 10]. Теоретично голозерні ячмені за урожаєм мають поступатися плівчастим на 10–15 %. Саме стільки у плівчастих ячменів становить маса плівки, якої не мають голозерні генотипи. І так тривало багато років. Сьогодні ж уявлення про урожайність голозерних сортів дещо змінилося [11–13].

Сорт 'Презент' — доробок відділу селекції та насінництва ячменю. Це перший сорт озимого ячменю-дворучки голозерного типу, одержаний від схрещування 'Достойний' × БРЛ-5GR. В умовах жорсткої посухи 2015 року дав 55,0 ц/га. Середньостиглий, стійкий до вилягання, середньостійкий до листостеблових хвороб, високостійкий до сажкових захворювань, зимо-, морозостійкість — на рівні 8 балів. Вміст білка — 16,2 %, маса 1000 зерен 35–37 г в умовах посухи. У перший же рік державного сортопробування показав чудовий результат (табл. 3).

У середньому по зоні Лісостепу при врожаї 86,1 ц/га він перевершив національний стандарт — сорт 'Достойний' на 21,4 ц/га. У цих же дослідях він перевершив за врожаєм і новий сорт-дворучку 'Валькірія' на 10,6 ц/га, але останній мав значно вищий потенціал урожайності — 105,5 ц/га. Тобто, резюмуючи вище викладене, можна впевнено говорити про новий етап селекційних досягнень — створення конкурентоспроможних голозерних ячменів.

Таблиця 3

Державне сортовипробування сортів ячменю в 2016 р.

Сорт	Зона вирощування	Урожайність стандарту, ц/га	Урожайність сорту (прибавка до стандарту), ц/га
'Презент', голозерний, дворучка	Лісостеп, в т. ч. Тернопіль	64,7	86,1 (+21,4)
'Валькірія', плівчастий, дворучка	Лісостеп, в т. ч. Вінниця	64,7	75,5 (+10,8)
'Моураві', плівчастий, ярий	Лісостеп, в т. ч. Вінниця	42,8	46,3 (+3,5)
	Полісся, в т. ч. Волинь	37,3	61,0 (+18,2)
		37,3	42,2 (+4,9)
		37,3	62,3 (+25,0)

А голозерні озимі сорти, вочевидь, будуть більш урожайними в однакових умовах порівняно з ярими — як плівчастими, так і голозерними.

За результатами 2016 року в сортовипробуванні інституту було виділено ще більш урожайні голозерні посухостійкі лінії, ніж сорт 'Презент' (рис. 5, табл. 4). Всі вони дворучки.



Рис. 5. Голозерний сорт-дворучка 'Презент'

З 2017 року в державному сортовипробуванні розпочато вивчення нашого нового сорту-дворучки 'Гордість Пальміри'. Середня врожайність його за роки випробувань в інституті становила 79 ц/га, з перевищенням голозерного контролю 'Презент' на 11,2 ц/га (11,7 %) (табл. 4).

Між тим хотілося б застерегти ентузіастів від поспішної заміни плівчастих сортів голозерними. У цьому немає ніякої необхідності. Адаптивні властивості плівчастого ячменю значно вищі: зерно не травмується

при обмолоті, довше зберігається неушкодженим у ґрунті при сівбі в суху чи холодну землю, менше уражується хворобами, які можуть передаватися через ґрунт. Тому плівчастий ячмінь завжди буде цінним кормом для тварин і через те, що плівка при його переробці й згодовуванні не видаляється, що підвищує поживність раціону. А от для виготовлення продуктів для харчування людей, дійсно, кращим залишається голозерний ячмінь.

Таблиця 4

Нові лінії голозерного ячменю

№ зп	Сорт, лінія	Походження	Урожай, ц/га	± до st.
	'Презент', st.		67,8	0
1	09–05–17	'Достойний' × селекційна лінія	77,7	+9,9
2	09–05–21	'Достойний' × селекційна лінія	82,7	+14,9
3	06–19–05	'Достойний' × БРЛ 6 GK	77,6	+9,8
4	06–19–21	'Достойний' × БРЛ 6 GK	81,4	+13,6
5	07–54–02	'Достойний' × БРЛ 1 GK	79,2	+11,4
6	06–18–14	'Достойний' × БРЛ 5 GK	81,6	+13,8
7	07–57–03	'Достойний' × X4	78,8	+11,0
8	'Гордість Пальміри'		79,0	+11,7

Проте для успішного вирощування голозерних сортів в умовах виробництва потрібно обов'язково розробити зональні технології і ретельно їх дотримуватись. Ґрунтуючись на досвіді Канади та інших розвинених країн, віримо, що й Україна матиме свої високоадаптовані до умов виробництва сорти голозерного ячменю, а їхні поживні властивості поліпшуватимуть здоров'я людей.

Неоцінене значення в зерновому балансі України має **ярий ячмінь**. Він добре росте всюди, де тільки можна його сіяти. І не тільки росте, а й здатний давати великі сталі врожаї, якщо йому приділяти уваги стільки, скільки пшениці, і сіяти за науково обґрунтованими зональними технологіями. Ми ж поки що вирощуємо його за «залишковим принципом», тобто повністю ігноруємо технології, сіємо по найгірших попередниках (соняшник, ріпак), у погано підготовлений ґрунт, добрива не вносяться і таке інше. Звісно, за такого ставлення врожаї не можуть бути високими.

У середньому сьогодні по Україні рівень урожайності ярого ячменю знаходиться в межах 22 ц/га, в той час як двадцять–тридцять років тому збори його сягали 30–32 ц/га. Це дає змогу чиновникам Мінагрополітики говорити про ярий ячмінь як низьковрожайну культуру і що потрібно скорочувати площі під ним. Звісно, цього не буде з кількох причин. По-перше, це найдешевша зернова культура за собівартістю вирощування, а вивозиться за кордон за найвищими цінами. По-друге, ячмінь став головною зерновою культурою тіньового ринку: його зерном розраховуються з приватними фірмами за пальне, добрива, засоби захис-

ту рослин. Причому цей ячмінь не проходить через органи державного контролю і не враховується ЦСУ. Тобто і врожайність, і валові збори зерна ячменю значно вищі від офіційно відомих.

Пошуки шляхів підвищення продуктивності ячменю як культури привели до розробки нового напрямку в селекції — створення сортів **ярого шестирядного ячменю** для умов високоінтенсивного землеробства. На виведення сорту нового типу 'Вакула' було витрачено 33 роки інтенсивної праці. У його генотипі — ознаки кращих зразків світової колекції (рис. 6). Якщо однотипні сорти давнішої селекції давали максимально 30–32 ц/га, то 'Вакула' на великих площах у перші ж роки впровадження у виробництво забезпечив 92–96 ц/га на великих площах при половинній нормі висіву насіння. Сорт так сподобався виробничникам, що через 3 роки після занесення його до Реєстру сортів рослин України у 2006 році, його посіви займали 1 млн га. Такого темпу поширення у виробництві не мав жоден сорт будь-якої культури.



Рис. 6. Сорт ярого багаторядного ячменю 'Вакула'

Сьогодні 'Вакулу' такими ж темпами впроваджують сусідні держави, а слідом за ним — і 'Геліос' та 'Галичанин'. 'Вакула' висівається починаючи від кордонів України аж до Приморського краю. По 800 тис. га він займає у Вірменії, поширюється вже й у Казахстані та Киргизії.

Кращі сорти ярого ячменю подаємо в таблиці 5. Вони теж складають основу виробництва зерна цієї культури в державі. Взяті показники різних років — з середнім зволоженням 2012-й, несприятливий 2015-й і сприятливий 2016-й. У 2012-му вологи під час наливу зерна не вистачило. Врожаї були на рівні 52,9– 65,4 ц/га. У 2013–2015 рр. спостерігалася різка посуха. Особливо несприятливим був 2015-й — урожай мали відпо-

Таблиця 5

Сорти ярого ячменю у різні роки зволоження у колекційному розсаднику

Сорт	Рік занесення до Реєстру	Урожай, ц/га				Маса 1000 зерен, г	Стійкість до вилягання, бал	Стійкість до захворювань, бал		
		2012	2015	2016	середнє за 3 роки			борошніста роса	гельмінто-споріоз	сажкові хвороби
'Сталкер'	1997	52,9	17,6	61,2	43,9	50–54	8	S-30	0–5	8
'Вакула'	2003	53,1	19,1	72,9*	48,4	46–51	8–9	S-20	0–5	8–9
'Водограй'	2005	59,4	20,2	70,5*	50,1*	50–51	9	S-20	0	9
'Геліос'	2006	59,2	21,1	73,0*	51,1*	44–51	8–9	S-15	0	8–9
'Командор', <i>st.</i>	2007	54,8	17,2	70,7*	47,6	42–46	9	S-15	0	9
'Еней'	2008	60,7	20,1	62,2	47,7	48–50	8	S-15	0	9
'Всесвіт'	2010	57,5	20,0	72,8*	50,1*	41–49	9	R-ms10	0–5	9
'Святогор'	2010	62,0	18,2	69,0	49,7	42–43	9	R-ms10	0	9
'Воєвода'	2012	65,4	18,0	71,6*	51,7*	43–45	9	R	0	9
'Лука'	2013	64,8	22,3	61,3	49,5	44–46	9	R	0	9
'Аватар'	2014	64,5	23,2	75,0*	54,2*	46–48	9	ms-15	0	9
'Гермес'	2015	64,4	22,6	64,9	50,6*	43–48	9	ms-15	0–5	9
Середнє по групі сортів:		59,5	20,0	68,7	49,6					
НСР _{0,05}		4,1	3,1	3,8						

Примітка: * — достовірно при 0,01 %.

відний –15–23 ц/га. Тоді у ярого ячменю не утворилася вузлова коренева система, рослини «трималися» на зародкових корінцях. Звісно, урожаю не могло й бути.

За адаптивними ознаками кращими для різних умов вирощування виявилися 'Водограй', 'Геліос', 'Всесвіт', 'Воевода', 'Аватар' і 'Гермес'. 'Аватар' у всі роки був за врожаєм на перших місцях (табл. 5).

Сорти 'Сталкер' і 'Командор' — національні стандарти України. 'Командор' 5 років вивчався на Іллінецькій сортопробувальній станції Вінницької області у порівнянні з 30 вітчизняними та іноземними сортами, і не було жодного випадку, щоб якийсь сорт перевершив його за врожаєм. А 'Сталкер' виявився взірцем посухостійкості, тому сьогодні він один з найпоширеніших сортів в Україні.

Всі інші сорти теж користуються великим попитом у виробництві. Сьогодні у числі найпопулярніших — 'Аватар'. За роки вивчення у державному сортопробуванні він завжди був на перших місцях.

В умовах Півдня України кращі врожаї отримують, коли весна приходить у третій декаді березня — першій декаді квітня, тобто коли можна вийти в поле і починати сівбу (рис. 7).

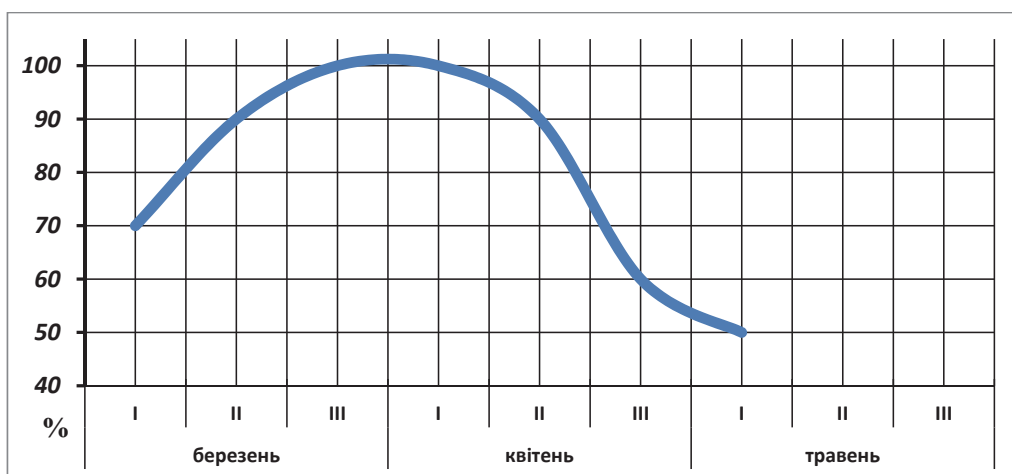


Рис. 7. Залежність урожайності ярого ячменю від періоду настання весни

Тут залежність така: чим пізніше приходить весна, тим більші запаси вологи накопичуються у ґрунті. Саме тоді і сіяти ячмінь. Якщо весна настає у першій декаді березня, високих врожаїв годі й чекати: холодна земля і незначні запаси вологи в ґрунті ведуть до того, що сходи з'являються не раніше як за 3–4 тижні, і врожаї ніколи не бувають високі. При сівбі у першій декаді квітня сходи з'являються на 5–7-й день, вони більш міцні й врожай дають вищий.

Друга декада березня і друга декада квітня теж сприятливі для одержання добрих зборів зерна. До речі, наші сорти ярого ячменю малочутливі до фотоперіоду.

Сівба у III декаді квітня веде до скорочення вегетаційного періоду рослин, при цьому прискорюються фази розвитку рослин, знижуються продуктивна кущистість, кількість зерен у колосі й урожай.

Висновки. 1. За сучасної низької культури землеробства в Україні сорти ячменю реалізують продуктивний потенціал на 25–30 %. виправити ситуацію можливо лише за жорсткого дотримання технологій вирощування.

2. Для умов Півдня України, де розміщується основна частина озимого ячменю, найбільш адаптованими є сорти-дворучки. Такі генотипи витриваліші до «зворотних» холодів, що нерідко буває у південній зоні України наприкінці зими — на початку весни. Сорти-дворучки ефективніше використовують зимові запаси вологи і формують врожаї вищі, ніж ярі. Саме цим пояснюється, що посівний клин ярого ячменю в Одеській області щороку складає в межах 160 тис. га, а озимого — удвічі більший (90 % — сорти-дворучки).

3. За останню п'ятирічку до Реєстру сортів рослин України занесено 5 сортів озимого ячменю. У виробництві поширені сорти озимого ячменю селекції СГІ–НЦНС 'Росава' (1988 року районування), 'Основа' (1994), 'Метелиця' (2003), 'Зимовий' (2005), 'Трудівник' (2006), 'Достойний' (2006), 'Абориген' (2007), 'Академічний' (2012), 'Айвенго' (2012), 'Буревій' (2013), 'Снігова королева' (2014), 'Дев'ятий вал' (2015); з них 'Росава', 'Основа', 'Достойний', 'Абориген', 'Снігова королева' і 'Дев'ятий вал' — дворучки.

4. Відділ селекції та насінництва ячменю СГІ–НЦНС повернувся до селекції озимого голозерного ячменю. Перші доробки у цьому напрямі — у державному сорто випробуванні перебувають 2 продуктивні голозерні сорти-дворучки 'Презент' і 'Гордість Пальміри'.

5. Незважаючи на «залишковий принцип вирощування» і невеликий врожаї, ярий ячмінь залишається незамінною страховою культурою. Пошуки шляхів підвищення його продуктивності призвели до започаткування нового напрямку в селекції — створення сортів ярого шестирядного ячменю для умов високоінтенсивного землеробства. Отримано вражаючий результат — створено сорт нового типу 'Вакула', який щороку займає площі понад 1 млн га.

За останні п'ять років до Реєстру сортів рослин України занесено 6 сортів ярого ячменю. Основу виробництва ярого ячменю в Україні складають такі сорти: 'Сталкер' (1997 року районування), 'Вакула' (2003), 'Водограй' (2005), 'Геліос' (2006), 'Командор' (2007), 'Воєвода' (2012), 'Аватар' (2014), 'Гермес' (2015).

6. Проходять державне випробування сорти ярого ячменю 'Моураві', 'Грааль', 'Таманго' і сорти озимого ячменю 'Валькірія', 'Презент' (голозерний), 'Гетьман Сагайдачний', 'Скарб Пальміри' і 'Гордість Пальміри' (голозерний).

Сорти ячменю СГІ–НЦНС складають основу виробництва зерна ячменю в Україні; одеські сорти стрімко поширюються на Російську Федерацію, Молдову, Вірменію, Казахстан, Киргизію.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Стан родючості ґрунтів України та прогноз його змін за умов сучасного землеробства [За ред. В. В. Медведєва, М. В. Лісового]. Харків: Штрих, 2001. 100 с.
2. Медведєв В. В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. Харків: ПФ Антика, 2002. 428 с.
3. Кисіль В. І. Стратегічні завдання ґрунтово-агрохімічної науки з реалізації національної програми охорони і підвищення родючості ґрунтів. Охорона родючості ґрунтів. 2004. Вип. 1. С. 45–49.
4. Кобець А. С., Грицан Ю. І., Крамарьов С. М., Мицик О. О. Сучасний стан родючості чорноземних ґрунтів та шляхи підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2016. 2(42). С. 5–11.
5. Онищук В. П., Голубченко В. Ф., Капустіна Г. А., Цандур М. О. Агрохімічний стан ґрунтів Одеської області і шляхи його поліпшення. Довідкове видання [Під ред. В. П. Онищука]. Одеса: СМІЛ, 2007. 52 с.
6. Флоря Л. В. Динаміка показників родючості ґрунтів Північно-Західного Причорномор'я. Вісник Одеського державного екологічного університету. 2011. Вип. 12. С. 92–103.
7. Софійченко В., Дацько Л. Гумус і родючість ґрунтів. Аграрний тиждень. Україна. Розділ: Рослинництво. <http://a7d.com.ua/plants/6789-gumus-rodyuchst-runtv.html>.
8. Стельмах А. Ф., Линчевский А. А., Файт В. И. Физиолого-генетическая регуляция скорости начального развития ячменей осеннего срока сева. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2017. Том 21. С. 199–204.
9. Rossnagel B. G. Developing high energy hulless feed barley for Western Canada. Proc. 4th Intern. Barley Symp. 1981. Edinburgh, 1981. P. 293.
10. Кирдогло Е. К., Левицкий А. П., Гаркавый О. П. Влияние признака голозерности у ячменя на урожайность и кормовые достоинства зерна. Науч.-техн. бюл. ВСГИ. Одесса, 1982. С. 28–34.
11. Anis'kov N. I., Krolevets S. S. Study of naked barley cultivars of the VIR World collection under conditions of the Siberian Irtysh river region. Rus. Agricultural Sci. 2008. V. 34. P. 293–295.
12. Железнов А. В., Кукоева Т. В., Железнова Н. Б. Ячмень голозерный: происхождение, распространение и перспективы использования. Вавиловский журнал генетики и селекции. Новосибирск, 2013. Том 17. № 2. С. 286–297.
13. Рибалка О. І., Поліщук С. С., Кірдогло Є. К., Моргун Б. В. Генетичні та селекційні критерії створення сортів ячменю голозерного харчового напрямку. Физиология и биохимия культурных растений. Киев, 2013. Т. 45, № 3. С. 187–205

Надійшла 13.10.2017

UDC 633:631.527

Linchevskiy A. A., Legkun I. B., Babash A. B., Shcherbyna Z. V. Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigations

e-mail: legkun_i@ukr.net

PRIORITIES OF BARLEY (*HORDEUM VULGARE* L.) BREEDING FOR MODERN CONDITIONS OF GRAIN PRODUCTION IN UKRAINE

The reasons for the decline in barley production due to a general fall in the crop culture, soil fertility and weather changes in recent decades are given. The ways to overcome the objective problems of growing barley, which arise in the zone of risky farming, are proposed. The problems of the breeding and cultivation of winter varieties of hull-less barley are discussed. The results of long-term selection of varieties of barley and winter barley in the PBGI–NC–SCI are given on the example of the results of production and state testing.

УДК 633:631.527

Линчевский А. А., Легкун И. Б., Бабаш А. Б., Щербина З. В. СГИ–НЦСС, Одесса

e-mail: legkun_i@ukr.net

ПРИОРИТЕТЫ В СЕЛЕКЦИИ ЯЧМЕНЯ (*HORDEUM VULGARE* L.) ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА В УКРАИНЕ

Определены причины снижения объемов производства ячменя в связи с общим падением культуры земледелия, плодородия почв и изменением погодных условий в последние десятилетия. Предлагаются пути преодоления объективных проблем выращивания ячменя, которые возникают в зоне рискованного земледелия. Обсуждаются особенности селекции и выращивания озимых сортов голозерного ячменя. Приведены результаты многолетней селекции сортов ярового и озимого ячменя в СГИ–НЦСС на примере результатов производственного и государственного испытания.

УДК 635.657:631.527

О. В. БУШУЛЯН, к. с.- г. н., ст. наук. співроб., зав. від.
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: bushulyan@ukr.net

ЕКОЛОГІЧНА ПЛАСТИЧНІСТЬ ТА СТАБІЛЬНІСТЬ УРОЖАЮ НАСІННЯ НУТУ (*CICER ARIETINUM* L.) СЕЛЕКЦІЇ СЕЛЕКЦІЙНО- ГЕНЕТИЧНОГО ІНСТИТУТУ

Надані результати визначення параметрів пластичності та стабільності урожаю насіння одинадцяти сортів нуту селекції Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення (СГІ–НЦНС) в умовах Півдня України. Дослідження підтвердили ефективність оцінки екологічної адаптивності сортів нуту звичайного за показниками пластичності та стабільності. Визначені сорти для інтенсивного та екстенсивного землеробства.

Ключові слова: нут, сорт, продуктивність, стабільність, пластичність.

Вступ. Створення і використання високопристосованих до певних зон вирощування сортів є однією із важливих та необхідних умов підвищення їхньої продуктивності та стабільності. Вивченням вихідного матеріалу за часом можна отримати певну інформацію про його пластичність, яка показує процес зміни в структурі та функціях рослин, які забезпечують виживання генотипу в різних умовах середовища [1]. Погодні умови не повторюються, їх градації зміщені з ефектом досліду в цілому. Якщо за роками показники сортів різняться, значить, наявна взаємодія «сорт – умови середовища», яку можна проаналізувати як дисперсійний комплекс [2].

Нут є перспективною бобовою культурою для України. Однією із важливих характеристик сучасних його сортів є їхня стійкість до лімітуючих факторів довкілля. Пристосованість сорту до різноманітних ґрунтових, погодних та кліматичних умов, а також спроможність формувати високий та стабільний урожай свідчить про його екологічну пластичність [3]. Підвищення потенціалу врожайності залишається фундаментально важливим завданням у селекційних програмах. Високої та стабільної урожайності можна досягти лише за певного співвідношення у генотипі бажаної потенційної продуктивності зі стійкістю до несприятливих екологічних факторів.

Для сільськогосподарського виробництва важливо підібрати сорти, стабільні за продуктивністю і придатні для вирощування у різних ґрунтово-кліматичних умовах регіону. У сприятливих умовах перевагу слід

віддавати сортам з високою потенційною продуктивністю, тоді як у несприятливих і екстремальних остання повинна поєднуватися з досить високою екологічною стійкістю.

Мета роботи — оцінити сорти нуту селекції СГП–НЦНС за екологічною пластичністю та стабільністю в умовах степової зони України, розрахованих за ознакою «урожайність насіння».

Матеріал і методика. У польових умовах вивчали 11 сортів нуту звичайного. Дослідження тривало протягом п'яти років (з 2013 по 2017). Показники пластичності та стабільності сортів визначали за методикою Eberhart S. A., Russel W. A. (1966) [4]. Сорти, коефіцієнт регресії у яких значно вищий одиниці, відносять до інтенсивного типу. Вони добре відгукуються на поліпшення умов вирощування. У роки з несприятливими погодними умовами вони різко знижують продуктивність. За коефіцієнтом регресії, рівному або близькому до одиниці (висока екологічна пластичність), зміна показників у сортів відповідно до зміни умов — на доброму агрофоні високі, на низькому — незначно знижуються. Нульове або близьке до нуля значення коефіцієнта регресії показує, що сорт не реагує на зміну середовища. Метод заснований на розрахунку коефіцієнта лінійної регресії (b), яка характеризує екологічну пластичність сорту та середнього квадратичного відхилення від лінії регресії (S_i^2), яка визначає стабільність сорту в різних умовах середовища [5–7]. Статистичну обробку даних проводили за методом дисперсійного та варіаційного аналізів Б. А. Доспєхова [8], розрахунок показників гомеостатичної та селекційної цінності — за В. В. Хангільдіним [9].

Досліди проводились на полях СГП–НЦНС, які знаходяться в центральній частині Одеської області. Агротехніка — загальноприйнята для зони. Попередник — пшениця озима. Облікова площа ділянки 18 м², чотирикратна повторність методом рендомізації. За погодними умовами роки були вкрай різноманітні. Так, 2013-й видався із наближеною до середньобаторічної кількості опадів та дещо підвищеною температурою повітря. Більшість опадів спостерігалася на початку травня та наприкінці червня. Вкрай несприятливі були 2014 і 2015 роки — з частими повітряними та ґрунтовими посухами. Особливістю 2016 року були: велика кількість опадів, перезволоження ґрунту та підвищена вологість повітря й ґрунту у фазі «цвітіння – формування бобів», що суттєвим чином позначилося на зав'язуванні та формуванні бобів, як і на розвитку хвороб. Рік 2017 характеризувався нерівномірним розподілом опадів протягом вегетаційного періоду нуту. Нерідко спостерігалися навіть зливи.

Екологічну пластичність визначали за наявності взаємодії генотип – середовище. Зауважено, що найбільший вплив на врожайність нуту на Півдні України мають саме умови року. Достовірно, але значно менше впливає сорт, як і взаємодія рік — сорт.

Результати дослідження. За погодними умовами роки значно різнилися, були як сприятливі, так і гостро посушливі, що і є характерним

для зони дослідження. Водночас різні погодні умови дозволили отримати найповнішу оцінку реакції сортів на фактори довкілля.

Негативне значення показника індексу середовища свідчить про несприятливі погодні умови формування урожаю, що якраз і спостерігалось у 2014 і 2015 роках, — $-0,71$ та $-3,18$ відповідно (табл.). Позитивні ж показники співпадали зі сприятливими умовами у період вегетації нуту, що мало місце у 2013, 2016 та 2017 роках — $2,5$, $0,29$ та $1,1$ відповідно.

Найбільшу середню урожайність за роки вивчення показав сорт 'Ярина' — $15,4$ ц/га. Найвищу урожайність отримали у сприятливі за погодними умовами 2013, 2016 та 2017 роки — $19,7$, $20,3$ та $18,1$ ц/га відповідно. Практично всі сорти, окрім сорту 'Антей', в середньому за п'ять років випробування випередили стандарт за урожайністю.

Таблиця

Вплив умов року на продуктивність сортів нуту, по роках

Сорт	Урожайність, ц/га						Параметри пластичності та стабільності	
	2013	2014	2015	2016	2017	середня, $\bar{x}_i$	b_i	S_i^2
'Буджак', ст.	14,6	10,4	7,4	7,3	6,7	9,3	0,89	2,01
'Розанна '	11,7	11,1	9,2	16,7	16,5	13,0	0,83	1,02
'Антей '	11,6	11,0	7,3	4,5	7,0	8,3	0,38	4,55
'Пам'ять'	12,0	10,2	9,4	18,4	17,4	13,5	0,96	0,13
'Тріумф '	19,2	10,5	7,3	5,9	8,1	10,2	1,55	7,65
'Одисей '	14,5	9,2	8,9	7,0	15,3	11,0	1,12	2,18
'Скарб '	16,9	12,5	9,1	10,6	11,7	13,9	1,87	4,01
'Александрит '	15,3	12,2	10,0	19,5	17,9	13,5	0,39	2,64
'Пегас '	13,5	14,5	9,9	9,2	11,9	11,8	1,29	1,07
'Ярина '	19,7	10,1	8,4	20,3	18,1	15,4	0,9	3,09
'Адмірал'	11,8	12,8	10,4	16,1	13,8	13,0	0,4	0,15
Сума, Σ	159,8	124,5	97,3	135,5	144,4			
Середнє, $\bar{x}_j$	14,5	11,3	8,8	12,3	13,1	12,02		
Індекс умов, I_j	2,5	-0,71	-3,18	0,29	1,1			

Значення коефіцієнта регресії (b_i) більше одиниці свідчить про високу чутливість сортів на зміни умов, але в той же час вони є високимогливими до рівня агротехніки, і тільки при дотриманні належних умов вирощування спроможні забезпечувати максимум віддачі. Серед досліджених сортів найбільшими параметрами стабільності характеризуються 'Скарб' (1,87), 'Тріумф' (1,55) і 'Пегас' (1,29). Сорти, коефіцієнт регресії яких значно вищий одиниці, слід відносити до інтенсивного типу. Вони вирізняються чутливістю на поліпшення умов вирощування. Сорти з показниками стабільності меншими від одиниці — 'Розанна' (0,83), 'Адмірал' (0,4), 'Александрит' (0,39) і 'Антей' (0,38) слід вирощувати за екстенсивною технологією, оскільки вони спроможні формувати максимальну урожайність при мінімальних затратах.

Сорти 'Одисей' (1,12), 'Пам'ять' (0,96), 'Ярина' (0,9) і 'Буджак' (0,89), у яких коефіцієнт регресії наближається до одиниці, характеризуються високою екологічною пластичністю. Зміна показників у таких сортів відповідає зміні умов — на доброму агрофоні вони високі, на низькому — незначно знижуються.

Особливо слід відмітити сорти 'Скарб', 'Одисей', 'Ярина' та 'Буджак'. Сорт 'Скарб' характеризується підвищеною чутливістю на поліпшення умов вирощування і спроможний при дотриманні інтенсивної технології формувати високий та стабільний урожай. Сорти 'Одисей', 'Ярина' та 'Буджак' також чутливі до поліпшення умов вирощування, але мало реагують на їхнє погіршення.

Висновки. Отже, дослідження підтвердили ефективність оцінки екологічної адаптивності сортів нуту звичайного за показниками пластичності b_i та стабільності S_i^2 .

Найвищу врожайність серед досліджених сортів показали 'Ярина', 'Скарб' та 'Пам'ять'. Після проведення досліджень в умовах варіабельності факторів середовища виділені сорти з високим ('Скарб', 'Тріумф' і 'Пегас') та середнім ('Одисей', 'Пам'ять', 'Ярина' і 'Буджак') рівнем адаптивності до умов вегетації. Найбільш стабільними за врожайністю були сорти 'Тріумф', 'Скарб' і 'Ярина'.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Потанин В. Г., Алейников А. Ф., Степочкин П. И. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Том 18, № 3. С. 548 – 552.
2. Генетические основы селекции растений. В 4 т. Т. 1. Общая генетика растений. Науч. ред. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Минск: Белорус. Наука. 2008. 551 с.
3. Краснова Ю. С., Шаманин В. П., Петуховский С. Л., Кирилюк Л. М. Экологическая пластичность сортов мягкой яровой пшеницы в условиях южной лесостепи западной Сибири. Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 35 – 43.
4. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 1966. V. 6, N 1. P. 36 – 40.
5. Мартынов С. П. Оценка экологической пластичности сортов сельскохозяйственных культур. С.-х. биология. 1989. № 3. С. 124 – 128.
6. Удачин Р. А., Головоченко А. П. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы. Селекция и семеноводство. 1990. № 5. С. 2 – 6.
7. Константинова О. Б., Кондратенко Е. П. Экологическая пластичность и стабильность новых сортов озимого тритикале. Вестник НГАУ. 2015. № 3. С. 13 – 18.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.
9. Хангильдин В. В. Гомеостаз компонентов урожая зерна и предпосылки к созданию модели сорта яровой пшеницы. Генетический анализ количественных признаков растений. Уфа: БФ АН СССР. 1979. С. 5 – 39.

Надійшла 26.12.2017

UDC 635.657:631.527

Bushulyan O. V. Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigation
e-mail: bushulyan@ukr.net

ENVIRONMENTAL PLASTICITY AND STABILITY OF CHICKPEA (*CICER ARIETINUM* L.) GRAIN YIELD DEVELOPED IN PLANT BREEDING & GENETICS INSTITUTE

The article presents the results of the determination of plasticity and stability parameters of eleven varieties of Plant Breeding & Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigation in the conditions of the South of Ukraine. The research has confirmed the effectiveness of evaluating the environmental adaptability of the varieties of common chickpea for the parameters of plasticity and stability. Varieties for intensive and extensive farming have been identified.

УДК 635.657:631.527

Бушулян О. В. СГІ–НЦСС, Одесса
e-mail: bushulyan@ukr.net

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ УРОЖАЯ СЕМЯН НУТА (*CICER ARIETINUM* L.) СЕЛЕКЦИИ СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Представлены результаты определения параметров пластичности и стабильности урожая семян одиннадцати сортов нута селекции Селекционно-генетического института — Национального центра семеноведения и сортоизучения в условиях юга Украины. Исследования подтвердили эффективность оценки экологической адаптивности сортов нута обычного по показателям пластичности и стабильности. Определены сорта для интенсивного и экстенсивного земледелия.

УДК 633.854.78:361.559

О. В. ЛАЗЕБА, асп.,

М. Я. ШЕВНИКОВ, д. с.-г. н., проф.

Полтавська державна аграрна академія, Полтава

e-mail: aleksandr.lazeba@outlook.com

e-mail: shevnikov@ukr.net

ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЇ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) НА ПОЗАКОРЕНЕВЕ ПІДЖИВЛЕННЯ МІКРОДОБРИВАМИ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОЇ ЧАСТИНИ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Застосування комплексних добрив із хелатними мікроелементами у позакореновому підживленні соняшнику забезпечувало активацію продукційних процесів та приріст урожайності. За два роки досліджень найвища продуктивність гібридів 'Початок' і 'Каменярь' була одержана за внесення комплексу З — відповідно 2,98 та 3,07 т/га, приріст до контролю (без добрив) становив 0,62 і 0,63 т/га.

Ключові слова: гібриди соняшнику, позакореневе підживлення, мікродобрива, продуктивність.

Вступ. Питання формування продуктивності соняшнику залежно від технології вирощування недостатньо вивчене, тому подальша розробка екологічно безпечних і економічно обґрунтованих агроприйомів не втрачає своєї актуальності. Один із напрямів її вирішення — це можливість введення ряду елементів мінерального живлення безпосередньо через листя.

Основним завданням нашого дослідження було розробити елементи технології вирощування соняшнику відповідно до ґрунтово-кліматичних умов лівобережного Лісостепу, зокрема визначити вплив різних систем позакоренового підживлення на біометричні показники рослин та формування елементів продуктивності у гібридів соняшнику.

Мета роботи — визначення ефективності використання комплексних добрив із хелатними мікроелементами за позакоренового підживлення соняшнику в лівобережній частині Лісостепу України.

Соняшник надзвичайно гостро реагує на забезпеченість ґрунту елементами мінерального живлення [1]. У середньому на утворення 0,1 т насіння ця культура виносить з ґрунту 4,0–6,0 кг азоту; 2,5–5,5 кг фосфору і 10,5–12,5 кг калію, а також до 1,7 кг магнію і 3,0 кг сірки. Це в кілька разів більше в порівнянні зі споживанням цих елементів іншими культурами, наприклад зерновими [2]. З-поміж мікроелементів соняшник найбільше потребує бору. Дослідження багатьох учених підтвердили, що споживання рослинами різних гібридів соняшнику макро- і мікроелементів та повернен-

ня їх у ґрунт із поживними рештками помітно відрізняються. Як також і потреба рослин в елементах живлення за фазами розвитку і росту [3–5; 6–10].

В умовах інтенсивної хімізації сільського господарства підвищення врожайності супроводжується зростанням вносу з ґрунту всіх факторів живлення, у тому числі мікроелементів [5]. Це підвищує потребу в застосуванні певних добрив на ґрунтах не тільки з недостатнім, але й із надмірним вмістом відповідних мікроелементів у доступних для рослини формах. Переважно вони необхідні рослинам у дуже незначних кількостях, що становлять тисячні і десятитисячні частки відсотків маси рослин. Однак кожний із них відіграє суворо певну роль в обміні речовин у рослині і не може замінюватися іншим елементом [1; 2].

Рослина може поглинути елементи живлення будь-якими надземними частинами, включаючи листя, стебла, плоди та навіть квітки. При цьому потрібні речовини потрапляють безпосередньо в ту або іншу частину стебла, в якій, як правило, найбільш інтенсивно відбувається перебіг життєвих процесів і де найчастіше бракує елементів живлення [9]. За ефективністю цей шлях надходження у 5–20 (а за деякими елементами у 100) разів «коротший» від традиційного живлення — через корінь.

Позакореневе підживлення соняшнику мікродобривами відіграє важливу роль у підвищенні урожайності, оскільки звичайні органічні або мінеральні добрива не можуть самостійно забезпечувати рослинам нормальний ріст і розвиток. Цей метод особливо важливий у так звані критичні фази розвитку рослини, коли необхідно забезпечити їй збалансоване живлення елементами, які б стимулювали утворення та закладання кошиків, а це в кінцевому підсумку і підвищує продуктивність культури.

Матеріали та методи. Дослідження проводили 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).

'Каменярь' — трилінійний 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 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. Напрямок 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 менш як 60–65 тис./га. Рекомендований для вирощування в умовах Степу та Лісостепу.

Отже, трохи технології. Насіння загортали на глибину 6–7 см, ширина міжрядь 70 см, норма висіву 50 тис. схожих насінин на гектар. Усі дослі-

дження здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик [11; 12]. Зокрема й у відповідності з технологією, прийнятою для зони. Попередник — озима пшениця. Площа облікової ділянки 30 м². Повторність у дослідях триразова. Розміщення ділянок рендомізоване. Варіанти обробки ділянок під час досліджень показано на схемі.

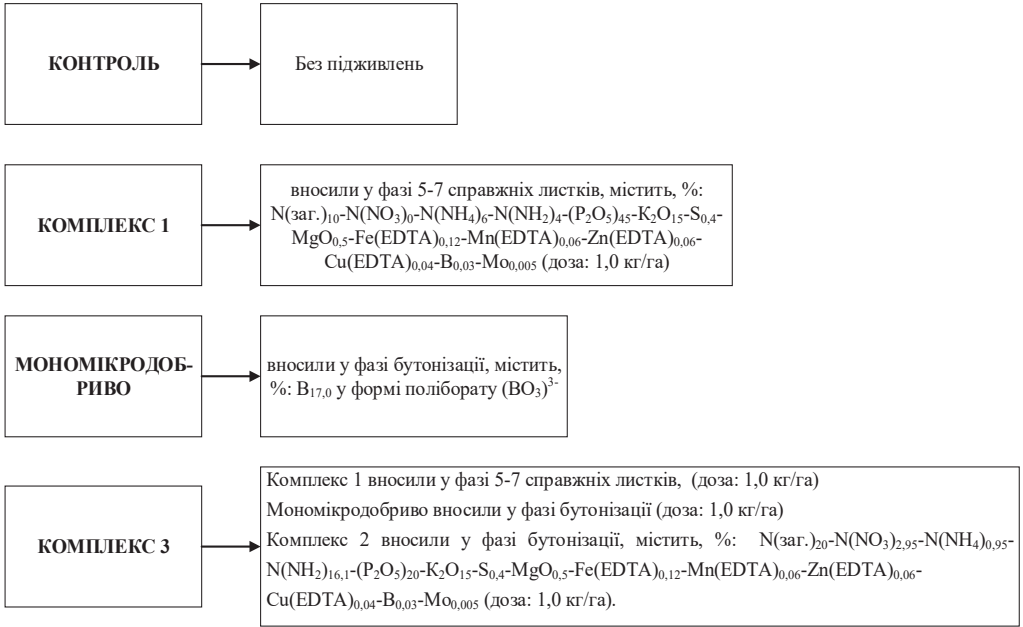


Схема. Варіанти обробки ділянок під час проведення польових досліджень

Параметри продуктивності (діаметр кошика, маса насіння у кошику, маса 1000 насінин, врожайність, олійність) визначали за методикою державного сорто випробування. Вплив комплексних добрив із хелатними мікроелементами на формування продуктивності вивчали після збору врожаю, господарську ефективність визначали за рівнем збереженого врожаю.

Одержані результати обробляли за методом дисперсійного аналізу на основі програми Microsoft Office Excel.

Клімат зони помірно континентальний, із нестійким зволоженням, холодною зимою і жарким, а часто й сухим літом. Середньорічна температура повітря становила + 7,7 °С, кількість опадів — 508 мм. За вегетаційний період (третя декада квітня — вересень) середня температура повітря становить 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 162,5 мм і 18,27 °С. Гідротермічний коефіцієнт дорівнював відповідно 1,29; 0,78 за норми 0,93.

Результати й обговорення. Діаметр кошика, маса насіння в кошику і маса 1000 насінин, як основні показники насінневої продуктивності, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Вплив комплексних добрив на врожайність та олійність насіння гібридів соняшнику, по роках

Гібрид	Варіант обробки	2016	2017	Середнє	± до конт-ролю
'Початок'	Діаметр кошика, см				
	Контроль	16,79	17,20	16,97	–
	Комплекс 1	18,79	18,90	18,85	1,88
	Мономікродобриво	19,17	19,30	19,23	2,26
	Комплекс 3	19,81	20,11	19,96	2,99
	HIP _{0.05}	0,21	0,27		
	Маса насіння у кошику, г				
	Контроль	23,27	24,42	23,84	–
	Комплекс 1	29,16	28,44	28,80	4,96
	Мономікродобриво	28,84	29,78	29,31	5,47
	Комплекс 3	29,87	31,92	30,89	7,05
	HIP _{0.05}	1,29	0,63		
	Маса 1000 насінин, г				
	Контроль	49,53	51,13	50,33	–
	Комплекс 1	53,90	54,03	53,97	3,64
	Мономікродобриво	54,03	53,67	53,85	3,52
	Комплекс 3	55,60	56,27	55,93	5,60
	HIP _{0.05}	0,63	0,58		
'Каменяр'	Діаметр кошика, см				
	Контроль	17,10	17,40	17,25	–
	Комплекс 1	22,50	22,02	22,26	5,01
	Мономікродобриво	22,14	22,00	22,07	4,82
	Комплекс 3	22,91	22,64	22,77	5,52
	HIP _{0.05}	0,31	0,35		
	Маса насіння у кошику, г				
	Контроль	20,20	20,09	20,14	–
	Комплекс 1	23,78	24,36	24,07	3,93
	Мономікродобриво	22,89	22,93	22,91	2,77
	Комплекс 3	24,99	24,80	24,90	4,76
	HIP _{0.05}	0,39	0,76		
	Маса 1000 насінин, г				
	Контроль	41,12	41,57	41,34	–
	Комплекс 1	43,60	43,76	43,68	2,34
	Мономікродобриво	42,20	42,30	42,25	0,91
	Комплекс 3	44,20	43,90	44,05	2,71
	HIP _{0.05}	0,59	0,85		

За використання позакореневого підживлення була виявлена позитивна реакція гібридів соняшнику на досліджувані фактори. Найсуттєвіше збільшення діаметра кошика спостерігалось на гібриді 'Каменяр'

із застосуванням комплексу 3 — 22,77 см, що перевищило контроль на 5,52 см (табл. 1). За використання цього ж комплексу на гібриді 'Початок' діаметр кошика зріс проти контролю на 2,99 см. Зауважено, що і комплекс 1, і мономікродобри в впливали «приблизно» однаково; їхнє застосування також сприяло збільшенню діаметрів кошиків обох гібридів (табл. 1). У порівнянні з 'Початком' гібрид 'Каменярь' показав суттєвіше збільшення кошиків за використання всіх трьох варіантів позакореневого підживлення.

Гібрид 'Каменярь' переважав за величиною кошика гібрид 'Початок', проте за масою насіння у кошику поступався йому. Внесення мікродобри в сприяло збільшенню маси насіння у кошику — в середньому від 5 до 7 г у гібрида 'Початок' та від 4 до 4,8 г у 'Каменяря', залежно від варіанта комплексних добрив. За масою насіння у кошику помітно вирізнявся варіант із внесенням комплексу 3. Цей показник становив у середньому за роки досліджень від 50,33 г у контрольному варіанті до 55,93 г за застосування комплексу 3 (табл. 1).

Маса 1000 насінин також розрізнялася залежно від гібрида і застосування варіантів позакореневого підживлення. Збільшувалася вона послідовно — у гібрида 'Початок' від комплексу 1 до комплексу 3 (28,80–30,89 г), у 'Каменяря' (43,68–44,05 г). Кращим за цим показником також був варіант із використанням комплексу 3 на обох гібридах (табл. 1). Мономікродобри в було досить ефективним, але поступалося комплексу 1 за цими ж показниками на обох гібридах.

Застосування комплексних добрив із хелатними мікроелементами за позакореневого підживлення соняшнику, як свідчать проведені дослідження, забезпечувало активацію продукційних процесів та приріст урожаю. У таблиці 2 подаються результати обліку врожайності досліджуваних гібридів. За період досліджень врожайність варіювала за роками, проте загальна для гібридів закономірність простежувалася.

У середньому за два роки найвища врожайність гібридів 'Початок' і 'Каменярь' була одержана за внесення комплексу 3, відповідно 2,98 і 3,07 т/га. Приріст до контролю (без добрив) становив 0,62 і 0,63 т/га. У разі внесення комплексу 1 і мономікродобри в також спостерігалось достовірне збільшення приросту врожайності у порівнянні з контролем, хоча значення приросту були помітно меншими (табл. 2).

Застосування різних мікродобри в позитивно позначилося не тільки на величині вирощеного врожаю, а й на його якісних показниках. Вміст олії у гібридів у варіантах із мікродобри вами перевершував показники контрольного варіанта (табл. 2). Внесення мікродобри в забезпечило певне зростання олійності гібридів. Так, у варіанті комплекс 1 приріст олійності склав 2,08 % ('Початок') та 1,8 % ('Каменярь'). У варіанті комплекс 3 — 0,94 % ('Початок') та 4,19 % ('Каменярь'). Лише за використання мономікродобри в спостерігалось незначне зменшення олійності у порівнянні з контролем у обох гібридів (табл. 2).

Таблиця 2

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

Гібрид	Варіант обробки	2016	2017	Середнє	± до контролю
'Початок'	Олійність, %				
	Контроль	50,86	52,71	51,78	–
	Комплекс 1	50,72	55,01	52,86	1,08
	Мономікродобриво	49,82	49,80	49,81	-1,97
	Комплекс 3	51,24	53,3	52,27	0,49
	HIP _{0.05}	0,44	0,58		
	Врожайність, т/га				
	Контроль	2,37	2,35	2,36	–
	Комплекс 1	2,75	3,03	2,89	0,53
	Мономікродобриво	2,83	2,63	2,73	0,37
	Комплекс 3	2,97	3,00	2,98	0,62
	HIP _{0.05}	0,1	0,16		
'Каменярь'	Олійність, %				
	Контроль	50,59	52,30	51,45	–
	Комплекс 1	51,50	53,27	52,38	0,93
	Мономікродобриво	50,16	52,02	51,09	-0,36
	Комплекс 3	52,61	54,60	53,61	2,16
	HIP _{0.05}	0,16	0,26		
	Врожайність, т/га				
	Контроль	2,50	2,39	2,44	–
	Комплекс 1	2,91	2,99	2,95	0,51
	Мономікродобриво	2,83	2,65	2,74	0,30
	Комплекс 3	3,01	3,15	3,07	0,63
	HIP _{0.05}	0,13	0,32		

З-поміж усіх представлених варіантів обробки посівів на обох гібридах найкраще себе показав комплекс 3. Так, за використання даного поєднання на гібриді 'Каменярь' рівень господарської ефективності становив 25,8 % (+0,63 т/га), а при застосуванні на гібриді 'Початок' — 26,3 % (+0,62 т/га). Отже, і врожайність гібридів за даного варіанта була максимальною.

За використання комплексу 1 на ділянках гібридів 'Каменярь' та 'Початок' рівень ефективності становив 20,9 та 22,5 % із прибавкою до врожаю 0,51 та 0,53 т/га відповідно.

За використання препарату варіанта мономікродобриво (В_{17,0} у формі поліборату) спостерігався дещо нижчий рівень господарської ефективності, а відповідно і врожайності. На гібриді 'Каменярь' вони становили 12,3 % (0,30 т/га), а на 'Початкові' 15,7 % (0,37 т/га).

Висновки. 1. Результати досліджень 2016–2017 рр. показали, що обидва гібриди при застосуванні позакореневого підживлення ефективніше використовували ресурс свого генетичного потенціалу і оптимізува-

ли вплив погодних умов на їхні господарсько-біологічні ознаки та властивості. Виявлено достовірне зростання елементів структури врожаю. Вони змінювалися залежно від рівня забезпеченості посівів мікродобривами. За величиною кошиків виділявся гібрид 'Каменярь' — від 17,25 до 22,77 см у діаметрі. Найбільші кошики було одержано при внесенні комплексу 3.

2. Позакореневе підживлення мікродобривами з хелатними мікроелементами забезпечило зростання урожаю насіння соняшнику на 0,37–0,62 т/га ('Початок') та 0,3–0,63 т/га ('Каменярь'). Серед усіх представлених варіантів досліджувані гібриди найкраще реагували на мікродобрива комплексу 3.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Мельник А. В., Троценко В. І., Говорун С. О. Винос основних елементів живлення рослинами соняшнику залежно від сортових особливостей, попередників і норм мінеральних добрив в умовах північно-східного лівобережного Лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2015. № 1–2. С. 25–28.
2. Ткаліч І. Д., Кабан В. М. Вплив обробітку ґрунту, добрив, строків сівби на забур'яненість, урожайність соняшнику. Бюлетень Інституту зернового господарства. Дніпропетровськ, 2007. № 31–32. С. 82–85.
3. Олійні культури України: монографія. М. М. Гаврилюк та ін.; за ред. А. В. Чехова. Київ: Основа, 2007. 416 с.
4. Єременко О. А. Продуктивність соняшнику залежно від мінерального живлення та передпосівної обробки насіння за умов недостатнього зволоження. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2017. № 3. С. 25–30.
5. Клименко І. І. Вплив регуляторів росту рослин і мікродобрива на урожайність насіння ліній та гібридів соняшнику. Селекція і насінництво. 2015. Вип. 107. С. 183–188.
6. Тоцький В. М., Поляков О. І. Вплив мінеральних добрив на показники продуктивності та якості насіння гібридів соняшнику. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН. 2011. № 14. С. 232–237.
7. Тоцький В. М. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на формування продуктивності соняшнику. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2014. № 20. С. 204–209.
8. Тоцький В. М., Лень О. І. Вплив системи удобрення на ріст, розвиток та урожайність гібридів соняшнику. Сучасні напрями селекції, технології вирощування та переробки олійних культур: матеріали міжн. наук. інтернет-конференції (Запоріжжя, 16 лист. 2017 р.). Запоріжжя: ІОК НААН, 2017. С. 152–154.
9. Шевченко О. М., Онопрієнко В. П., Оничко Г. О. Вплив систем удобрення на урожайність та господарські показники гібридів соняшнику в умовах північно-східного регіону України. Вісник Сумського НАУ. 2005. № 12. С. 55–58.
10. Yeremenko O., Kalitka V. Productivity of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) under the effect if AKM plant growth regulator in the conditions low moisture of southern Steppe of Ukraine. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS), 2016. Vol 9. P. 59–64.
11. Насінництво й насіннезнавство олійних культур. М. М. Гаврилюк, В. М. Соколов, О. І. Рижєєва та ін.; за ред. М. М. Гаврилюка. Київ: Аграрна наука, 2002. 222 с.

12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. Изд. 5-е, перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Надійшла 01.12.2017

UDC 633.854.78:361.559

Lazeba O. V., Shevnikov M. Ya. Poltava State Agrarian Academy, Poltava

e-mail: aleksandr.lazeba@outlook.com

e-mail: shevnikov@ukr.net

REACTION FEATURES OF SUNFLOWER HYBRIDS (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) ON FOLIAR FEEDING OF MICRONUTRIENT FERTILIZERS UNDER LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE ENVIRONMENT

As shown by the research, the use of complex fertilizers with chelated microelements during foliar feeding of the sunflower provided an increase in yield and activation of the production processes. During two years of research, the highest yield of Pochatok and Kamenyar hybrids was obtained while applying complex 3, 2.98 t/ha and 3.07 t/ha respectively, and increase to the control (without fertilizers) reached 0.62 t/ha and 0,63 t/ha.

УДК 633.854.78:361.559

Лазеба А. В., Шевников Н. Я. Полтавская государственная аграрная академия, Полтава

e-mail: aleksandr.lazeba@outlook.com

e-mail: shevnikov@ukr.net

ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) НА ВНЕКОРНЕВУЮ ПОДКОРМКУ МИКРОУДОБРЕНИЯМИ В УСЛОВИЯХ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ЧАСТИ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Применение комплексных удобрений с хелатными микроэлементами при внекорневой подкормке подсолнечника обеспечивало активацию продукционных процессов и прирост урожайности. За два года исследований самый высокий урожай гибридов 'Початок' и 'Каменярь' был получен при внесении комплекса 3 — соответственно 2,98 и 3,07 т/га, а прирост к контролю (без удобрений) составил 0,62 и 0,63 т/га.

ГЕНЕТИКА

УДК 575.11.113:854.78

А. Є. СОЛОДЕНКО, к. б. н., пров. наук. співроб.,
В. І. ФАЙТ, д. б. н., чл.-кор., зав. від.,
К. М. ХРИСТОДОРОВА, асп.,
Б. Ф. ВАРЕНИК, к. с.-г. н., ст. наук. співроб., зав. від.
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: angelika_solo@yahoo.com

ДОБІР ЗА ДНК МАРКЕРАМИ НОСІЇВ ГЕНА Pl_{ARG} СОНЯШНИКУ (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІНБРЕДНИХ ЛІНІЙ, СТІЙКИХ ДО НЕСПРАВЖНЬОЇ БОРОШНИСТОЇ РОСИ

Проведено молекулярно-генетичне та імунологічне дослідження вихідного матеріалу, який залучено до програми створення інбредних ліній соняшнику, стійких до несправжньої борошнистої роси. Здійснено маркерний добір гібридних рослин від схрещувань лінії — носія гена Pl_{ARG} RHA 419 з лініями селекції СГІ–НЦНС ОС 1019В та ОС 1029В за алелями мікросателітних локусів ORS610 та ORS1039. З популяцій F_2 відібрані рослини, які за генотипом відповідають батьківській лінії RHA 419. Імунологічним тестуванням підтверджена стійкість дібраних зразків до місцевої популяції *Plasmopara halstedii*.

Ключові слова: *Helianthus annuus* L., *Plasmopara halstedii*, ДНК маркери, ген Pl_{ARG} , стійкість, несправжня борошниста роса.

Вступ. Основною олійною культурою в Україні є соняшник. Внаслідок порушення науково обґрунтованих рекомендацій щодо площ його посіву і значного перевантаження сівозмін цією культурою поширилася і дуже зросла інтенсивність розвитку хвороб та шкідників і, як наслідок, зменшилася врожайність [1].

Серед патогенів соняшнику одним з найбільш небезпечних є збудник несправжньої борошнистої роси (НБР) — гриб класу ооміцетів *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. & de Toni. Гриб розвивається в усіх частинах рослини, переважно в молодих тканинах, залишаючи клітини без достатнього забезпечення асимілятами та водою. *P. halstedii* зустрічається у всіх основних районах вирощування соняшнику. Щорічно відзначаються епіфітотії, за яких рівень ураженості може сягати 60 %, а втрати врожаю — до 50 % [2]. На теперішній час налічують понад 30 рас НБР, серед яких найбільш шкодочинними є 330, 700, 703, 710, 730 та 770 раси [3]. У популяції *P. halstedii*, що поширена на Півдні України, виявлені 730 і 732 раси та не виключається присутність 330, 700 і 710 рас [4; 5].

Екологічно безпечним та економічно вигідним заходом захисту культури від несправжньої борошнистої роси є вирощування гібридів, яким властива генетична стійкість, тому однією з пріоритетних задач селекції соняшнику є створення самозапилених ліній-носіїв домінантних генів *PI* стійкості до НБР.

Пошук джерел стійкості до НБР ведеться серед зразків світового генфонду соняшнику. Використовуючи різноманіття генетичних ресурсів, селекціонер створює вихідний матеріал, який характеризується максимальним проявом ознаки і відноситься вже до категорії донорів стійкості [6]. Зменшенню обсягів опрацьованого селекційного матеріалу, скороченню терміну, необхідного для створення ліній чи гібридів, а також добору бажаних генотипів у практичній селекції сприяє застосування ДНК маркерів. Маркери, зчеплені з генами, які відповідають за прояв господарсько цінних ознак, дозволяють провести добір на рівні окремої рослини безпосередньо за генотипом, а не за фенотипом, що модифікується дією різноманітних факторів навколишнього середовища [7].

Для використання в селекційних програмах найбільша увага повинна приділятися джерелам генів *PI8* та *PI_{ARG}* [8], що зумовлюють стійкість проти всіх відомих на даний час рас *P. halstedii*. Гени *PI8* та *PI_{ARG}* локалізовані відповідно в 13 та 1 групах зчеплення генетичної карти геному соняшнику [9]. Можливість застосування ДНК маркерів, які дозволяють ідентифікувати ген *PI_{ARG}* [10] і значно підвищити ефективність добору зразків з генетично детермінованою стійкістю, надає першочергового значення при створенні сучасних ліній та гібридів соняшнику носіям зазначеного гена. Відома низка ліній-донорів гена *PI_{ARG}*: ARG1575–2, 79ARGMTP, RHA 419, RHA 420, RHA 443 [11]. Зазначені лінії отримані шляхом добору з південноамериканських популяцій дикорослого соняшнику *Helianthus annuus* L. або у результаті інтрогресивної гібридизації культурного соняшнику з дикорослим видом *Helianthus argophyllus* L. та широко використовуються селекціонерами різних країн для створення стійких ліній і гібридів, адаптованих до умов вирощування певних регіонів.

Мета нашої роботи — провести добір вихідного матеріалу за використання маркерів гена *PI_{ARG}* в генетико-селекційній програмі відділу селекції та насінництва гібридного соняшнику СГІ–НЦНС, яка спрямована на створення нових інбредних ліній зі стійкістю до несправжньої борошнистої роси.

Методика. Матеріалом дослідження слугували самозапилені лінії-відновники фертильності пилку соняшнику селекції СГІ–НЦНС: ОС 1019В та ОС 1029В та лінія RHA 419, яка залучена в селекційну програму зі створення стійких до несправжньої борошнистої роси нових інбредних ліній, адаптованих до вирощування в Україні; зразки F_1 і сегреганти популяцій F_2 та F_3 від комбінацій схрещування RHA 419 x ОС 1029В та RHA 419 x ОС 1019В. Лінія RHA 419 є носієм гена стійкості *PI_{ARG}*. Лінії ОС 1019В та ОС 1029В не ідентифіковані за наявністю певних генів *PI*.

Імунологічне дослідження проводили за експрес-методом лабораторної оцінки соняшнику на стійкість до НБР [12] із використанням ізолятів збудника несправжньої борошнистої роси, зібраних на полях ДП «Експериментальна база «Дачна» (Одеська область). Насіння пророщували в термостаті при 25 °С протягом 2–3 діб, після чого знімали лушпиння та витримували проростки в суспензії зооспор несправжньої борошнистої роси в термостаті при 13–15 °С протягом 20–24 год. Після інокуляції проростки (по 20–25 шт.) розміщували на смужках фільтрувального паперу, які закручували в рулони. Подальший розвиток інокульованих проростків відбувався в кліматичних камерах при 25 °С. Через 7 діб створювали умови вологої камери при 13–15 °С на 12–15 год, після чого з появою спороношення гриба на проростках ідентифікували стійкі та уражені зразки.

Для молекулярно-генетичного дослідження використовували листя та насіння рослин. ДНК виділяли 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 с при 60 °С, 30 с при 72 °С, 20 с при 92 °С; фінальна елонгація 5 хв. Електрофоретичне розподілення продуктів ампліфікації проводили в поліакриламідному гелі (10 % акриламід, 1 х трис-боратний буфер) з наступною візуалізацією азотнокислим сріблом. Документували отримані електрофореграми цифровою відеокамерою. Молекулярний розмір фрагментів ДНК визначали за програмою «GelAnalyzer 2010» відносно маркерів довжини фрагментів ДНК: GeneRuler 50 b. p., pUC 19 / MspI. Інформацію щодо нуклеотидних послідовностей праймерів для аналізу мікросателітних локусів отримали з бази даних [13].

Результати досліджень та обговорення. У відділі селекції та насінництва гібридного соняшнику СГІ–НЦНС виконується науково-дослідна робота зі створення генотипів, стійких до найбільш агресивних на сьогоднішній день рас несправжньої борошнистої роси. Донором стійкості обрана лінія RHA 419, в генотипі якої присутній ген PI_{ARG} . Ця лінія має походження від ARG1575–2 (cmsHA89 x *H. argophyllus*) [14]. Рекурентні генотипи в програмі гібридизації з донором гена PI_{ARG} — кращі за комплексом господарсько цінних ознак інбредні лінії-відновники фертильності пилку селекції СГІ–НЦНС ОС 1019В та ОС 1029В.

Раніше за дослідження 16 мікросателітів 1-ї групи зчеплення генетичної карти соняшнику нами була виявлена низка маркерних щодо гена PI_{ARG} локусів та показано, що детекція певних алелів за цими локусами дозволяє ідентифікувати генотипи — носії гена PI_{ARG} : зразки *H. argophyllus* або лінії RHA 419, RHA 420, RHA 443 [8; 10]. ПЛР-аналізом за маркерними мікросателітними локусами *ORS610*, *ORS509*, *ORS1182*, *ORS1039*,

ORS605 розрізнили лінії RHA 419, OC1019B, OC 1029B (рис. 1), а використання маркерів *ORS610* та *ORS1039*, що фланкують ген PI_{ARG} , дозволило ідентифікувати гетерозиготні F_1 та гетерозиготні і гомозиготні F_2 рослини від схрещувань RHA 419 x OC 1029B та RHA 419 x OC 1019B [15].

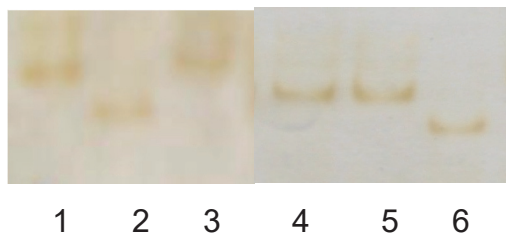


Рис. 1. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК ліній RHA 419 (2, 6), OC 1019B (1, 4), OC 1029B (3, 5) за мікросателітними локусами *ORS1039* (1–3) та *ORS610* (4–6)

За лабораторного імунологічного тестування батьківські лінії розрізнялися за стійкістю до місцевої популяції несправжньої борошністої роси. Лінії RHA 419 і OC 1029B проявили повну стійкість, лінія OC 1019B показала 100 % ураження (табл.). Тобто в генотипах ліній RHA 419 та OC 1029B наявні ефективні гени, які забезпечують стійкість до всіх рас місцевої популяції патогена, а лінія OC 1019B є носієм тільки рецесивних генів або подоланих генів стійкості. Для імунологічного дослідження F_2 використали частку насіння з кожної рослини F_1 з підтвердженням гетерозиготним генотипом за маркерними щодо гена PI_{ARG} локусами.

За лабораторної оцінки F_2 від схрещування RHA 419 x OC 1019B виявлено розчеплення за стійкістю. Взагалі визначено 96 стійких та 18 уражених рослин F_2 . Таке розчеплення за стійкістю не відповідає теоретично очікуваному при моногенному контролі ознаки співвідношенню 3:1, за якого повинна була б спостерігатися дещо більша кількість нестійких рослин ($\chi^2_{3;1}$ дорівнює 5,15, що суттєво більше $\chi^2=3,84$ для $df=1$ при $P=0,05$). Невідповідність розчеплення за певними ознаками зумовлюється, як правило, впливом на прояв ознаки генів-модифікаторів, недотриманням методичних вимог при проведенні оцінки ознаки, використанням генетично неоднорідного вихідного матеріалу або недостатніх вибірок, наявністю чужорідних транслокацій у вихідному матеріалі, а також випадковими причинами.

У популяції F_2 від схрещування RHA 419 x OC 1029B виявили 95 стійких зразків та шість з ознаками ураження. Таке розчеплення за стійкістю відповідає співвідношенню 15:1, яке спостерігається при дигенному контролі ознаки (критерій $\chi^2_{15;1}$ дорівнює 0,015, що значно менше $\chi^2=3,84$ для $df=1$ при $P=0,05$). За наявності одного домінантного алеля будь-якого з двох генів стійкості зразок F_2 від схрещування RHA 419 x OC 1029B є стійким до місцевої популяції НБР. За отриманими даними можливо стверджувати, що в генотипі лінії OC 1029B є ген PI , який контролює стійкість

Таблиця

Розчеплення на рослини, що стійкі або уражені збудником НБР, батьківських ліній (P_1 , P_2) і гібридів F_2 комбінацій схрещування RHA 419 x OC 1019B та RHA 419 x OC 1029B

Гібридна комбінація	P_1	P_2	F_2	χ^2	
				3:1	15:1
RHA 419 x OC 1019B	18:0	0:20	96:18	5,15	–
RHA 419 x OC 1029B	18:0	20:0	95:6	–	0,015

до рас НБР, присутніх у місцевій популяції патогена. Дослідження [4; 5] свідчать про поширення в південно-східній Україні 330, 700, 710, 730 та 732-ї рас НБР, серед яких останні дві є найагресивнішими. Гени, що надають стійкості до цієї раси: $PI5$, $PI6$, $PI8$. Найбільш імовірно є наявність у генотипі OC 1029B гена $PI6$, що був перенесений свого часу в культурний соняшник з екотипів *H. annuus*. $PI6$ контролює стійкість до 700, 703, 710 та 730-ї рас НБР, але дія цього гена подолана новими расами [16]. За даними відділу селекції та насінництва гібридного соняшнику лінія OC 1029B показує стабільну стійкість до місцевої популяції НБР протягом тривалого часу. Натомість, як показано у дослідженні Б. Ф. Вареника із співавторами [17], кращі лінії одеської та харківської селекції, які зовсім не мали ознак ураження НБР навіть у сприятливий для розвитку патогена рік, при підвищенні інфекційного навантаження на провокаційному фоні збудника виявилися ураженими. Тому необхідність введення ефективного проти всіх відомих патотипів НБР гена PI_{ARG} в генотип ліній української селекції, в тому числі тих, стійкість яких досі не подолана расами місцевої популяції патогена, не викликає сумнівів.

Молекулярно-генетичний аналіз ДНК, яку виділяли з листя індивідуальних рослин F_2 популяцій RHA 419 x OC 1019B та RHA 419 x OC 1029B, дозволив поділити їх за наявністю або відсутністю алелів маркерних локусів $ORS610$ та $ORS1039$ на три класи. Перший клас складали рослини, в генотипі яких присутні алелі лінії RHA 419. До другого класу віднесені рослини, що є носіями алелів, характерних для лінії OC 1019B або OC 1029B. Третій клас — гетерозиготні рослини, для яких характерні алелі обох батьків. За результатами маркерного аналізу популяцій F_2 RHA 419 x OC 1029B та RHA 419 x OC 1019B для подальшої селекційної роботи рекомендовані гомозиготні сегреганти, генотип яких відповідає генотипу батьківської лінії-донора гена PI_{ARG} RHA 419 (рис. 2: доріжки 1; 2; 4).

З вивчених двох популяцій F_2 загальною кількістю 60 рослин відібрано п'ять, які за генотипом відповідають лінії-донору гена PI_{ARG} RHA 419, тобто мають алелі 130 п. н. за локусом $ORS610$ та 190 п. н. за локусом $ORS1039$. За лабораторною оцінкою стійкості зразків F_3 , які є нащадками вищезазначених п'яти рослин F_2 , показана відсутність розчеплення: всі рослини виявилися стійкими. Отже, використання імунологічної оцінки стійкості дозволило верифікувати дані маркерного добору.

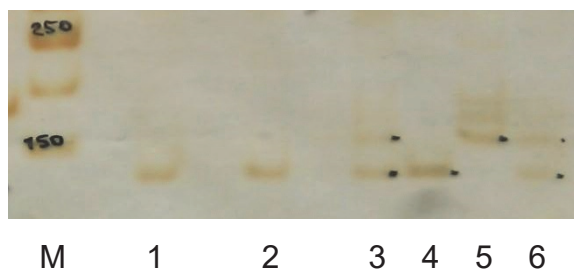


Рис. 2. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК рослин F_2 RHA 419 x OC 1029B за мікросателітним локусом *ORS610* (3, 6 — гетерозиготні зразки; 1, 2, 4 — гомозиготні зразки з алелем 130 п. н.; 5 — гомозиготний зразок з алелем 147 п. н.). М — маркер довжини фрагментів GeneRuler 50 б. п.

Рослини F_2 — носії гена стійкості PI_{ARG} в гомозиготному стані в подальшому будуть задіяні для створення інбредних ліній з генетично зумовленою стійкістю проти всіх відомих рас НБР.

Висновки. Проведено молекулярно-генетичне дослідження вихідного матеріалу, що залучений до програми створення інбредних ліній соняшнику, стійких до несправжньої борошнистої роси, за мікросателітними локусами, які щільно зчеплені з геном стійкості PI_{ARG} . Маркерним аналізом визначені генотипи сегрегантів F_2 , які отримані в результаті схрещування лінії RHA 419 (носій гена стійкості PI_{ARG}) з інбредними лініями селекції СГІ–НЦНС ОС 1019В та ОС 1029В. Поєднання даних маркерного та імунологічного аналізів дозволило ідентифікувати зразки F_2 — носії гена стійкості PI_{ARG} в гомозиготному стані для подальшого використання в селекції на стійкість до НБР.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Пузік В. К., Петров В. М., Бабарика Я. В. Стан і перспективи вирощування та формування ринку соняшнику в Україні. Агрономіка соняшника. Наук.-практ. збірник. 2014. Т. 2. С. 46–50.
2. Кириченко В. В. Селекция и семеноводство подсолнечника (*Helianthus annuus* L.). Харьков: МАГДА LTD, 2005. 385 с.
3. Mulpuri S., Liu Z., Feng J. Inheritance and molecular mapping of a downy mildew resistance gene, *PI13* in cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). Theor. Appl. Genet. 2009. V. 119. P. 795–803.
4. Солоденко А. Є., Вареник Б. Ф., Александрова О. Є., Сиволап Ю. М. Расовий склад несправжньої борошнистої роси та стійкість ліній соняшнику. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. 2013. Вип. 22 (62). С. 117–123.
5. Боровська І. Ю. Методологічні основи стійкості соняшнику до основних хвороб та їх практичне використання: Автореф. дис. ... д. с.- г. н.: спец. 06.01.05 «Селекція і насінництво». Харків, 2017. 51 с.
6. Петренкова В. П. Стан і перспективи селекції соняшнику на стійкість до хвороб. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Стійкість соняшнику до біо- та абіотичних чинників» (24–25 червня 2014, Харків). Харків, 2014. С. 16–20.

7. Литвиненко М. А., Топал М. М., Шестопал О. Л., Замбріборщ І. С., Галаєв О. В. Удосконалена технологія селекційного процесу пшениці м'якої озимої з використанням біотехнологічних і молекулярно-генетичних методів. Науково-методичний посібник. Одеса, 2015. 42 с.
8. Солоденко А. Є., Файт В. І. Ідентифікація джерел стійкості соняшника до несправжньої борошнистої роси та вовчка за ДНК-маркерами. Вісник Харківського нац. аграр. ун-ту. Серія Біологія. 2016. Вип. 3 (39). С. 57–63.
9. Duple C., Hahn V., Knapp S., Bauer E. Pl_{ARG} from *H. argophyllus* is unlinked to other known downy mildew resistance genes in sunflower. Theor. Appl. Genet. 2004. V. 109. P. 1083–1086.
10. Солоденко А. Є., Бурлов В. В., Сиволап Ю. М. Маркери гена стійкості соняшника до несправжньої борошнистої роси. Вісник Харківського нац. аграр. ун-ту. Серія Біологія. 2014. Випуск 3 (33). С. 59–65.
11. Wieckhorst S., Bachlava E., Duple C., Tang S., Gao W., et al. Fine mapping of the sunflower resistance locus Pl_{ARG} introduced from the wild species *Helianthus argophyllus*. Theor. Appl. Genet. 2010. V. 121. P. 1633–1644.
12. Долгова Е. М., Аладына З. К., Михайлова В. Н. Экспресс-метод оценки подсолнечника на устойчивость к ложной мучнистой росе. Селекция и семеноводство. 1990. Вып. 68. С. 50–55.
13. 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.
14. Miller J., Gulya T., Seiler G. Registration of five fertility restorer sunflower germplasms. Crop Sci. 2002. V. 42. P. 989–991.
15. Солоденко А. Є., Файт В. І. Ідентифікація генотипів соняшника гібридного походження за маркерами гена Pl_{ARG} стійкості до несправжньої борошнистої роси. Физиология растений и генетика. 2017. Т. 47. № 6. С. 506–512.
16. Delmotte F., Giresse X., Richard-Cervera S., M'Baya J., Vear F. et al. Single nucleotide polymorphism reveal multiple introductions into France of *Plasmopara halstedii*, the plant pathogen causing sunflower downy mildew. Infect. Genet. Evol. 2008. V. 8. P. 534–540.
17. Вареник Б. Ф., Боровська І. Ю., Дарморис К. М. Стійкість до захворювань самозапилених ліній та гібридів соняшнику (*Helianthus annuus* L.) вітчизняної селекції. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. 2016. Випуск 28 (68). С. 44–55.

Надійшла 04.04.2017

UDC 575.11.113:854.78

Solodenko A. Ye., Fayt V. I., Christodorova K. M., Varenik B. F. Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigations

e-mail: angelika_solo@yahoo.com

USING OF DNA MARKERS OF GENE PL_{ARG} WHILE CREATING OF RESISTANT TO DOWNY MILDEW SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) INBRED LINES

Molecular-genetic and immunological studies of the initial material which is used in the program of creating of resistant to downy mildew inbred sunflower lines were carried out. Hybrid plants from the crossing of the line-carrier of Pl_{ARG} gene RHA 419 with the lines of PBGI breeding OS 1019B and OS 1029B were received. Hybrid plants were genotyped by alleles of microsatellite loci *ORS610* and *ORS1039*. Marker assisted selection was used to detect F_2 plants with genotype corresponding to parent line RHA 419. Immunological testing confirmed the resistance of the selected segregants to the local population of *Plasmopara halstedii*.

УДК 575.11.113:854.78

Солоденко А. Е., Файт В. И., Христоророва Е. М., Вареник Б. Ф. СГИ–НЦСС, Одесса

e-mail: angelika_solo@yahoo.com

ОТБОР ПО ДНК МАРКЕРАМ НОСИТЕЛЕЙ ГЕНА PL_{ARG} ПОДСОЛНЕЧНИКА (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ, УСТОЙЧИВЫХ К ЛОЖНОЙ МУЧНИСТОЙ РОСЕ

Провели молекулярно-генетическое и иммунологическое исследование исходного материала, который используется в программе создания инбредных линий подсолнечника, устойчивых к ложной мучнистой росе. Осуществили маркерный отбор гибридных растений от скрещивания линии — носителя гена Pl_{ARG} RHA 419 с линиями селекции СГИ–НЦСС ОС 1019В и ОС 1029В по аллелям микросателлитных локусов *ORS610* и *ORS1039*. Из популяции F_2 отобраны растения, которые по генотипу соответствуют родительской линии RHA 419. Иммунологическим тестированием подтверждена устойчивость отобранных образцов к местной популяции *Plasmopara halstedii*.

УДК 633.11:631.524.86

Н. И. САУЛЯК, асп.,

К. П. ТЕРНОВОЙ, асп.,

О. В. БАБАЯНЦ, д. б. н., ст. науч. сотруд., зав. отд.,

А. А. ВАСИЛЬЕВ, к. с.-х. н., ст. науч. сотруд., вед. науч. сотруд.,

А. В. ГАЛАЕВ, к. б. н., вед. науч. сотруд.

СГИ–НЦСС, Одесса

e-mail: nadjasauljak@gmail.com

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) К *PUCCINIA GRAMINIS* PERS. F. SP. *TRITICI* ERIKSS ET HENN В УСЛОВИЯХ УКРАИНЫ

В Украине против возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss et Henn высокоэффективными являются гены Sr27, Sr31, Sr39 и Sr58. Их носители, особенно фито 4/16, фито 13/16 (57/12), фито 14/16 (57/12), фито 19/16 (43/14), фито 68/16, фито 116/16, фито 117/16, фито 169/16 (100/14), фито 177/16 (96/14), – надежные доноры устойчивости к патогену.

Ключевые слова: ген, устойчивость, пшеница, линия, сорт, эффективность.

Введение. В мире стеблевая ржавчина, вызываемая облигатным паразитом *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss et Henn, является одним из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний пшеницы. В различных ареалах, в частности и в Украине, её эпифитотии наблюдаются локально на высоковосприимчивых сортах пшеницы, особенно относящихся к виду *Triticum durum* L. [1].

В системе интегрированной защиты пшеницы от стеблевой ржавчины одним из основных методов является возделывание в производстве устойчивых сортов, особенно в эпифитотийно опасных зонах [1].

Селекция пшеницы на устойчивость к возбудителю стеблевой ржавчины осуществляется во многих странах, в т. ч. и в Украине. Ведется поиск источников и доноров устойчивости с эффективными для селекции Sr-генами, на основе которых создаются исходный селекционный материал и сорта. К сожалению, исследуемая устойчивость непостоянна. Она со временем теряется в результате появления в популяции патогена генотипов (изолятов, рас), преодолевающих устойчивость. Они могут проникать в Украину из других регионов. Это обуславливает необходимость постоянного или периодического контроля состава популяции патогена для своевременного выявления опасных его рас и поиска в генофонде пшеницы сортов, линий, форм с эффективными Sr-генами.

В СГІ–НЦСС селекция пшеницы на устойчивость к возбудителю стеблевой ржавчины, как и других болезней, ведется особенно интенсивно в последние 25 лет. Фитопатологами института после работ М. С. Крыжановской (1987) изучен расовый и генотипный состав популяции патогена, наблюдаемый на территории Украины в конце XX — начале XXI столетий. Определена их вирулентность и авирулентность к сортам и линиям пшеницы с некоторыми известными *Sr*-генами [2]. Выявлены источники и доноры устойчивости, идентифицированы *Sr*- и другие гены, созданы исходный селекционный материал и сорта пшеницы, устойчивые не только к возбудителю стеблевой ржавчины, но и к другим болезням [3–9].

В научной литературе имеется обширная информация о генах устойчивости к возбудителю стеблевой ржавчины. В каталоге Макинтоша с соавторами «Catalogue of gene symbols of wheat» имеется информация о 75 *Sr*-генах, из которых 29 происходят от других видов и родов злаков [10]. В предыдущие годы (1996–2011) фитопатологами СГІ изучена эффективность только некоторых из них. Эффективность многих *Sr*-генов не изучена из-за отсутствия материала (линий, сортов) с этими генами. Такая возможность представилась нам после получения нужного материала из генофонда США (USDA, Germplasm Resources information Network / <http://www.ars-grin.gov/>), за что выражаем благодарность руководителям указанной организации. Изучена эффективность *Sr*-генов на полученных сортах и линиях, носителях известных генов *Sr*, а также на линиях пшеницы, созданных в отделе фитопатологии и энтомологии института.

Материал и методы. Для определения эффективности *Sr*-генов в 2014 и 2016 гг. изучили устойчивость к возбудителю стеблевой ржавчины 38 линий и 7 сортов пшеницы:

- моногенные линии — носители *Sr*-генов: 5-Ra, 7a, 7b-Ra, 8, 9a, 9b, 9c, 9d, 10–18, 22–28, 36–40;

- сорта 'Acme' с *Sr9q*, 'Eincorn' с *Sr21*, 'Vernal' с *Sr9c*, 'Кавказ' с *Sr31*, 'Mc.Nair 701' с *SrMc.Nair*;

- сорта-индикаторы высокой восприимчивости: 'Michigan Amber', 'Chinese spring';

- линии селекции отдела фитопатологии и энтомологии СГІ (фито) 4/16, 13/16, 14/16, 19/16, 68/16, 116/16, 117/16, 169/16, 177/16. Их родословная представлена в таблице 1.

Устойчивость линий и сортов изучали в полевом инфекционном питомнике стеблевой ржавчины при искусственном заражении растений. Для инокуляции растений использовали урединиоспоры патогена. Сведения о расовом составе популяции патогена представлены в наших публикациях [1; 9].

Устойчивость линий и сортов изучали по интенсивности поражения растений и их реакциям на инфекцию патогена, руководствуясь общепринятыми методиками. Интенсивность поражения растений определяли по общепринятой 9-балльной шкале оценок [1].

Таблица 1

Родословная линий пшеницы отдела фитопатологии и энтомологии
СГИ–НЦСС

Линия	Родословная
4/16	(‘Амфидиплоид 4’ х ‘Альбатрос ² ’) х 4/64–91(‘Од. п/к’ х ‘Ае. <i>Cylindrica</i> ’) х ‘Од. п/к’) х ‘Тира’) х ‘Amigo’
13/16	(‘Волынская п. и.’ х 186/06 (‘Дон п. к.’ х ‘Ае. <i>variabilis</i> ’) х ‘Укр.’) х
14/16	‘Никония’)
116/16	(‘Guebon’ х ‘Куяльник’) х 184/06 (‘Од. п. к.’ х ‘Ае. <i>cylindrica</i> ’) х ‘Од. п.
177/16	к.’) х Лют. 23397
169/16	(16/06 (‘Обрий’ х ‘ <i>Tr. erebuni</i> ’) х ‘Од. 162’) х ‘Укр. од ² ’) х 156/06 (‘Дон. п. к.’ х ‘Ае. <i>variabilis</i> ’) х ‘Укр.’) х ‘Никония’)
68/16	(‘Купава’ х 367/06 (‘Од. п. к.’ х ‘Ае. <i>cul</i> ’) х ‘Од. п. к.’) х ‘Кирия’
19/16	(821/75–124/1 «RS» KLF _{6/7} (‘Куяльник’ х MA1)
117/16	(‘Raduza’ х 138/06(‘Дон. п. к.’ х ‘Ае. <i>variabilis</i> ’) х ‘Укр.’) х ‘Никония’ х ‘Amigo’

Результаты и их обсуждение. Анализ результатов оценок устойчивости моногенных линий пшеницы — носителей *Sr*-генов к возбудителю стеблевой ржавчины свидетельствует о нижеследующем. По интенсивности поражения (балл 2–5) и реакции растений на инфекцию патогена (баллы S, VS) линии пшеницы с *Sr*-генами 5-Ra, 7a, 7b-Ra, 8, 9a, 9b, 9d, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 23, 28, 36, 37, 40, Tmp характеризуются как восприимчивые (табл. 2). Полученные данные показывают, что эти гены эффективностью против возбудителя болезни не обладают. В Африке из всех перечисленных генов к расам «Ug99» эффективность сохраняют только гены *Sr36*, *Sr37* и *Sr40* [11; 12].

Линии и сорта пшеницы с генами *Sr9q*, *Sr9e* и *Sr17*, происходящие от *Triticum dicoccum* [10], по интенсивности поражения (балл 5) и типам реакции на инфекцию патогена (MR, MS, S) характеризуются как слабовосприимчивые — восприимчивые (табл. 2). Данные гены против возбудителя болезни недостаточно эффективны и самостоятельно защитить пшеницу не могут. Эти гены также неэффективны против рас «Ug99» [11; 12].

Линия с геном *Sr11*, происходящего от *Triticum durum* [10], по интенсивности поражения (балл 5) и типам реакции растения на инфекцию патогена (MR, MS) характеризуется как слабовосприимчивая (табл. 2). Это указывает на то, что ген против возбудителя болезни недостаточно эффективен и самостоятельно защитить пшеницу не может. Этот ген также неэффективен против рас «Ug99» [11; 12].

Сорт пшеницы ‘Eincorn’ с геном *Sr21*, происходящим от *Triticum monosocum* [10], по интенсивности поражения растений (балл 7) характеризуется как устойчивый. Типы реакции на инфекцию патогена неоднородны (табл. 2). Доминируют типы, характеризующие устойчивость (R, MR). Реже встречается «MS», характеризующий восприимчивость. Полученные данные показывают, что этому сорту в популяции патогена

встречаются как авирулентные, так и вирулентные изоляты патогена. Таким образом, ген *Sr21* против возбудителя болезни остается эффективным. В то же время, по данным Singh et al. [11], он неэффективен против рас «Ug99».

Таблица 2

Пораженность линий и сортов пшеницы возбудителем стеблевой ржавчины
Puccinia graminis f. sp. Tritici, 2014, 2016 гг.

Линия, сорт	Sr-гены	Происхождение Sr-генов	2014		2016	
			1*	2*	1*	2*
Thatcher/Chinese spring	5-Ra	<i>Tr. aestivum</i>	2	VS	3	VS
Egypt.NA101/6 Marquis	7a	<i>Tr. aestivum</i>	4	S	4	S
Hope/Chinese spring	7b-Ra	<i>Tr. aestivum</i>	4	S	4	S
RedEgyptian/Chinese spring	8	<i>Tr. aestivum</i>	4	S	4	S
RedEgyptian/Chinese spring	9a	<i>Tr. dicoccum</i>	4	S	4	S
PI442911 (Line AA. from Kenya wheat)	9b	<i>Tr. dicoccum</i>	4	S	4	S
Hope/ Chinese spring	9d	<i>Tr. dicoccum</i>	4	S	4	S
'Acme'	9q	<i>Tr. dicoccum</i>	5	MR, MS	5	MR, MS
'Vernal'	9e	<i>Tr. dicoccum</i>	5	MR, MS	5	MR, MS
W269/4Marquis/Egypt. Na95	10	<i>Tr. aestivum</i>	4	S	4	S
Timstein/ Chinese spring	11	<i>Tr. durum</i>	5	MR, MS	5	MR, MS
Thatcher/Baat	12	<i>Tr. durum</i>	4	S	4	S
PI442913 (Line S from Khapstein)	13	<i>Tr. dicoccum</i>	5	S	4	S
Khapstein/10 Marquis	14	<i>Tr. dicoccum</i>	4	S	4	S
Line AB (Selection from Kenya 744c6041)	15	<i>Tr. durum</i>	4	S	4	S
Thatcher/Chinese spring	16	<i>Tr. aestivum</i>	3	S	4	S
Prelude/8 Marquis2// ESP5–8-9	17	<i>Tr. dicoccum</i>	5	MR, MS, S	5	MR, MS, S
Hope/ Chinese spring	18	<i>Tr. dicoccum</i>	3	S	4	S
'Eincorn'	21	<i>Tr. monococcum</i>	7	R, MR (MS)	7	R, MR (MS)
PI442898 (Selection from Steinwedel)	22	<i>Tr. monococcum</i>	5	MR, MS	5	MR, MS
Warden/Hybrid English	23	<i>Tr. aestivum</i>	4	S	4	S
Little Club/Agent	24	<i>Ag. elongatum</i>	6	R, MR (MS)	7	R, MR (MS)
Little Club/Agrus	25	<i>Ag. elongatum</i>	4	S (MR)	4	S (MR)

Окончание табл. 2

Линия, сорт	Sr-гены	Происхождение Sr-генов	2014		2016	
			1*	2*	1*	2*
PI 442902	26	<i>Ag. elongatum</i>	6	R, MR (MS)	7	R, MR (MS)
PI 520494	27	<i>Secale</i>	8	VR, R	8	VR, R
Hope/Reliance/Re- vard/Mercury	28	<i>Tr. aestivum</i>	3	S	4	S
'Кавказ'	31	<i>Secale</i>	8	VR, R	8	VR, R
W2691	36	<i>Tr. timopheevi</i>	4	S	4	S
PI 442915	37	<i>Tr. timopheevi</i>	5	S	5	S
VPM1/Anza	38	<i>Ae. ventricosa</i>	6	MR, MS	7	MR, MS
PI 600683	39	<i>Ae. speltoides</i>	7	VR, R	8	VR, R
Norin 40/Honika/Ko- nosu 26	40	<i>Tr. durum</i>	4	S	3	S
PI 658467	Tmp	<i>Tr. aestivum</i>	4	S	4	S
'Mc Nair 701'	Mc Nair	<i>Ae. umbellulata</i>	5	MR, MS	6	MR, MS
Фито 4/16 (4/15)	Amigo 24	<i>Secale cereale</i> <i>Ag. elongatum</i>	8	VR, R	8	VR, R
Фито 13/16 (57/12)	31+58 24+58	<i>Secale cereale</i> <i>Ag. elongatum</i>	8	VR, R	8	VR, R
Фито 14/16 (57/12)	15+31 15	<i>Tr. durum</i> <i>Secale cereale</i>	8	VR, R	8	VR, R
Фито 19/16 (43/14)	24+58	<i>Ag. elongatum</i> <i>Frontana</i>	8	VR, R	8	VR, R
Фито 68/16 (67/14)	58	<i>Frontana</i>	8	VR, R	8	VR, R
Фито 116/16 (54/15)	15+31+58	<i>Tr. durum</i> <i>Secale cereale</i>	8	VR, R	8	VR, R
Фито 117/16 (96/14)	Amigo + 24	<i>Secale cereale</i> <i>Ag. elongatum</i>	8	VR, R	8	VR, R
Фито 169/16 (100/14)	24+58 58	<i>Ag. elongatum</i> <i>Frontana</i>	8	VR, R	8	VR, R
Фито 177/16 (177/15)	15+21+58	<i>Tr. durum</i> <i>Secale cereale</i>	8	VR, R	8	VR, R
Индикаторы высокой восприимчивости					8	
'Michigam Amber'			1–2	VS	2	VS
'Chinese spring'			2	VS	2	VS

Примечание: 1* — интенсивность поражения в баллах; 2* — тип реакции на инфекцию патогена (VS, S, MS, MR, R, VR).

Линия пшеницы с геном *Sr22*, происходящим от *Triticum monosocum* [10], по интенсивности поражения (балл 5) и типам реакции на инфекцию патогена (MR, MS) характеризуется как слабовосприимчивая (табл. 2). Это указывает на то, что ген против возбудителя болезни недостаточно эффективен. Однако он эффективен против рас «Ug99» [11].

Линии пшеницы с генами *Sr24* и *Sr26*, происходящими от *Agropyron elongatum* [10], по интенсивности поражения (балл 6 и 7) характеризу-

ются как устойчивые (табл. 2). У них доминируют типы реакций на инфекцию патогена (R, MR), также характеризующие устойчивость. Редко встречаются типы «MS», которые указывают на то, что в популяции патогена есть изоляты, вирулентные к носителям этих генов. Это позволяет считать, что гены против возбудителя болезни являются эффективными. Гены *Sr24* и *Sr26* эффективны против рас «Ug99» [11].

Линия пшеницы с геном *Sr25*, происходящим также от *Agropyron elongatum* [10], по интенсивности поражения растений (балл 4) и доминирующим типам реакции на инфекцию патогена (S) характеризуется как восприимчивая (табл. 2). Это позволяет считать указанный ген против возбудителя болезни неэффективным. Однако этот ген эффективен против рас «Ug99» [11].

Линия пшеницы с геном *Sr27*, происходящим от *Secale cereale* [10], по интенсивности поражения (балл 8) и типам реакции на инфекцию патогена (VR, R) (табл. 2) характеризуется как высокоустойчивая, а ген — высокоэффективным. Ген *Sr27* эффективен против рас «Ug99» [11].

Линия пшеницы с геном *Sr28* по интенсивности поражения (баллы 3–4) и типу реакции растения на инфекцию патогена (S) характеризуется как восприимчивая (табл. 2). Это указывает на то, что ген неэффективен. Ген *Sr28* эффективен против рас «Ug99» [11; 12].

Сорт пшеницы 'Кавказ' с геном *Sr31*, происходящим от *Secale cereale* [10], показал к патогену устойчивость. По интенсивности поражения (балл 8) и типам реакции растений на инфекцию патогена (VR, R) он характеризуется как высокоустойчивый (табл. 2). Этот ген является эффективным против возбудителя болезни. В Африке наблюдаются расы патогена (TTKSF, TTKSP), приведшие к потере устойчивости пшеницы с этим геном (FAO, 2010).

Линии пшеницы с генами *Sr36* и *Sr37*, происходящими от *Triticum timopheevi* [10], по интенсивности поражения (баллы 4–5) и типам реакции растений на инфекцию патогена (S) характеризуются как восприимчивые (табл. 2). Это указывает на то, что гены неэффективны. Они эффективны против рас «Ug99» [11; 12].

Линия пшеницы с геном *Sr38*, происходящим от *Aegilops ventricosa* [10], по интенсивности поражения (балл 6 и 7) характеризуется как умеренно устойчивая и типам реакции на инфекцию патогена (MR, MS) — как умеренно восприимчивая (табл. 2). Таким образом, ген *Sr38* против возбудителя болезни остается эффективным, но, по сообщению Singh et al. [11], данный ген неэффективен против рас «Ug99».

Линия пшеницы с геном *Sr39*, происходящим от *Aegilops speltoides* [10], по интенсивности поражения (балл 7 и 8) и типам реакции растений на инфекцию патогена (VR, R, MR) (табл. 2) характеризуется как устойчивая. Это указывает на то, что ген *Sr39* является эффективным. Ген эффективен против рас «Ug99» [11].

Линия пшеницы с геном *Sr40*, происходящим от *Triticum araraticum* [10], по интенсивности поражения (балл 3–4) и типу реакции растений на инфекцию патогена (S) характеризуется как восприимчивая (табл. 2). Данный ген не является эффективным.

Линия пшеницы с геном *McNair*, происходящим от *Aegilops umbellulata* [10], по интенсивности поражения (балл 5) и типам реакции на инфекцию патогена (MR-MS) (табл. 2) характеризуется как восприимчивая. Этот ген недостаточно эффективен.

Линии пшеницы фито 4/16 (4/15) и фито 117/16 (96/14) с генами *Sr^{Amigo}* (1AL/1RS) и *Sr24*, происходящими от *Secale cereale* и *Agropyron* [10], по интенсивности поражения (балл 8) и типам реакции растения на инфекцию патогена (VR, R) характеризуются как высокоустойчивые (табл. 2). Это позволяет считать указанные гены против возбудителя болезни эффективными. *Sr24* эффективен против рас «Ug 99» [11; 12]. Сведения об эффективности *Sr^{Amigo}* против этих рас нам неизвестны.

Линия пшеницы фито 13/16 (57/12) с генами *Sr31* и *Sr58*, происходящими от *Secale cereale* [10], по интенсивности поражения (балл 8) и типам реакции на инфекцию патогена (VR, R) характеризуется как высокоустойчивая (табл. 2). Это позволяет считать указанные гены против возбудителя болезни эффективными. Известно, что *Sr31* уже потерял эффективность против некоторых рас «Ug 99» [11].

Линия пшеницы фито 14/16 (57/12) по происхождению близка к линии фито 13/16 (57/12). Она, помимо генов *Sr31* и *Sr58*, имеет также неэффективный ген *Sr15* (табл. 2).

Линия пшеницы фито 19/16 (47/14) с геном *Sr24*, происходящим от *Agropyron elongatum* [10], по интенсивности поражения (балл 8) и типам реакции растения на инфекцию патогена (VR, R) характеризуется как высокоустойчивая (табл. 2). Следует отметить, что она более устойчива, чем моногенная линия с геном *Sr24*. Предполагаем, что линия фито 19/16 имеет и другие *Sr*-ген(ы).

Высокоустойчивые к патогену линии фито 68/16 (67/14) и фито 169/16 (100/14) имеют эффективный ген *Sr58* (табл. 2).

Линии пшеницы фито 116/16 (57/15) и фито 177/16 (177/15) имеют гены *Sr15*, *Sr31* и *S58*, происходящие от *Tr. durum*, *Secale cereale* [10]. По интенсивности поражения (балл 8) и типам реакции на инфекцию патогена (VR, R) они характеризуются как высокоустойчивые (табл. 2). Известно, что *Sr15* неэффективен против рас «Ug 99» [11; 12].

Выводы. В Украине против возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы *Puccinia graminis Pers. f. sp. tritici* Erikss et Henn гены *Sr27*, *Sr31*, *Sr39*, *Sr58* являются высокоэффективными, и их носители можно использовать донорами устойчивости при создании устойчивых к патогену сортов пшеницы.

Гены *Sr21*, *Sr24*, *Sr26* и *Sr38* против возбудителя этой болезни являются эффективными, а их носители можно использовать в качестве

доноров устойчивости при создании устойчивых к патогену сортов пшеницы.

Гены *Sr9q*, *Sr9e*, *Sr11*, *Sr17*, *Sr21*, *SrMc.Nair* недостаточно эффективны, поэтому защитить пшеницу от этой болезни они не смогут.

Гены *Sr5-Ra*, *Sr7a*, *Sr7b-Ra*, *Sr9a*, *Sr9d*, *Sr10*, *Sr12*, *Sr13*, *Sr14*, *Sr15*, *Sr16*, *Sr18*, *Sr23*, *Sr25*, *Sr28*, *Sr36*, *Sr40* и *SrTmp* являются неэффективными и самостоятельно защитить пшеницу не могут. Комбинации генов *Sr^{Amigo}+Sr24* у линии фито 4/16 и фито 117/16, *Sr31+Sr58*; у линии фито 13/16, фито 14/16, фито 116/16, фито 177/16 являются надежными донорами устойчивости и ценным для селекции пшеницы на устойчивость к возбудителю этой болезни исходным материалом.

СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

1. Бабаянц О. В., Бабаянц Л. Т. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней. Одесса, 2014. 399 с.
2. Бабаянц О. В. Генетическая детерминация устойчивости пшеницы к *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. tritici, происходящая от *Aegilops cylindrica*, *Triticum erebuni*, Амфидиплоида 4. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. Одеса, 2010. Вип. 16 (56). С. 185–202.
3. Бабаянц Л. Т. Источники и доноры новых генов устойчивости к фитопатогенам. Труды по фундаментальной и прикладной генетике. Харьков: Штрих, 2001. С. 232–241.
4. Бабаянц Л. Т. Новый исходный материал для селекции пшеницы на устойчивость к возбудителям инфекционных заболеваний. Пшеница и тритикале. «Материалы научно-практической конференции «Зеленая революция П. П. Лукьяненко, Краснодар, 28–30 мая 2001 г.». Краснодар: Советская Кубань, 2001. С. 329–336.
5. Бабаянц Л. Т. Расовый состав *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. tritici на юге Украины в 1988–1996 гг. Микология и фитопатология. 1999. Т. 33, вып. 1. С. 47–51.
6. Бабаянц Л. Т. Генетическая основа устойчивости к возбудителю твердой головни (*T. caries* (DC) Tul.) новых линий пшеницы. Цитология и генетика. 1999. Т. 33, № 6. С. 25–30.
7. Бабаянц Л. Т. Изменение расового состава *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. tritici на юге Украины в 1997–1999 гг. Микология и фитопатология. 2001. Т. 35, вып. 4. С. 74–81.
8. Бабаянц Л. Т. Расовый состав *Puccinia recondita* f. sp. tritici на юге Украины в 2000–2001 гг. и сортоустойчивость пшеницы. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. Одеса, 2002. Вип. 2 (42). С. 140–147.
9. Бабаянц Л. Т. Расовый состав *Puccinia recondita* f. sp. tritici et Henn в Степи Украины и сортоустойчивость пшеницы. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. Одеса, 2004. Вип. 6 (46). С. 279–288.
10. McIntosh R. A. Catalogue of Gene Symbols for Wheat [Pathogenic Disease / Pest Reaction]. Proceedings 11 th International Wheat Genetics Symposium. Australia, Brisbane, 2013–2017. P. 27–33. Available from: RL: <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/download.jsp>.

11. Singh R. P. Will stem rust destroy the world's wheat crop? *Advances in Agronomy*. 2008. V. 98. P. 271–309.
12. Singh R. P. Current status, likely migration and strategies to mitigate the threat to wheat production from race UG99 (TTKS) of stem rust pathogen. *CAB Reviews: Perspective in Agriculture, Veterinary Science and Natural Resources*. 2006. V. 54. P. 1–13.

Надійшла 10.11.2017

UDC 633.11.631.524.86

Sauliak N. I., Ternovyi K. P., Babayants O. V., Vasyl'iev O. A., Gallaev O. V. Plant Breeding and Genetics Institute–National Center for Seed and Cultivar Investigation
e-mail: nadjasauljak@gmail.com

**THE EFFICIENCY OF WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.) GENES
RESISTANCE TO *PUCCINIA GRAMINIS* PERS. F. SP. *TRITICI* ERIKSS
ET HENN UNDER UKRAINE ENVIRONMENTS**

In Ukraine, against the causative agent of stem rust of wheat to *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss et Henn, the genes Sr27, Sr31, Sr39 and Sr58 are highly effective. Their carriers, especially the phyto 4/16, phyto 13/16 (57/12), phyto 14/16 (57/12), phyto 19/16 (43/14), phyto 116/16, phyto 117/16, phyto 169/16 (100/14), phyto 177/16 (96/14), are reliable donors of resistance to the pathogen.

УДК 633.11.631.524.86

Сауляк Н. І., Терновий К. П., Бабаянц О. В., Васильєв О. А., Галаєв О. В. СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: nadjasauljak@gmail.com

ЕФЕКТИВНІСТЬ ГЕНІВ СТІЙКОСТІ ПШЕНИЦІ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ДО *PUCCINIA GRAMINIS* PERS. F. SP. *TRITICI* ERIKSS ET HENN В УМОВАХ УКРАЇНИ

В Україні проти збудника стеблової іржі пшениці *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss et Henn високоефективними є гени Sr27, Sr31, Sr39 і Sr58. Їх носії, особливо фіто 4/16, фіто 13/16 (57/12), фіто 14/16 (57/12), фіто 19/16 (43/14), фіто 116/16, фіто 117/16, фіто 169/16 (100/14), фіто 177/16 (96/14), є надійними донорами стійкості до патогена.

УДК 631.527.528.62:633.854.54

А. В. ТИГОВА¹, мл. науч. сотруд.,

А. И. СОРОКА¹, д. с.-х. н., ст. науч. сотруд., зав. лаб.,

П. Г. ДУЛЬНЕВ², к. х. н.

¹Институт масличных культур НААН, Запорожье,

²Институт биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины, Киев

e-mail: anna.tigova@gmail.com

ИЗМЕНЕНИЯ ОКРАСКИ ЛЕПЕСТКОВ ВЕНЧИКА И ПЫЛЬНИКОВ У ЛЬНА МАСЛИЧНОГО (*LINUM USITATISSIMUM* L.) С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ МУТАГЕНОВ

*Представлены результаты, описывающие частоту и спектр мутаций окраски лепестков венчика и пыльников в поколении M_2 у *Linum usitatissimum* L., под действием новых химических мутагенов ДГ-2, ДГ-6, ДГ-7, ДГ-9 в сравнении с ДМС и ЭМС, а также числовые значения цветовой схемы RGB, полученные при сканировании лепестков мутантных линий. Выявлены существенные различия между окраской цветка контрольных растений и полученных мутантных линий по характеристикам цвета в системе RGB.*

Ключевые слова: лён масличный, мутаген, окраска, цветок, частота мутаций, спектр мутаций, цифровая характеристика цвета, диметилсульфат.

Введение. В настоящее время уровень селекции требует создания высокопродуктивных сортов, соответствующих требованиям UPOV-тестов (отличимость, однородность и стабильность). Соблюдение этих принципов позволяет легко идентифицировать сорта, решает вопрос защиты авторских прав селекционеров и позволяет осуществлять семеноводство сортов на более высоком уровне. Одним из источников получения новых генотипов для селекции является метод экспериментального мутагенеза [1–5], позволяющий за относительно короткий срок создавать ценный исходный материал, отличающийся от существующих сортов не только лучшими хозяйственными, но и морфологическими характеристиками.

Культура льна обладает незначительным разнообразием морфологических признаков [6]. Достаточный спектр изменчивости наблюдается только по окраске гипокотыля, цветка и семян. Наиболее яркий маркерный признак — окраска лепестков, которая имеет сложную генетическую природу и зависит от 8 до 17 генов, часть которых плеiotропно влияет на поверхность лепестков (гладкая или гофрированная), их форму, цвет пыльников и оболочку семян [7; 8]. Интенсивность и равномерность

окраски лепестков контролируются этими же генами. Одни авторы отмечают комплементарное и модифицирующее действие генов окраски цветка, а другие утверждают, что наследование окраски лепестков льна носит полигенный характер [1]. В частности, Т. Таммес предположила, что окраска лепестков обусловлена 8 генами, которые находятся в разных хромосомах. При этом генотип голубой окраски лепестков венчика можно выразить как $AAB_1B_1B_2B_2CCDDEEFFKK$ [1]. В работах Ф. Плонка описан ген *pf1* (pink flower 1) с плейотропным действием, определяющий желтый оттенок оболочки семян, розовый венчик и кремово-оранжевые пыльники [7]. По окраске лепестки льна бывают белые, голубые (различной интенсивности: от бледно-голубых до ярко-синих), желтые, розовые, красные и фиолетовые. При этом окраска может быть равномерно распределена по всему лепестку или становится почти белой к его основанию [6; 8].

В изучении морфометрических (размер и форма) и колориметрических (вариации цвета) характеристик таких объектов селекции, как окраска лепестков и цвет семян различных культур, существенно эффективными могут быть современные цифровые технологии [9–12]. Имея числовые данные любого цвета, возможно получить достаточно полное представление об изучаемом предмете, даже не имея его в своем распоряжении.

Целью данной работы было установить спектр и частоту мутаций окраски лепестков венчика и пыльников льна масличного, индуцированных новыми химическими мутагенами ДГ-2, ДГ-6, ДГ-7, ДГ-9, в сравнении с известными в селекционной практике мутагенами диметилсульфатом (ДМС) и этилметансульфонатом (ЭМС), а также описать полученное разнообразие окрасок лепестков венчика мутантных линий методом прямого сканирования с использованием современных компьютерных технологий.

Материалы и методы. Материалом для исследования служили образцы из генетической коллекции Института масличных культур — два сорта ('Айсберг' и 'Солнечный') льна масличного *Linum usitatissimum* L. 'Айсберг' имеет белые лепестки, кремовые пыльники и звездчатую форму цветка (рис. 1, а). У сорта 'Солнечный' цветки голубые с фиолетовым оттенком и голубые пыльники (рис. 2, а). В качестве мутагенов использовали новые химические соединения, производные диметилсульфата, серии ДГ (ДГ-2, ДГ-6, ДГ-7 и ДГ-9), синтезированные в Институте биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины. Эффективность действия этих соединений сравнивали с исходным веществом (ДМС) и таким широко известным мутагеном, как этилметансульфонат. Сущность мутагенного действия ДМС и ЭМС заключается чаще всего в реакции алкилирования гуанина в положении 7-го атома азота, что приводит к ошибочному спариванию гуанина с тиминам вместо цитозина, в результате которого может возникать мутация типа транзиции [13–16].

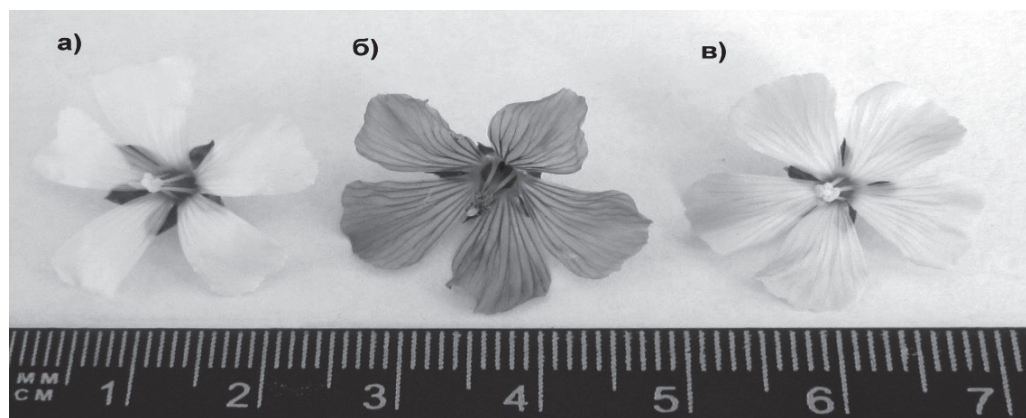


Рис. 1. Мутации окраски лепестков венчика и пыльников у сорта 'Айсберг', полученные при действии химических мутагенов: а) контроль (белые лепестки, кремовые пыльники); б) мутация типа «голубые лепестки, голубые пыльники»; в) мутация типа «светло-голубые лепестки, кремовые пыльники»

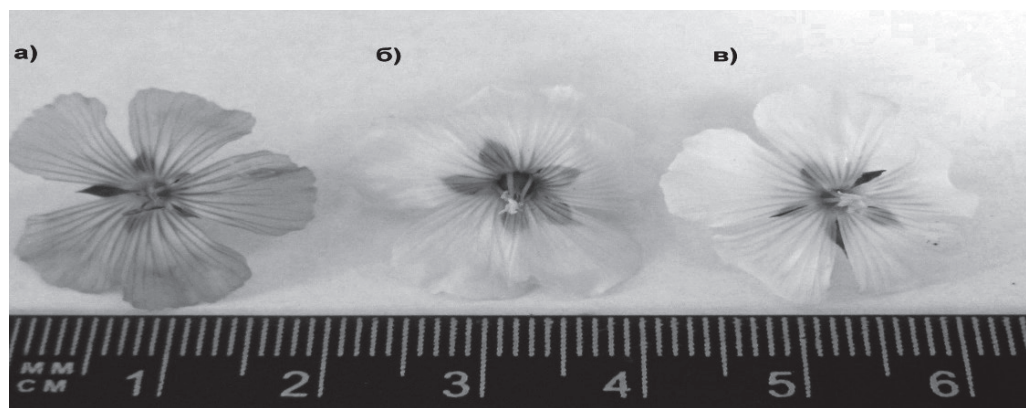


Рис. 2. Мутации окраски лепестков венчика и пыльников у сорта 'Солнечный', полученные при действии химических мутагенов: а) контроль (голубые лепестки, голубые пыльники); б) мутация типа «светло-розовые лепестки, кремовые пыльники, розовый бутон»; в) мутация типа «белые лепестки, кремовые пыльники, белый бутон»

Для осуществления мутагенной обработки триста семян каждого варианта замачивали в 0,05 и 0,5 %-х водных растворах указанных мутагенов в течение 16 часов. Затем семена один час промывали проточной водой для уменьшения повреждающего эффекта и в тот же день высевали в почву. Семена растений поколения M_1 высевали посемейно для получения поколения M_2 . В поколении M_2 проводили предварительную оценку спектра и частоты мутаций изменения окраски лепестков венчика и пыльников. Окончательный вывод о наличии и частоте мутаций делали после подтверждения их наследования в поколении M_3 . Частоту мутантных изменений определяли как отношение числа мутантных семей к общему их количеству. Для получения цифровых изображений в

одни и те же утренние часы проводили сканирование разложенных монослоем лепестков 5 цветков каждого исследуемого образца льна при помощи сканера Canon MP 250. Компьютерную оценку интенсивности окраски лепестков осуществляли по методике Е. В. Ведмедевой [17]. Она состоит в прямом сканировании лепестков на сканере и сохранении результатов в формате графического файла. Файл обрабатывается в каком-либо графическом редакторе (в нашем случае Paintshop) выделением всей поверхности цветка, за исключением дефектов, и усреднением цвета при помощи фильтра «Размытие». В данной работе мы использовали фильтр «Размытие по Гауссу», дающий более качественные результаты, а также исключили из обработки края лепестков, часто имеющие цветовые артефакты. Полученные показатели записывали в виде трех составляющих (красная, зеленая, синяя) цветовой схемы RGB, включающей 256 градаций (от 0 до 255) каждого цвета. Статистическую обработку результатов, расчет средних ошибок, коэффициента вариации проводили согласно общепринятым методикам [18–20].

Результаты и обсуждение. В результате обработки семян химическими мутагенами в поколении M_2 нами были получены изменения в окраске лепестков венчика и пыльников у обоих сортов льна. Так, у сорта 'Айсберг' встречалось два типа мутаций, а именно — белая окраска лепестков и кремовая окраска пыльников менялись на «голубую окраску лепестков, голубые пыльники» и «светло-голубую окраску лепестков, кремовые пыльники» (рис. 1, б, в).

Мутация типа «голубые лепестки, голубые пыльники» была достаточно распространённой и встречалась при обработке мутагенами ДГ-2, ДГ-7, ДГ-9 и ЭМС в концентрации 0,5 % с частотой 0,94, 1,98, 1,82 и 1,78 % соответственно (табл. 1). При обработке мутагеном ДМС в данной концентрации все растения M_1 погибли, поэтому в поколении M_2 анализ по этому мутагену не проводили и в таблице 1 он не представлен. Кроме того, малое количество изученных семей (5 и 21) при обработке мутагеном ДГ-6 связано с невысокой выживаемостью растений в первом мутантном поколении.

Более низкая концентрация 0,05 % оказалась менее эффективной, поскольку изменение признаков «голубые лепестки, голубые пыльники» наблюдалось при действии только двух изученных мутагенов — ДГ-2 и ДГ-9 с частотой 3,85 и 1,83 % (табл. 2). Мутация окраски типа «светло-голубые лепестки, кремовые пыльники» наблюдалась только в одном варианте — при обработке мутагеном ЭМС в концентрации 0,5 % с частотой 0,89 % (табл. 1).

У сорта 'Солнечный' встречалось два типа мутаций окраски лепестков венчика и пыльников — «светло-розовые лепестки, кремовые пыльники» и «белые лепестки, кремовые пыльники» (рис. 2, б, в). Идентификацию данного типа мутаций удобно проводить по бутону, который ещё не раскрылся и имеет розовый или белый оттенок.

Мутация «*светло-розовые лепестки, кремовые пыльники*» встречалась при обработке мутагенами ДГ-2, ДГ-7, ДГ-9 и ЭМС в концентрации 0,5 % с частотой 3,92, 2,97, 1,94 и 6,56 % соответственно (табл. 1). Обработка в концентрации 0,05 % оказалась также эффективной, поскольку мутация данного типа встречалась при действии всех изученных мутагенов (табл. 2).

Самым эффективным оказался мутаген ДГ-2 в концентрации 0,05 %, который индуцировал изменение данного типа с максимальной частотой 6,80 %. Минимальная частота мутаций типа «*светло-розовые лепестки, кремовые пыльники*» встречалась при действии мутагена ЭМС в концентрации 0,05 % и составила 0,93 %.

Мутация типа «*белые лепестки, кремовые пыльники, белый бутон*» была менее распространенной и встречалась при действии мутагенов ДГ-7, ДГ-9 и ЭМС в концентрации 0,5 % с частотой 0,99, 0,97 и 0,82 %. В концентрации 0,05 % мутация данного типа встречалась в одном варианте обработки при действии мутагена ДГ-7 с частотой 0,99 %.

Таблица 1

Частота мутаций окраски лепестков венчика и пыльников у *Linum usitatissimum* L. в поколении M_2 при обработке семян мутагенами в концентрации 0,5 % у сортов 'Айсберг' и 'Солнечный', %

Кол-во семей, шт. Тип мутаций	Контроль	Мутаген				
		ДГ-2	ДГ-6	ДГ-7	ДГ-9	ЭМС
	100	106	5	101	110	112
'Айсберг'						
Голубые лепестки, голубые пыльники	0,00	0,94±0,94	0,00	1,98±1,39	1,82±1,27	1,78±1,25
Светло-голубые лепестки, кремовые пыльники	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89±0,89
Суммарная частота	0,00	0,94	0,00	1,98	1,82	2,67
'Солнечный'						
Кол-во семей, шт. Тип мутаций	100	102	21	101	103	122
Светло-розовые лепестки, кремовые пыльники	0,00	3,92±1,92	0,00	2,97±1,69	1,94±1,36	6,56±2,24
Белые лепестки, кремовые пыльники	0,00	0,00	0,00	0,99±0,98	0,97±0,97	0,82±0,82
Суммарная частота	0,00	3,92	0,00	3,96	2,91	7,38

В результате компьютерного сканирования лепестков четырех мутантных линий льна масличного с измененной окраской венчика цвет-

ка и пыльников получены достаточно стабильные результаты цифровых характеристик красного (R), зеленого (G) и синего (B) цветовых компонентов окраски. Подсчитанные коэффициенты вариации, составляющих окраски по каждому образцу представлены в таблице 3.

Таблица 2

Частота мутаций окраски лепестков венчика и пыльников у *Linum usitatissimum* L. в поколении М₂ при обработке семян мутагенами в концентрации 0,05 % у сортов 'Айсберг' и 'Солнечный', %

Тип мутаций \ Кол-во семей, шт.	Конт- роль	Мутаген					
		ДГ-2	ДГ-6	ДГ-7	ДГ-9	ДМС	ЭМС
	100	104	102	108	109	106	128
'Айсберг'							
Голубые лепестки, голубые пыльники	0,00	3,85±1,89	0,00	0,00	1,83±1,28	0,00	0,00
Светло-голубые лепестки, кремовые пыльники	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Суммарная частота	0,00	3,85	0,00	0,00	1,83	0,00	0,00
'Солнечный'							
Тип мутаций \ Кол-во семей, шт.	0,00	103	103	101	103	105	107
Светло-розовые лепестки, кремовые пыльники	0,00	6,80±2,48	1,94±1,36	1,98±1,39	0,97±0,97	1,90±1,33	0,93±0,93
Белые лепестки, кремовые пыльники	0,00	0,00	0,00	0,99±0,98	0,00	0,00	0,00
Суммарная частота	0,00	6,80	1,94	2,97	0,97	1,90	0,93

Из таблицы 3 видно, что полученные мутантные линии существенно отличаются от контрольных растений по признаку окраски лепестков венчика. Так, у сорта 'Айсберг' в контроле цифровые характеристики R, G и B компонент составили 232,6, 227,8 и 227,5 соответственно. У мутантов типа «светло-голубые лепестки, кремовые пыльники», полученных при обработке мутагеном ЭМС в концентрации 0,5 % (табл. 2), характеристики R, G и B были на уровне 189,2, 189,2 и 222,8 соответственно и существенно отличались от характеристик контрольных растений, что подтверждается статистически.

У мутантов типа «голубые лепестки, голубые пыльники» цифровые характеристики R, G и B составили 155,7, 149,4 и 207,4, что статисти-

чески значимо отличалось от контроля. Коэффициент вариации у полученных образцов был менее 10 %, что говорит о незначительной изменчивости вариационного ряда, т. е. об однородности и стабильности окраски полученных мутантов.

Таблица 3

Результаты компьютерного сканирования коллекции мутантных линий *Linum usitatissimum* L. по признаку окраски лепестков венчика

Окраска цветка	Красный (R)	Коэффициент вариации R, %	Зеленый (G)	Коэффициент вариации G, %	Синий (B)	Коэффициент вариации B, %
Контроль, 'Айсберг'	232,6±1,40	1,35±0,004	227,8±1,35	1,33±0,004	227,5±1,02	1,00±0,003
Светло-голубые лепестки, белые пыльники	189,2±2,09***	2,47±0,008	189,2±1,33***	1,57±0,005	222,8±1,07*	1,08±0,003
Голубые лепестки, голубые пыльники	155,7±2,42***	3,48±0,011	149,4±1,65***	2,47±0,008	207,4±1,05***	1,13±0,004
Контроль 'Солнечный'	171,4±2,84	3,70±0,012	164,9±2,63	3,57±0,011	215,5±1,19	1,23±0,004
Светло-розовые лепестки, кремовые пыльники	234,1±0,47***	0,45±0,001	215,4±0,72***	0,75±0,002	226,7±0,51***	0,51±0,002
Белые лепестки, кремовые пыльники	234,8±0,83***	0,79±0,002	227,6±1,00***	0,98±0,003	231,6±1,10***	1,06±0,003

Примечание: *, **, *** — отличия от контроля статистически значимы с вероятностью 95, 99 и 99,9 % соответственно.

У сорта 'Солнечный' характеристика окраски контрольных растений составила в красном цвете (R) — 171,4, в зеленом (G) — 164,9 и в синем (B) — 215,5. У мутантной линии типа «светло-розовые лепестки, кремовые пыльники» показатели R, G и B были на уровне 234,1, 215,4 и 226,7 соответственно, что существенно отличалось от контрольной окраски. У растений, несущих мутацию «белые лепестки, кремовые пыльники», цифровые характеристики R, G и B составили 234,8, 227,6 и 231,6 соответственно. У сорта 'Солнечный' две мутантные линии «светло-розовые лепестки, кремовые пыльники» и «белые лепестки, кремовые пыльники» различались только по двум компонентам окраски — G и B, по компоненту R различия между ними были в пределах ошибки. Коэффициент вариации описанных выше мутантных образцов составил менее 10 % (табл. 3), что свидетельствует о незначительной изменчивости цифровых характеристик изучаемого мутантного признака.

Таким образом, компьютерный анализ цифровых параметров окраски лепестков дает возможность оценить их однородность по колориметрическим характеристикам. Любой независимый исследователь,

используя современные инструментальные технологии и получив цветные данные RGB, сможет иметь реальное представление об окраске лепестков и дать объективную оценку их цвета не просто на основе визуальной оценки, но и по соответствующим числовым значениям.

Выводы. 1. Мутагены ДГ-2, ДГ-6, ДГ-7, ДГ-9, а также ДМС и ЭМС в концентрациях 0,5 и 0,05 % индуцировали изменения в окраске лепестков венчика и пыльников у обоих изученных сортов льна масличного. Частота таких изменений, вызванная новыми химическими мутагенами — производными диметилсульфата у сорта 'Айсберг' составила от 0,94 до 3,85 %, а у сорта 'Солнечный' — от 0,97 до 6,80 %.

2. Наиболее эффективным из серии ДГ оказался новый мутаген ДГ-2 в концентрации 0,05 %, обработка которым индуцировала появление мутаций с максимальной частотой 3,85 % у сорта 'Айсберг' и 6,80 % у сорта 'Солнечный'.

3. Проанализированы различные окраски лепестков ряда мутантных линий льна с использованием инструментальных технологий и установлены их числовые характеристики в каналах красного, зеленого и синего цветов спектра.

4. Полученные числовые характеристики цвета характеризуются достаточно малым варьированием, что позволяет использовать данную технологию для надежной идентификации образцов льна, различающихся по окраске лепестков или других частей растения.

СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

1. Лях В. А., Полякова И. А., Сорока А. И. Индуцированный мутагенез масличных культур. Запорожье: ЗНУ, 2009. 266 с.
2. Моргун В. В., Логвиненко В. Ф. Мутационная селекция пшеницы. К.: Наук. думка, 1995. 625 с.
3. Опалко А. І., Опалко О. А. Індуковані мутації рослин: історія і перспективи. Індукований мутагенез в селекції рослин. 2012. С. 38–45.
4. Raina A., Laskar R., Khursheed S., Amin R., Tantray Y., Parveen K., Khan S. Role of Mutation Breeding in Crop Improvement — Past, Present and Future. Asian Research Journal of Agriculture. 2016. Vol. 2(2). P. 1–13.
5. Micke A., Donini B., Maluszynski M. Induced mutations for crop improvement. Mutation breeding. 1990. Vol. 7. P. 1–41.
6. Маслинская М. Е., Андроник Е. Л. Исходный материал с маркерными морфологическими признаками для селекции льна масличного. Масличные культуры. 2011. Вып. 1 (146–147). С. 49–52.
7. Пороховинова Е. А. Генетический контроль морфологических признаков проростков, плода и семян у льна (*Linum usitatissimum* L.). Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16, № 4/2. С. 936–947.
8. Лях В. О., Мищенко Л. Ю., Полякова И. А. Генетическая коллекция вида *Linum usitatissimum* L.: каталог. Запорожье, 2003. 60 с.
9. Ягло М. Н., Поляков В. А., Лях В. А. Характеристика окраски семян льна с применением современных инструментальных технологий. Вісник Запорізького національного університету. 2014. № 1. С. 39–46.

10. Хохлов О. М. Застосування програми аналізу зображень ImageJ в дослідженнях об'єктів сортоживчення. Виноградарство і виноробство. 2009. С. 179–185.
11. Цевма В. М., Хохлов А. Н. Морфометрическая характеристика зерен пшеницы средствами «Машинного видения». Сборник научных трудов СГИ–НЦСС. Одесса, 2009. Вып. 14 (54). С. 182–189.
12. Ведмедева К. В., Кирпичева Н. М. Результаты изучения коллекции линий подсолнечника по признаку окраски краевых цветков. Наук.-техн. бюл. Института олійних культур НААН. 2014. № 21. С. 22–27.
13. Talebi Ali B., Talebi Amin B., Shahrokhifar B. Ethyl Methane Sulphonate (EMS) Induced Mutagenesis in Malaysian Rice (cv.MR219) for Lethal Dose Determination. American Journal of Plant Sciences. 2012. Vol. 3. P. 1661–1665.
14. Rajarajan D., Saraswathi R., Sassikumar D., Ganesh S. Fixation of lethal dose and effect of Ethyl Methane Sulphonate induced mutagenesis in Rice Adt (R) 47. Life Sciences Leaflets. 2014. Vol. 57. P. 65–72.
15. Luan Y. S., Zhang J., Gao X. R., An L. J. Mutation Induced by Ethylmethanesulphonate (Ems), in Vitro Screening for Salt Tolerance and Plant Regeneration of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.). Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2007. Vol. 88 (1). P. 77–81.
16. Deepthi T., Remesh K. N. Impact of EMS Induction on Morphological, Anatomical and Physiological Traits of Bhindi *Abelmoschus Esculentus* (L.) Moench. In: International Journal of Recent Research in Life Sciences (IJRRLS). 2016. Vol. 3. P. 4–11.
17. Пат. 87462 Україна, МПК A01G 7/00 Спосіб визначення забарвлення крайових квітів соняшнику. Ведмедева К. В. — № u2013 09730; заяв. 05.08.2013; опубл. 10.02.2014. Бюл. № 3.
18. Литтл Т., Хиллз Ф. Сельскохозяйственное опытное дело. Планирование и анализ. М.: Колос, 1981. 320 с.
19. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 351 с.
20. Мармоза А. Т. Теорія статистики. К.: Центр учбової літератури, 2013. 592 с.

Надійшла 05.12.2017

UDC 631.527.528.62:633.854.54

Tigova A. V., Soroka A. I., Dulniev P. G. Institute of oil-bearing cultures of NAAS, Institute of bioorganic chemistry and petrochemistry of NAS of Ukraine

e-mail: anna.tigova@gmail.com

FLOWER PETAL AND ANTHER COLOR MUTATIONS OF FLAX OIL SEED (*LINUM USITATISSIMUM* L.) PLANTS UNDER NEW CHEMICAL MUTAGENS TREATMENT

The article presents the results describing the frequency and spectrum of mutations in the color of petals of the corolla and anthers in the M_2 generation of *Linum usitatissimum* L., under the action of new chemical mutagens DG-2, DG-6, DG-7, DG-9, in comparison with DMS and EMS, as well as the numeri-

cal values of the RGB color scheme obtained by direct scanning of the petals of the mutant lines. Significant differences were found between the color of the flower of the control plants and the obtained mutant lines for RGB color characteristics.

УДК 631.527.528.62:633.854.54

¹Тігова А. В., ¹Сорока А. І., ²Дульнев П. Г. ¹Інститут олійних культур НААН, Запоріжжя, ²Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України, Київ

e-mail: anna.tigova@gmail.com

ЗМІНИ ЗАБАРВЛЕННЯ ПЕЛЮСТОК ВІНОЧКА І ПИЛЯКІВ У ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО (*LINUM USITATISSIMUM* L.) ЗА ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ХІМІЧНИХ МУТАГЕНІВ

Представлені результати, що описують частоту і спектр мутацій забарвлення пелюсток віночка і пиляків у поколінні M_2 у *Linum usitatissimum* L. під дією нових хімічних мутагенів ДГ-2, ДГ-6, ДГ-7, ДГ-9 у порівнянні з ДМС та ЕМС, а також числові значення кольорової схеми RGB, отримані при скануванні пелюсток мутантних ліній. Виявлено суттєві відмінності між забарвленням квітки контрольних рослин та отриманих мутантних ліній за характеристиками кольору в системі RGB.

БІОХІМІЯ

УДК 633.854.78:631.523

М. В. ЧЕРВОНІС, к. с.- г. н., пров. наук. співроб.,
О. І. РИБАЛКА, д. б. н., ст. наук. співроб., зав. від.,
І. Г. ТОПОРАШ, к. т. н., ст. наук. співроб.
СГІ–НЦНС, Одеса
E-mail: chermisha@ukr.net

МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ОЛІЇ ВИСОКООЛЕЇНОВОГО СОНЯШНИКУ (*HELIANTHUS ANNUUS L.*)

Наведені результати дослідження зразків соняшникової олії з різним вмістом олеїнової кислоти хроматографічним методом, виявлені можливості застосування відносно простих, експресних та ефективних фізичних методів контролю вмісту олеїнової кислоти як у товарних партіях, так і в селекційній практиці.

Ключові слова: високоолеїновий соняшник, хроматографія, показники якості.

Вступ. Останніми роками водночас із вирощуванням традиційного соняшнику в Україні набуває розвитку і новий напрям — впровадження високоолеїнових гібридів. Їхня олія може містити до 80 і більше відсотків мононасиченої жирної кислоти Омега 9. І хоч створюють їх селекціонери традиційним методом, все ж їм вдається одержувати гібриди з генетичним потенціалом умісту олеїнової кислоти на рівні 90–94 %, що є найвищим показником з-поміж усіх олійних культур [1–4].

Основним фактором стимулювання попиту на олії з високоолеїнового соняшнику є популяризація здорового харчування, адже вживання високоолеїнових олій зменшує ризик виникнення серцево-судинних захворювань завдяки обмеженню в раціоні харчування трансжиру і насичених жирів [4]. Для переробників важливим є те, що даний вид олії має високу стійкість до окислення, термін зберігання її при цьому збільшується у порівнянні зі звичайною олією в 5 разів. А для виробників одним із заохочувальних факторів є преміальні ціни на насіння і олію з високоцінних гібридів.

Площі під гібридами високоолеїнового соняшнику стрімко зростають в Європі, Африці, країнах Близького Сходу. У США майже 100 % соняшнику становлять гібриди з високим (>82 %) і середнім (>55 %) вмістом олеїнової кислоти в олії. Ринок таких олій швидкими темпами розвивається в східних країнах ЄС — Румунії і, особливо, в Угорщині, де їхня частка вже сягає 10 %. В Україні ж площі під високоолеїновими гібридами складають лише 2 % від усього соняшникового масиву [5].

Одними із основних стримуючих факторів розширення площ під цінними гібридами в Україні є відсутність стимулів з боку держави та дефіцит насіннєвого матеріалу. Так, у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2015 рік, гібриди високоолеїнового напрямку склали лише 7 % із майже 550 сортів і гібридів культури. Вирішити дану проблему можна створенням і впровадженням нових конкурентоздатних гібридів, інакше цю нішу швидко заповнять іноземні фірми. При селекції гібридів на високий вміст олеїнової кислоти основне значення слід приділяти не кількості олії в насінні, а її якісному складу. У зв'язку з цим набувають актуальності методи оцінки як вихідних батьківських ліній, так і гібридів, на жирнокислотний склад, а саме вміст олеїнової кислоти на всіх етапах селекційного процесу, включно з початковим, коли в розпорядженні селекціонера обмежена кількість насіння.

Матеріали та методи. Матеріалом для досліджень були товарні зразки соняшникової олії з різним вмістом олеїнової кислоти. У зразках олії було визначено жирнокислотний склад за газовою хроматографією, показники заломлення, щільності та в'язкості — за міжнародними методами ICO, а саме: жирнокислотний склад — ICO 12966–1, показник заломлення олії — ICO 6320, в'язкості — ICO 3104, щільності — ICO 6883.

Результати та обговорення. Селекційний процес потребує простих у виконанні, дешевих та надійних методів ідентифікації ліній соняшнику з бажаним вмістом тієї чи іншої кислоти. У нашому ж випадку це олеїнова кислота — мононенасичена, що відноситься до групи омега-9. Які ж іще методи характеризують якісний склад олії і можуть виявляти залежність від жирнокислотного складу? Одним із них є щільність олії, яка залежить від складу жирних кислот, що входять до молекули тригліцеридів, їхньої молекулярної маси і ступеня насиченості. Так, із збільшенням молекулярної маси щільність насичених жирних кислот зменшується, а щільність ненасичених кислот, що мають однакове число атомів вуглецю в молекулі і різне число подвійних зв'язків, збільшується із збільшенням числа зв'язків: олеїнова — лінолева — ліноленова. Подібні зміни характерні не лише для щільності олії, а й для в'язкості та показника заломлення [6].

У зв'язку з цим були заплановані дослідження з метою отримати відповідь щодо можливості застосування перерахованих вище методів, а саме — показника заломлення, щільності та в'язкості для ідентифікації олій різного походження, зокрема і для виділення високоолеїнових олій як у селекційному процесі, так і в товарних партіях.

Особливе місце серед сучасних методів контролю якості олій займають хроматографічні методи, які забезпечують найбільш повну інформацію про їхній склад. Проте метод газової хроматографії є основним для визначення жирнокислотного складу олій, він потребує менших затрат у порівнянні з іншими, більш вартісними, хроматографічними. Застосуванням його можна ідентифікувати олії різного рослинного походження, зокрема виділяти і високоолеїнові.

Соняшникова олія з будь-якого сорту чи гібрида завжди містить помітну кількість чотирьох основних хроматографічних піків кислот — відповідно за порядком виходу метилових ефірів: пальмітинової (C16:0), стеаринової (C18:0), олеїнової (C18:1) і лінолевої (C18:2).

Так, на рисунку 1 показано хроматограми двох зразків олій: олія звичайна (1) і з високим вмістом олеїнової кислоти (2).

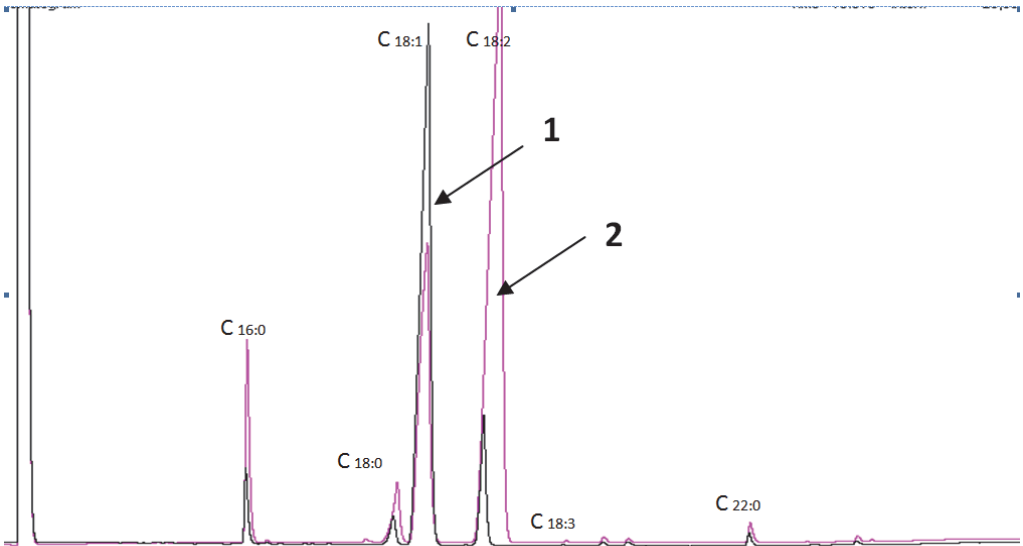


Рис. 1. Хроматограми зразків: звичайної (1) та високоолеїнової соняшникової олії (2)

Результати хроматографічного аналізу показаних на рисунку 1 зразків олій свідчать про суттєву різницю за жирнокислотним складом між ними за всіма основними кислотами: пальмітиною (C16:0), стеариною (C18:0), олеїною (C18:1) і лінолевою (C18:3). Більш чітко ці відмінності видно у таблиці 1.

Таблиця 1

Жирнокислотний склад звичайної соняшникової олії та олії з високим вмістом олеїнової кислоти

Основні жирні кислоти	Олія		Різниця жирнокислотного складу видів олії
	звичайна соняш-никова	з високим вмістом олеїнової кислоти	
Пальмітинова C 16:0, %	6,7	4,1	+2,6
Стеаринова C 18:0, %	3,3	2,8	+0,5
Олеїнова C 18:1, %	26,8	80,4	–53,6
Лінолева C 18:2, %	61,1	10,9	+50,2
Сума кислот, %	97,9	98,2	–0,3

Як видно з таблиці 1, максимальна різниця жирнокислотного складу олій спостерігається, як і очікувалося, за олеїною та лінолевою кислотами і становить більше 50 %. При цьому селекція високоолеїнових форм

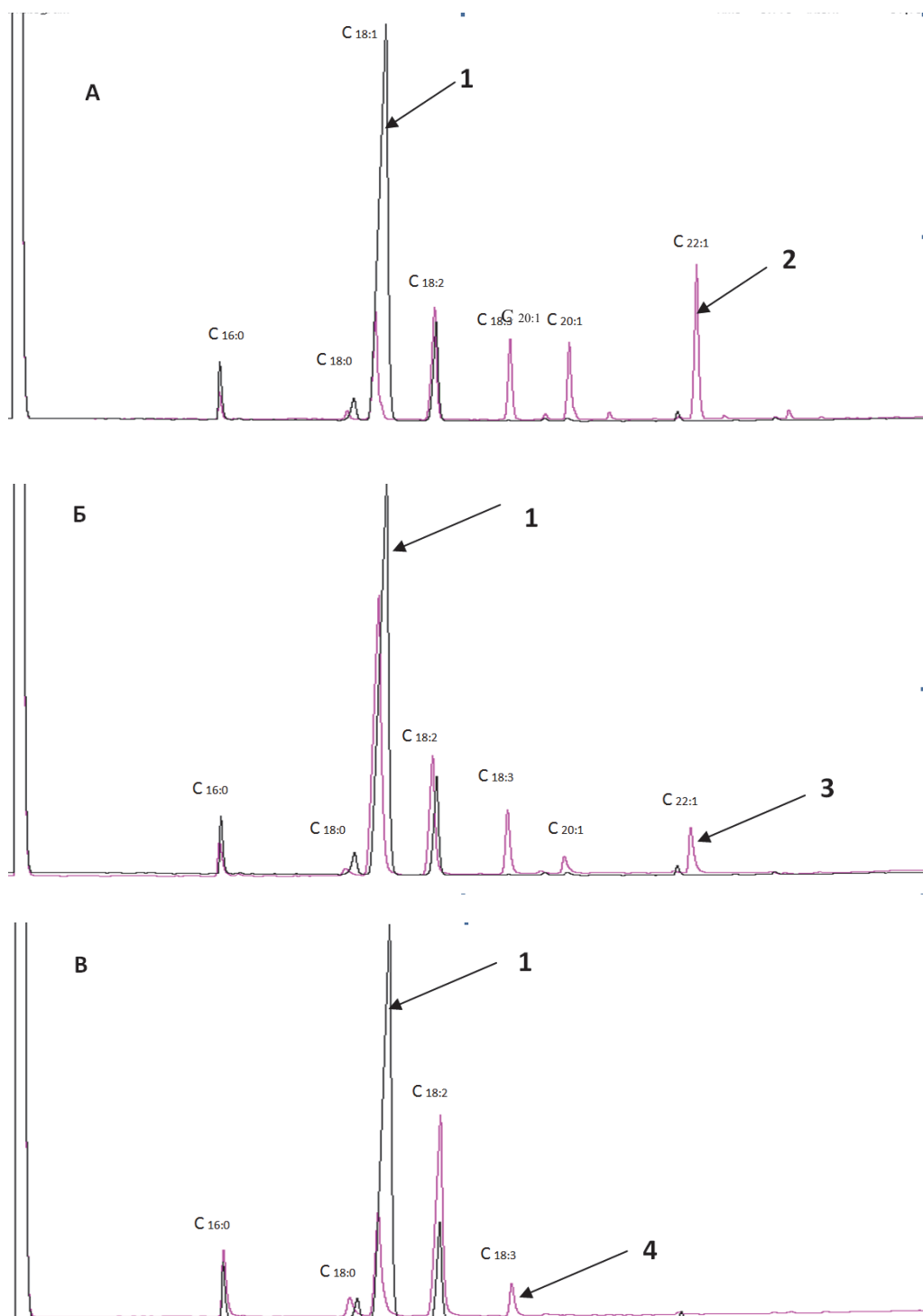


Рис. 2. Порівняння хроматограм високоолеїнової соняшникової олії і олії гірчиці (А), ріпаку (Б) та сої (В), де цифрами позначено: 1 — хроматограма олії з високим вмістом олеїнової кислоти; 2 — хроматограма олії з гірчиці; 3 — хроматограма ріпакової олії з високим вмістом ерукової кислоти та 4 — хроматограма олії з насіння сої

супроводжувалася із значним підвищенням умісту олеїнової кислоти (в середньому з 20 до майже 90 %) при одночасному зменшенні лінолевої (з 74 до 2,5 %). Поряд з цим менш значні зміни відбулися щодо пальмітинової та стеаринової кислот: їхній відсоток зменшився в середньому на 2,6 і 0,5 % відповідно.

Більш різка відмінність у жирнокислотному складі спостерігається між високоолеїновими соняшниковими оліями та оліями іншого рослинного походження (рис. 2). Зокрема, до складу олії гірчиці (А) та ріпаку (Б) додатково (понад 2 %) входять ліноленова (C18:3), гадолеїнова (C20:1) та ерукова кислоти (C22:1).

Отже, метод газової хроматографії дозволяє визначати жирнокислотний склад рослинних олій та ідентифікувати їх. Застосуванням його можна добирати високоолеїнові форми соняшнику в процесі селекції. Проте, як уже зазначалось, обладнання для хроматографічних досліджень досить коштовне і потребує висококваліфікованих спеціалістів з його обслуговування. А для здійснення селекційного процесу необхідні прості у виконанні, дешеві та надійні методи ідентифікації ліній соняшнику зі швидким визначенням вмісту тієї чи іншої кислоти. Які ж ще методи можна застосувати для характеристики якісного складу олії залежно від його жирнокислотного складу?

Для виявлення зв'язку жирнокислотного складу соняшnikової олії з такими фізичними показниками якості, як заломлення, в'язкість та щільність, були створені її зразки із різним вмістом олеїнової кислоти.

У таблиці 2 показано жирнокислотний склад вихідних (зразок 1 і 2) та змодельованих зразків олії згідно зі схемою дослідження (зразки 3, 4, 5).

У наступному етапі дослідження визначали показник заломлення олії отриманих зразків при двох температурних режимах — 20 і 40 °С. Даний метод є доволі оперативним і не потребує великої кількості досліджуваної проби, достатньо 2–3 краплин олії. Отримані результати (табл. 3) дозволяють зробити кілька висновків. По-перше, з підвищенням температури показник заломлення знижується. По-друге, визначення даного показника при двох температурних режимах дозволило розрахувати коефіцієнт зміни показника заломлення при зміні температури на 1 °С, який за варіантами дослідів коливався в незначних межах, а в середньому становив 0,000350. Це дає змогу проводити розрахунок даного показника за потрібної нам температури.

Графічна побудова отриманих результатів дала змогу виявити високу лінійну залежність між показниками заломлення і вмістом олеїнової кислоти в досліджуваних зразках соняшnikової олії (рис. 3).

У наступній таблиці 4 приведені показники заломлення олії з фактичним і розрахунковим вмістом олеїнової кислоти у зразках соняшnikової олії врожаю 2015 року.

Таблиця 2

Жирнокислотний склад зразків соняшникової олії

Кислота, %	Номер зразка олії				
	1	2	3	4	5
Мерістинова C _{14:0}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Пальмітинова C _{16:0}	6,7	4,0	6,0	5,4	4,8
Пальмітолеїнова C _{16:1}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Стеаринова C _{18:0}	3,4	2,9	3,3	3,1	2,9
Олеїнова C _{18:1}	26,5	80,7	39,8	53,1	66,1
Лінолева C _{18:2}	62,0	10,4	49,3	36,7	24,4
Ліноленова C _{18:3}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Арахінова C _{20:0}	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Гадолеїнова C _{20:1}	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2
Бегенова C _{22:0}	0,6	0,9	0,7	0,8	0,8
Лігноцєрова C _{24:1}	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3

Таблиця 3

Показники заломлення зразків соняшникової олії

Температура, °C	Номер зразка олії та вміст олеїнової кислоти, % (C _{18:1})				
	1	2	3	4	5
	26,5	80,7	39,8	53,1	66,1
	Показник заломлення згідно ІСО 6320				
20	1,4745	1,4695	1,4731	1,4721	1,4708
40	1,4674	1,4626	1,4661	1,4652	1,4638
	Зміна показника заломлення олії при зміні температури на 1 °C				
По 5 варіантах дослідіу	0,000355	0,000345	0,000350	0,000345	0,000350
У середньому	0,000350				

У досліджуваних зразках соняшникової олії вміст олеїнової кислоти коливався в досить значних межах — від 25,5 до 85,6 % відповідно. В той же час і значення показника заломлення змінювалось з такою ж динамікою. Залежність між цими двома величинами лягла в основу теоретичного значення вмісту олеїнової кислоти в зразках олії. Різниця між фактичними і розрахунковими значеннями олеїнової кислоти коливалась від –1,4 до 1,4 % відповідно, що свідчить про високий коефіцієнт кореляції між цими показниками. Досить переконливо про це свідчать дані рисунка 4, де показано лінійну залежність вмісту олеїнової кислоти та показників заломлення у досліджуваних зразках олії.

Отже, показник заломлення досить чітко реагує на якісний жирнокислотний склад соняшникової олії, а високий коефіцієнт кореляції з умістом олеїнової кислоти свідчить про тісний зв'язок між ними. Висока оперативність, простота у виконанні дають підстави говорити про мож-

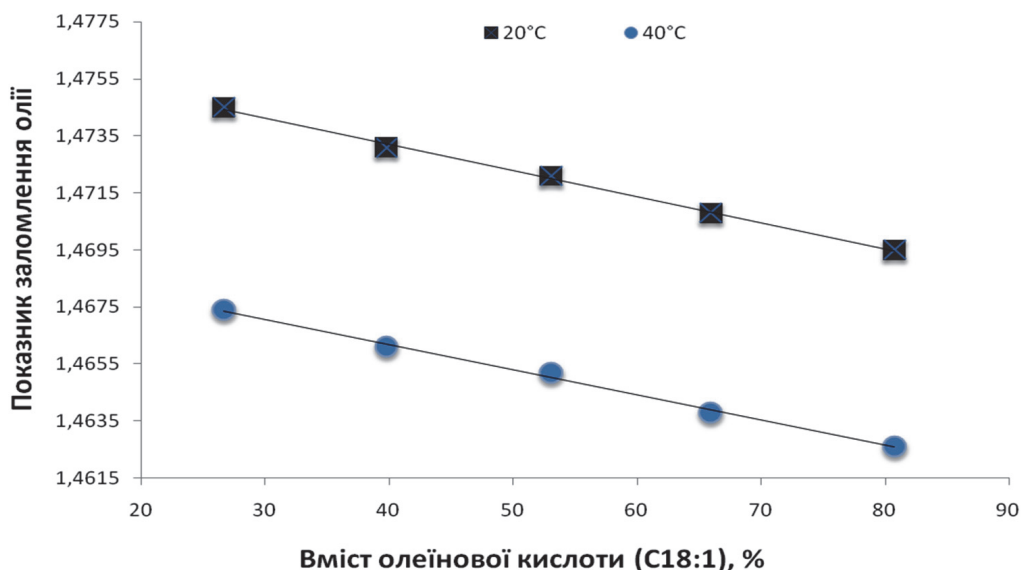


Рис. 3. Залежність показника заломлення і вмісту олеїнової кислоти в зразках соняшникової олії

лівість використання показника заломлення для ідентифікації високо-олеїнових форм соняшнику в селекційному процесі.

Важливий показник, що характеризує склад жирних кислот олії, є її в'язкість, або тертя, опір рідини (при пересуванні одного її шару відносно іншого), що залежить від сили міжмолекулярної взаємодії. В'язкість залежить від температури і типу олії. При нагріванні від 0 до 50 °C вона стрімко падає, а при подальшому підвищенні швидкість зниження уповільнюється і за температури понад 80 °C значення в'язкості більшості рослинних олій практично не відрізняються.

Для визначення показника в'язкості необхідне спеціальне обладнання, зокрема віскозиметрична баня з контрольованим температурним режимом та віскозиметр з відповідним калібруванням. Для аналізу береться зразок олії об'ємом не менше 50 мл, він має бути вільний від бульбашок повітря та седиментів (осаду), для цього проба олії відстоюється кілька годин або ж центрифугується. Термін аналізування залежить від заданої температури виконання, типу віскозиметра та жирнокислотного складу олії і становить мінімум 30 хвилин.

Результати визначення кінематичної в'язкості у зразках олії з різним вмістом олеїнової кислоти наведені в таблиці 5.

З отриманих результатів видно, що, як і очікувалось, в'язкість олії залежала від двох факторів: жирнокислотного складу і температури. Так, кінематична в'язкість зразка олії за номером 1 з вмістом олеїнової кислоти 26,5 % за температури 20 °C становила 66,73 мм²/с, з підвищенням температури на 10 і 20 °C в'язкість падає до 44,63 і 31,40 відповідно. У той же час у зразка олії за номером 2 з максимальним вмістом олеїнової кислоти 80,7 % в'язкість була найвищою і становила 86,10 мм²/с. При цьому

Таблиця 4

Показники заломлення і вміст олеїнової кислоти в соняшниковій олії

№ зразка олії	Показники заломлення за температури		Вміст олеїнової кислоти (C _{18:1}), %		
	20 °C	40 °C	фактичний	розрахунковий	різниця
1	1,4693	1,4623	84,0	83,7	0,3
2	1,4693	1,4623	83,5	83,7	–0,2
3	1,4695	1,4625	82,1	81,4	0,6
4	1,4698	1,4628	79,4	78,1	1,3
5	1,4697	1,4627	79,1	79,2	–0,1
6	1,4698	1,4628	79,5	78,1	1,4
7	1,4743	1,4673	26,1	27,0	–0,9
8	1,4698	1,4628	79,2	78,1	1,1
9	1,4697	1,4627	80,3	79,2	1,1
10	1,4695	1,4625	81,0	81,5	–0,5
11	1,4743	1,4673	27,0	27,0	0,0
12	1,4695	1,4625	80,9	81,5	–0,6
13	1,4692	1,4622	85,6	84,9	0,7
14	1,4698	1,4628	79,5	78,1	1,0
15	1,4741	1,4671	30,2	29,3	0,9
16	1,4698	1,4628	78,9	78,1	0,8
17	1,4695	1,4625	81,0	81,5	–0,5
18	1,4695	1,4625	80,1	81,5	–1,4
19	1,4695	1,4625	81,0	81,5	–0,5
20	1,4719	1,4649	55,0	54,2	0,8
21	1,4745	1,4675	25,5	24,7	0,8
22	1,4695	1,4625	80,7	81,5	–0,8
23	1,4731	1,4661	39,8	40,6	–0,8
24	1,4721	1,4651	53,1	52,0	1,1
25	1,4708	1,4638	66,1	66,7	–0,6
Мінім.	1,4692	1,4622	25,5	24,7	–1,4
Максим.	1,4745	1,4675	85,6	84,8	1,4
Середнє	1,4707	1,4637	67,9	67,7	0,2

максимальна диференціація за в'язкістю між цими зразками спостерігалась за температури 20 °C і становила 19,37 мм²/с, з подальшим підвищенням температури до 30 і 40 °C різниця за в'язкістю між цими зразками зменшувалась і становила 11,95 і 7,95 мм²/с відповідно. Отже, показник кінематичної в'язкості залежить від вмісту олеїнової кислоти, при цьому диференціація між зразками з різним вмістом цієї кислоти дещо зменшується з підвищенням температури олії (рис. 5).

Показник кінематичної в'язкості досить чітко диференціює зразки соняшникової олії залежно від жирнокислотного складу, проте ця залежність не є лінійною — з підвищенням температури в'язкість олії як з високим, так і з низьким вмістом олеїнової кислоти значно зменшується, що знижує ефективність добору високоолеїнових форм соняшнику.

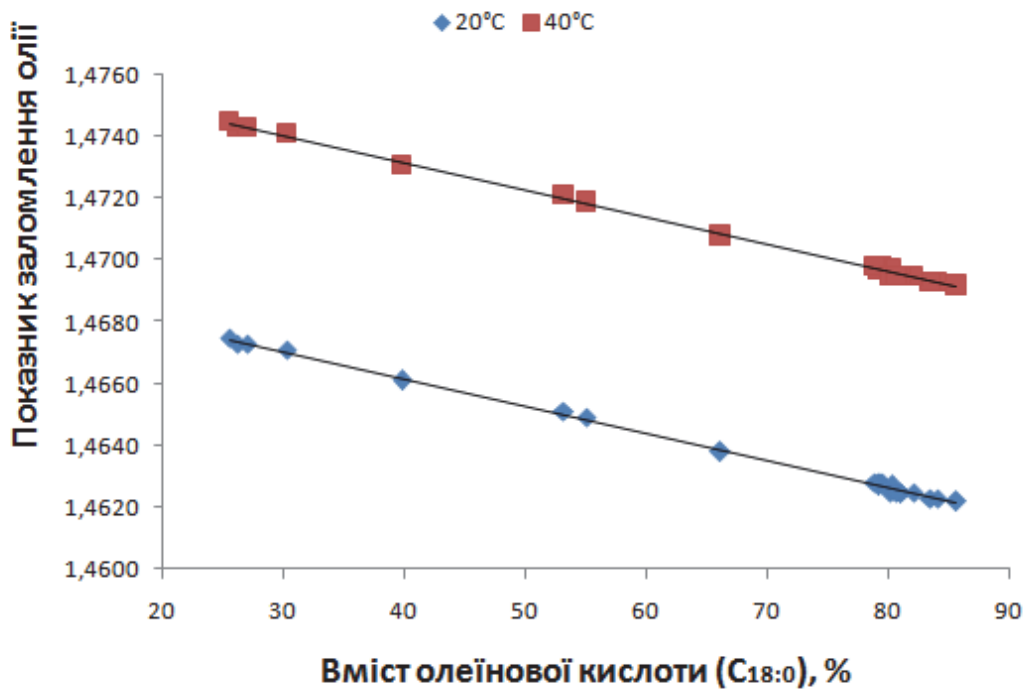


Рис. 4. Залежність показників заломлення і вмісту олеїнової кислоти в досліджуваних зразках соняшникової олії (N=25)

Таблиця 5
Кінематична в'язкість олії у зразків з різним вмістом олеїнової кислоти

Температура, °C	Номер зразка олії та вміст олеїнової кислоти, % (C _{18:1})					
	1	2	3	4	5	різниця між 1 та 2 зразками
	26,5	80,7	39,8	53,1	66,1	
	Кінематична в'язкість олії, мм²/с					
20	66,73	86,10	71,42	76,17	80,80	19,37
30	44,63	56,58	47,49	50,41	53,36	11,95
40	31,40	39,35	33,57	35,44	37,27	7,95

Результати визначення щільності різних зразків олії викладені у таблиці 6. У дослідженні використовували пікнометри об'ємом 50 мл, зразки матеріалу попередньо відстоювали для видалення повітря та осаду.

Як і очікувалось, щільність зразка олії з мінімальним вмістом олеїнової кислоти була максимальною і становила 0,9193 г/мл за температури 20 °C, з підвищенням температури вона зменшувалася і за температури 30 та 40 °C становля 0,9126 і 0,9058 г/мл відповідно. Зразок олії за номером 2 з максимальним вмістом олеїнової кислоти характеризувався мінімальною щільністю в порівнянні з усіма іншими зразками: 0,9124–0,9056–0,8988 г/мл за температури 20–30–40 °C відповідно.

При підвищенні температури на кожен 1 °C показник щільності зменшувався в середньому на 0,00068 г/мл незалежно від вмісту олеїнової кислоти в олії. Так само реагували усі варіанти олії.

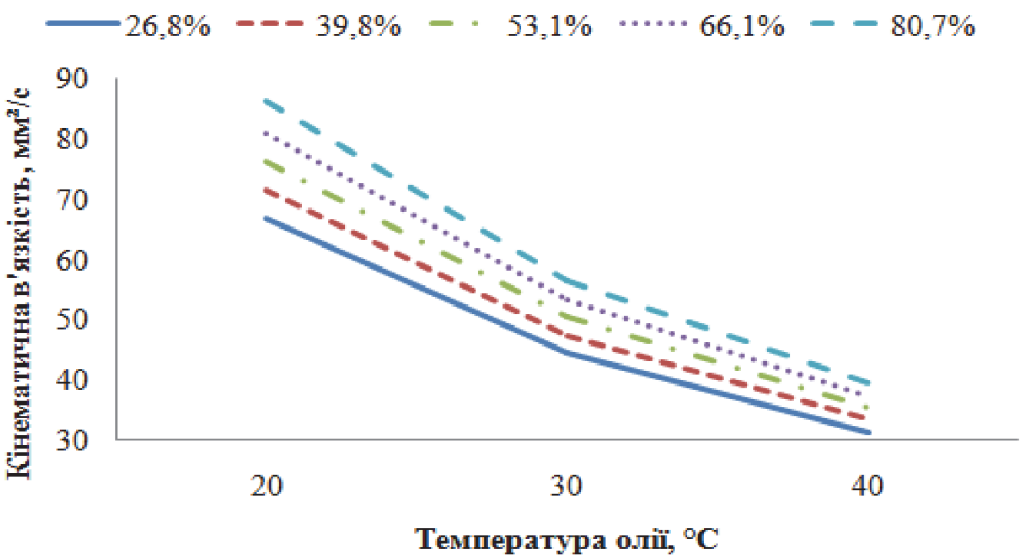


Рис. 5. Залежність кінематичної в'язкості від температури у досліджуваних зразках соняшникової олії з різним вмістом олеїнової кислоти

Таблиця 6

Щільність зразків соняшникової олії з різним вмістом олеїнової кислоти

Температура, °C	Номер зразка олії та вміст олеїнової кислоти, % (C _{18:1})				
	1	2	3	4	5
	26,5	80,7	39,8	53,1	66,1
Показник щільності (г/мл) згідно ІСО 6883					
20	0,9193	0,9124	0,9174	0,9159	0,9143
30	0,9126	0,9056	0,9106	0,9092	0,9075
40	0,9058	0,8988	0,9038	0,9023	0,9007
Зміна щільності олії при зміні температури на 1°C					
По 5 варіантах досліду	0,000675	0,000680	0,000680	0,000680	0,000680
У середньому	0,000680				

Показники рисунка 6 ще раз підтвердили лінійну залежність між щільністю олії та вмістом олеїнової кислоти у ній.

Висновки. Одним із головних стримуючих факторів широкого впровадження у виробництво високоолеїнового соняшнику є недостатня кількість посівного матеріалу: частка гібридів з підвищеним та високим вмістом олеїнової кислоти у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, становить лише 7 %. Тому найближчими роками слід зробити рішучі кроки з виправлення становища — створення конкурентоздатних вітчизняних гібридів нового напрямку, інакше цю нішу швидко займуть іноземні фірми.

На всіх етапах селекційного і виробничого процесів найбільш інформативним та ефективним контролем рівня олеїнової кислоти є хроматографічний метод. Він не потребує великих затрат зразків олії для дослідження, а спрощена нами процедура визначення жирнокислотного

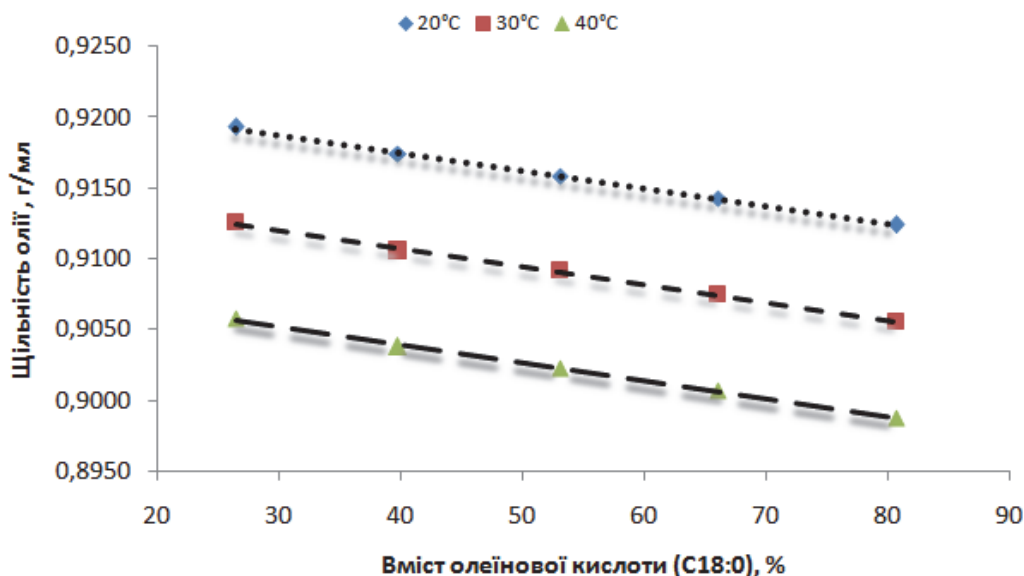


Рис. 6. Щільність зразків соняшникової олії з різним вмістом олеїнової кислоти складу майже удвоє скорочує час аналізу. Проте висока вартість і складність у його виконанні роблять його застосування досить затратним. З-поміж багатьох факторів, що характеризують склад жирних кислот олії, заслуговують на увагу показники заломлення, в'язкості та щільності.

Проте лише показник заломлення, завдяки простоті його одержання, інформативності та оперативності, може використовуватися у процесі селекції на рівні рослини (кошика) для ідентифікації високоолеїнових форм соняшнику під час приймання та заготівлі партій насіння чи олії для контролю вмісту олеїнової кислоти.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Soldatov K. I. Chemical mutagenesis in sunflower breeding. In Proc. 7th Int. Sunfl. Conf. Krasnodar. URSS, 1976. P. 352–357.
2. Urie A. L. Inheritance of high oleic acid in sunflower. Crop Science. 1985. P. 986–989.
3. Miller J. F., Zimmerman B. C. Inheritance of high oleic fatty acid content in sunflower. Proc. Sunfl. Research Workshop, Fargo N. D. 26 January. 1983.
4. Monotti, M. Growing non-food sunflower in dry land conditions. Ital. J. Agron. 2004. 8 (1). P. 3–8.
5. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2015 рік. 324 с.
6. Арутюнян Н. С., Корнева Е. П., Мартовщук Е. В. Лабораторный практикум по химии жиров. Санкт-Петербург, 2004. 264 с.

Надійшла 01.02.2017

UDC 633.854.78:631.523

Chervonis M. V., Rybalka O. I., Toporash I. G. Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigations
e-mail: chermisha@ukr.net

OIL QUALITY EVALUATION METHODS OF HIGH OLEIC SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS* L.)

The main limitation in implementation of the production of high oleic sunflower is the lack of seeds for sowing. Therefore, the next few years are crucial for the development of competitive Ukrainian sunflower hybrids high in oleic acid.

We had studied samples of oils and seeds with different concentrations of oleic acid by chromatographic method and test the possibility of applying relatively simple, fast and effective laboratory methods of oleic acid determination.

УДК 633.854.78:631.523

Червонис М. В., Рыбалка А. И., Топораш И. Г. СГИ–НЦСС, Одесса
e-mail: chermisha@ukr.net

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МАСЛА ВЫСОКООЛЕИНОВОГО ПОДСОЛНЕЧНИКА (*HELIANTHUS ANNUUS* L.)

Главным лимитирующим фактором широкого внедрения в производство высокоолеиновых форм подсолнечника является недостаточное количество посевного материала и отсутствие стимулирования на государственном уровне. Поэтому в ближайшие годы необходимо создать конкурентоспособные отечественные гибриды подсолнечника высокоолеинового направления.

Исследованы образцы подсолнечного масла с различным содержанием олеиновой кислоты хроматографическим методом, показана возможность применения относительно простых, экспрессных и эффективных физических методов контроля содержания олеиновой кислоты.

УДК 633.31:66.097.8

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.,

М. М. ПАНЧЕНКО, к. б. н., доц.

Одеська нац. акад. харчових технологій, Одеса

e-mail: garkovith@outlook.com

e-mail: krussir.65@gmail.com

БІОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ІНГІБІТОРУ ТРИПСИНУ З НАСІННЯ ЛЮЦЕРНИ ПОСІВНОЇ (*MEDICAGO SATIVA L.*)

Із водного екстракту насіння люцерни посівної за використання висолювання, діалізу та афінної хроматографії був виділений інгібітор трипсину (20,24 кДа) з молекулярною масою 0,007 мг/см³ та інгібіторною активністю 0,19 ІО/см³. Досліджено його амінокислотний склад та дію на протеолітичну активність трипсину.

Ключові слова: люцерна (*Medicago sativa L.*), інгібітор трипсину, афінна хроматографія, очистка та властивості.

Вступ. Одним із актуальних та перспективних напрямів біотехнології є розробка харчових композицій, які спрямовано впливають на ферментативні процеси в організмі.

Білкові інгібітори протеолітичних ферментів відіграють важливу роль у підтримці гомеостазу. У наш час багаточисленними лабораторними та клінічними дослідженнями доведено, що інгібітори протеолітичних ферментів беруть участь у біохімічних каскадах організму і є ключовими регуляторами багатьох біологічних процесів, що ініціюють порушення згортання крові, ангіогенезу, апоптозу, в тому числі активізації системи комплементу [1–3].

Відомо, що секреція соку підшлункової залози регулюється «процесом травлення». Перетравлюваність їжі залежить від рівня трипсину та хімо-трипсину в кишечнику. Коли рівень цих ферментів стає нижчим за критичне значення, підшлункова залоза починає виробляти більше ферментів. За умов зв'язування трипсину з інгібітором може відбуватися уповільнення травлення [4]. Отже, збільшення рівня інгібіторів трипсину в їжі викликає ланцюг реакцій, що відновлюють нормальний вміст трипсину в кишечнику та нормалізують травлення [5]. Підтримання інгібіторного потенціалу організму при таких патологічних станах є серйозною проблемою.

Останнім часом все більшу увагу дослідників привертає питання виділення та використання інгібіторів протеаз рослинного походження.

Потенційним джерелом рослинних інгібіторів є насіння рослин, наприклад, інгібіторів ліпаз — представники сімейств бобових, хрестоцвітних; амілаз — зернових; протеаз — бобових. Проведені дослідження [5] довели, що білки із насіння гречки, пшениці, люпину, жита, перцю, гірчиці, картоплі є ефективними інгібіторами трипсиноподібних протеаз. Однак незважаючи на це, пошук нових, альтернативних джерел є актуальним.

Бобові культури, зокрема люцерна посівна, містять значну кількість біологічно активних сполук, особливо низькомолекулярних білків, які є природними інгібіторами з широким спектром біологічної активності.

Метою роботи було виділення, очистка та характеристика властивостей інгібітору трипсину з насіння люцерни.

Матеріал та методи. Об'єкти досліджень: насіння люцерни сорту 'Єва' (СГІ–НЦНС) та трипсин підшлункової залози людини — T6424 Sigma (Sigma-Aldrich, USA).

Як сорбент використовували сефарозу 4В. Її активацію проводили з використанням бензохінону, який синтезували з попередньо очищеного гідрохінону [6].

Ковалентне зв'язування активованого носія з трипсином здійснювали наступним чином: до 3 мл гелю активованої сефарози 4В додавали 3 мл 0,1 М фосфатного буфера, рН 7,6. Реакцію зв'язування проводили при 4 °С впродовж 24 годин. Отриманий гель трипсин-сефарози 4В промивали дистильованою водою на скляному фільтрі, а потім у колонці (1х15 см) послідовно 1 М KCl в 0,1 М Na-ацетатному буфері, рН 4, протягом 24 год, 1 М KCl в 0,1 М фосфатному буфері, рН 8,0, протягом 24 год та дистильованою водою до відсутності поглинання за 280 нм.

У лабораторних дослідженнях використовували стандартні та адаптовані методи біохімічного аналізу: активність інгібітору трипсину визначали за зменшенням швидкості гідролізу казеїну ензимом у присутності інгібітору [7]; визначення молекулярної маси очищеного інгібітору трипсину здійснювали методом електрофорезу [8]; вміст білка визначали за методом Лоурі — Хартрі [9]; амінокислотний склад методом іонообмінної рідинної хроматографії [10]; частку неполярних бокових ланцюгів інгібітору — за методом Бігелоу [11].

Статистичну обробку результатів досліджень проводили за допомогою програми BioStat 2008 5.8.4.3 для Windows.

Результати та їх обговорення. Знежирення гомогенізованого насіння люцерни масою 0,7 г здійснювали в апараті Сокслета з використанням петролейного ефіру. Екстракцію інгібітору трипсину з насіння люцерни проводили 0,05 М боратним буфером, рН 7,6, який містив 0,5 М NaCl (гідромодуль 100) за кімнатної температури.

Очищення інгібітору трипсину з насіння люцерни включало 2 стадії: прогрів екстракту за 70 °С та фракціонування білкової складової екстракту сульфатом амонію з подальшим діалізом фракції між 75 та 100 %-ним

ступенем насиченості $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ й афінну хроматографію на біоспецифічному сорбенті трипсин — сефароза 4В.

Стадія 1. Екстракт прогрівали за температури 70 °С впродовж 10 хв для інактивації протеаз, які могли бути екстраговані з насіння люцерни. Осад відокремлювали від супернатанту за допомогою центрифугування зі швидкістю 8000 г впродовж 20 хв. За характеристиками інгібітор трипсину є білком-альбуміном, який відносять до сімейства інгібіторів Кунітца. У зв'язку з цим його фракціонування проводили сульфатом амонію зі ступенем насичення солі між 75 і 100 % (F_{75-100}). Розчин білка після кожного введення солі перемішували і центрифугували зі швидкістю 8000 г впродовж 20 хв. Фракціонування сульфатом амонію проводили за температури 4 °С упродовж 40 хв. Отриманий осад розчиняли у дистильованій воді, суспензію білка переносили до діалізної камери з пористою мембраною і діалізували проти дистильованої води впродовж 3 днів. Осад відокремлювали від рідинної фази центрифугуванням при 5000 г протягом 30 хв. Отриманий супернатант наносили на колонку з афінним сорбентом.

Стадія 2. Фракцію інгібітору трипсину наносили на колонку (1х15 см) з сорбентом трипсин-сефарозою 4В зі швидкістю 15 мл/хв. Елюцію білків проводили ступінчасто буферними розчинами: 0,05 М трис-НCl, рН 8,0; 1М NaCl, 0,05 М трис-НCl, рН 8,0, що містив 8М сечовину. Інгібітор елюювали з колонки 10⁻³ М розчином НCl (рис. 1). Активну фракцію нейтралізували до рН 8,0 1 М розчином NaOH та ліофільно висушували (табл. 1).

Таблиця 1

Стадії виділення та очищення інгібітору трипсину з насіння люцерни

Стадія	Екстракція	Фракціонування та діаліз	Афінна хроматографія
Об'єм, см ³	70	130	67
ІА, ІО/ см ³	0,27	0,14	0,19
Білок, мг/ см ³	0,940	0,020	0,007
Загальний білок, мг	65,80	2,60	0,47
Сумарна ІА, од.	18,90	18,14	13,00
Питома ІА, ІО/мг	0,29	7,00	27,60
Ступінь очищення	1,0	25,0	95,2
Вихід, %	100,0	96,0	68,7

Субстанція є гігроскопічним порошком білого кольору, добре розчинним у воді.

Наведені в таблиці 1 дані свідчать про те, що екстракт із вмістом білка 0,940 мг/см³ та інгібіторною активністю 0,27 ІО/см³ очищено до вмісту білка в активній фракції елюату після афінної хроматографії 0,007 мг/см³, що володіє інгібіторною активністю 0,19 ІО/см³. Ступінь очищення інгібітору становить 95,2 %. Отже, розрахунки свідчать, що із 100 г насіння люцерни сорту 'Ева' одержано 67,14 мг інгібітору трипсину, інгібіторна активність якого становить 27,6 ІО/мг білка.

Результати визначення ІА та концентрації білка у зібраних (Вел.) фракціях елюатів наведені на рисунку 1.

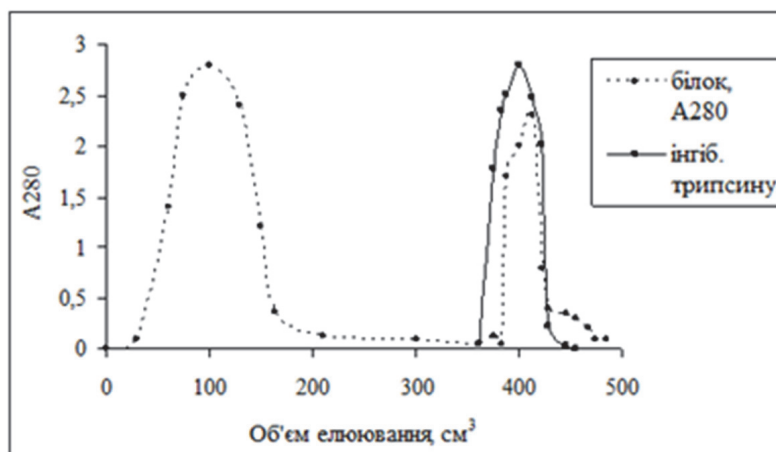


Рис. 1. Профіль елюції інгібітору трипсину із насіння люцерни на трипсин-сефарозі

Молекулярну масу (M_r) очищеного інгібітору визначали методом електрофорезу в 15 % ПААГ, що містив 0,1 % натрій додецилсульфат, при рН 8,3, на приладі для горизонтального електрофорезу фірми (Bio-Rad) за температури 4°C з використанням 2219 MultitemplII Thermostatic Circulator. Як маркери використовували суміш білків: фосфорилазу В (92500 Да), бичачий сироватковий альбумін (67000 Да), лактатдегідрогеназу (35000 Да), карбогідразу (29000 Да), соєвий інгібітор трипсину (21000 Да), яєчний альбумін (15000 Да), цитохром С (12000 Да) фірми Bio-Rad. Зразки оброблені за температури у 4 °С впродовж 3 год струмом у 20 мА. Фіксацію білків проводили 60 %-ним водним розчином трихлороцтової кислоти протягом 3 год за кімнатної температури. Гель зафарбовували розчином Кумасі-250 у 12,5 %-ній трихлороцтовій кислоті, що містив 5 % етанолу протягом 4 год за кімнатної температури. Надлишок фарби видаляли розчином, що містив 10 % ізопропілового спирту та 7 % оцтової кислоти (рис. 2).

Отримано білок із молекулярною масою 20,24 кДа, яку було розраховано за допомогою калібрувальної кривої (рис. 3).

Амінокислотний склад виділеного інгібітору трипсину визначали за допомогою амінокислотного аналізатора фірми «Hitachi» (Японія) модель 835 на сталій колонці (0,4 x 15 см), заповненій катіонообмінною смолою марки 2619 (Hitachi custom Ion-Exchange Resin). Для аналізу використовували 50 мкл зразка інгібітору. Розділення амінокислот здійснювали у трибуферній системі натрій-цитратних буферних розчинів: 0,18Н рН 3,25; 0,3Н рН 3,9; 1,6Н рН 4,75. За одержаними даними порівнювали амінокислотний склад одержаного інгібітору трипсину (ІТ-1) з інгібіторами Кунітца (STI) та Баумана — Бірк (BBI) (табл. 2).

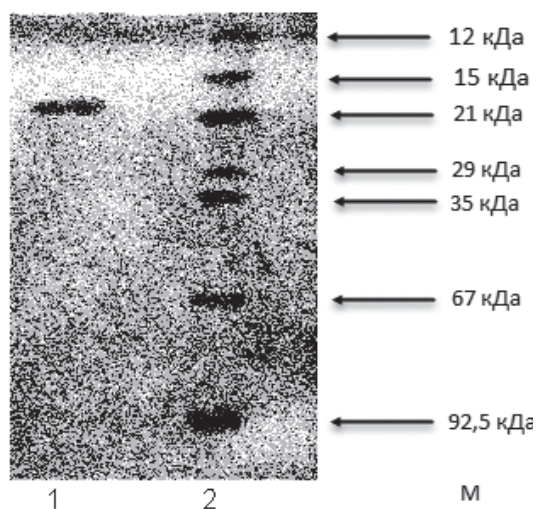


Рис. 2. Визначення молекулярної маси виділеного інгібітору трипсину з насіння люцерни методом електрофорезу, де 1 — зразок інгібітору трипсину; 2 — маркери; М — маркери молекулярної маси

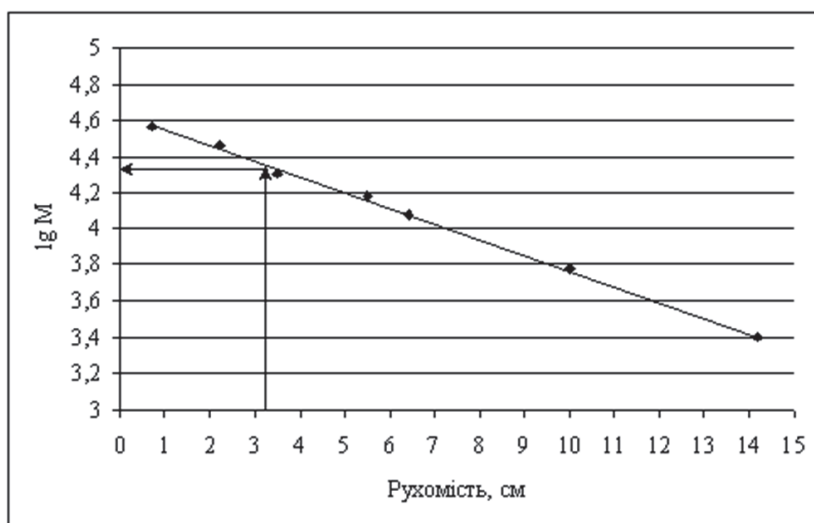


Рис. 3. Калібрувальна крива для розрахунку молекулярної маси інгібітору трипсину

Аналіз даних, наведених у таблиці 2, вказує на те, що інгібітор із насіння люцерни значно відрізняється за амінокислотним складом від інгібітору Баумана — Бірк.

Ці відмінності в першу чергу виявляються в низькому вмісті цистеїну та більш високому вмісті залишків із боковими ланцюгами гідрофобного характеру. Важливо, що через менше число дисульфідних зв'язків стабільність конформації інгібітору з насіння люцерни більшою мірою, ніж інгібітору Баумана — Бірк, залежить від гідрофобних взаємодій.

Таблиця 2

Порівняння амінокислотного складу інгібіторів трипсину з насіння люцерни (IT-1), Кунітца (STI) та Баумана — Бірк (BBI)

Амінокислота	Число залишків		
	IT-1	STI [12]	BBI [12]
Asp	16,4(16)	26	12
Tle	6,2(6)	7	2
Ser	14,8(15)	11	8
Glu	18,1(18)	18	7
Pro	15,2(15)	10	6
Gly	20,2(20)	16	0
Ala	8,0(8)	8	4
Val	1,4(14)	14	1
Cys	3,9(4)	4	14
Met	1,8(2)	2	1
Ile	13,3(13)	14	2
Leu	17,3(17)	15	2
Phe	4,8(5)	9	2
Tyr	7,3(7)	4	2
Lys	13,9(14)	10	5
His	3,1(3)	2	1
Arg	8,3(8)	9	2
Trp	0,8(1)	2	0
Загальне число залишків	186	181	71
M_r	20238	20100	8000

У цілому амінокислотний склад інгібітору з насіння люцерни характеризується низкою рис, загальних для інгібіторів сімейства STI. Як вже було відзначено, молекула виділеного інгібітору містить значну кількість залишків кислих амінокислот, а також гліцину та амінокислот із неполярними боковими ланцюгами (Pro, Val, Leu, Ile). Доля неполярних бокових ланцюгів (NPS), розрахована за методом Бігелоу, становить 0,39 для інгібітору трипсину насіння люцерни. Для STI ця величина — 0,29.

На рисунку 4 наведено результати досліджень з інгібування трипсину підшлункової залози людини виділеним інгібітором. Він ефективно пригнічує активність трипсину. Крива інгібування має лінійний характер до досягнення 90 %-го інгібування. Екстраполяція лінійної ділянки кривої до точки, яка відповідає нульовій ферментативній активності, свідчить про досягнення 100 %-го інгібування при молярному співвідношенні інгібітор : фермент — 1 : 1.

Дослідження дії інгібітору трипсину (IT) у концентраціях від 0,1 до 1 мг/см³ на протеолітичну активність трипсину довело лінійну залежність між кількістю внесеного в інкубаційну суміш IT та ферментативною активністю, яка зберігається практично до досягнення 90 % інгібування. Порівняння екстраполяції величин ферментативної активності дозволило зробити висновок, що за утворення фермент-інгібіторного комплексу

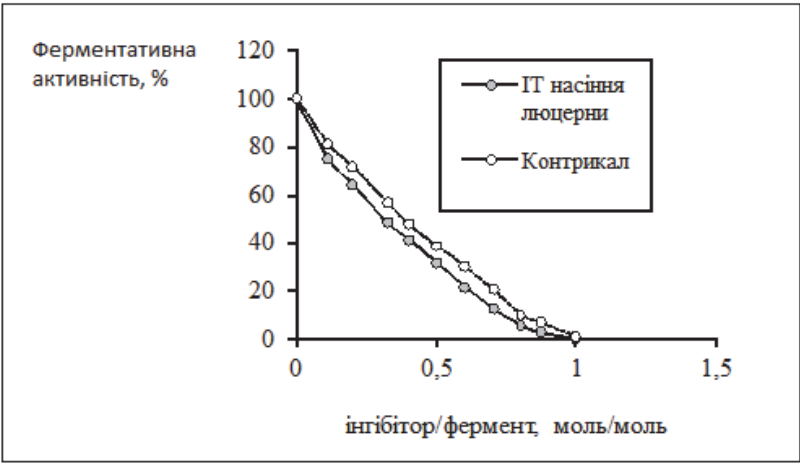


Рис. 4. Залежність активності трипсину від концентрації інгібітору

одна молекула ІТ з насіння люцерни так само, як і одна молекула «Контрикалу», зв’язують по одній молекулі трипсину. За характером дії на трипсин інгібітор із насіння люцерни аналогічний інгібітору Кунітца [12].

Однією з основних характеристик природних інгібіторів є специфічність їх дії на різні ферменти. У таблиці 3 наведені порівняльні дані дослідження специфічності інгібітору трипсину з насіння люцерни та препарату інгібітору протеаз із легенів великої рогатої худоби (препарат «Контрикал» фірми AWD pharma GmbH & Co. KG).

Таблиця 3

Порівняльна специфічність інгібітору трипсину з насіння люцерни сорту ‘Єва’ та препарату «Контрикал» (вагове співвідношення інгібітор : фермент — 1 : 1)

№ п/п	Фермент	Інгібіторна активність інгібітору трипсину насіння люцерни, %	Інгібіторна активність препарату «Контрикал», %
1	Проназа Е (із <i>Streptomyces griseus</i>)	не інактивує	не інактивує
2	Протеаза С	не інактивує	не інактивує
3	Пепсин	не інактивує	не інактивує
4	Панкреатин	не інактивує	не інактивує
5	Ораза	не інактивує	не інактивує
6	Хімотрипсин	23,5	37,3
7	Трипсин	92,6	97,0
8	α- Амілаза	не інактивує	не інактивує
9	β- Амілаза	не інактивує	не інактивує

Наведені експериментальні дані дослідження доводять, що одержаний інгібітор і інгібітор, що входить до складу комерційного препарату, ефективно знижують активність трипсину, практично не впливають на активність хімотрипсину та взагалі не дезактивують α-амілазу і протеази. Це свідчить про відсутність у одержаного препарату біфункціональ-

них характеристик, зокрема щодо дії на активність аміолітичних ферментів.

Висновки. 1. Із водного екстракту насіння люцерни посівної, за використання висолювання, діалізу та афінної хроматографії, був виділений інгібітор трипсину (20,24 кДа) з вмістом білка 0,007 мг/см³ та інгібіторною активністю 0,19 ІО/см³. Молекула виділеного інгібітору містить значну кількість залишків кислих амінокислот, а також гліцину та амінокислот із неполярними боковими ланцюгами (Pro, Val, Leu, Ile). Дослідження дії інгібітору трипсину (ІТ) на протеолітичну активність трипсину підтвердило лінійну залежність між кількістю внесеного в інкубаційну суміш ІТ та ферментативною активністю, яка зберігається практично до досягнення 90 % інгібування.

2. Досліджено і порівняно амінокислотний склад одержаного інгібітору трипсину (ІТ-1) з інгібіторами Кунітца (STI) та Баумана — Бірк (BBI). Аналіз даних вказує на те, що інгібітор із насіння люцерни значно відрізняється за амінокислотним складом від інгібітору Баумана — Бірк. Ці відмінності в першу чергу виявляються в низькому вмісті цистеїну та більш високому вмісті залишків із боковими ланцюгами гідрофобного характеру. Важливо, що через менше число дисульфідних зв'язків стабільність конформації інгібітору з насіння люцерни більшою мірою, ніж інгібітору Баумана — Бірк, залежить від гідрофобних взаємодій.

3. Інгібітор із насіння люцерни ефективно знижує активність трипсину, практично не впливає на активність хімотрипсину та взагалі не дезактивує α -амілазу і протеази. Це доводить відсутність у одержаного препарату біфункціональних характеристик, зокрема щодо дії на активність аміолітичних ферментів. Інгібітор може використовуватися як перспективний компонент харчових композицій, призначених для корекції харчування за різних станів, що супроводжуються підвищеною активацією протеолітичних ферментів.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Zavasnik-Bergant T. Cystatin protease inhibitors and immune functions. *Front. Biosci.* 2008. Vol. 1, № 13. P. 4625–4637.
2. Silverman G. A., Whisstock J. C., Askew D. J., Pak S. C., Luke C. J., Cataltepe S., Irving J. A., Bird P. I. Human clade B serpins (ov-serpins) belong to a cohort of evolutionarily dispersed intracellular proteinase inhibitor clades that protect cells from promiscuous proteolysis. *Cell Mol. Life Sci.* 2004. Vol. 61, № 3. P. 301–325.
3. Richardson J., Viswanathan K., Lucas A. Serpins, the vasculature, and viral therapeutics. *Front. Biosci.* 2006. Vol. 1, № 11. P. 1042–1056.
4. Кислухина О. В. Ферменты в производстве пищи и кормов. Москва: Дели принт, 2002. 335 с.
5. Дунаевский Я. Е., Цыбина Т. А., Белякова Г. А., Домаш В. И., Шарпио Т. П., Забрейко С. А., Белозерский М. А. Ингибиторы протеиназ как антистрессовые белки высших растений. *Прикл. биох. и микробиол.* 2005. Т 41, № 4. С. 392–396.

6. Perrin D. D. Armarego W. L. F., Perrin Dawn R. Purification of Laboratory chemicals. Pergamon Press-Oxford, 1966. P. 181.
7. Левицкий А. П. Методы определения ингибиторов трипсина. Биохимические методы исследования селекционного материала. Одесса: ВСГИ, 1979. Т. 15. С. 68–73.
8. Остерман Л. А. Методы исследования белка и нуклеиновых кислот: Электрофорез и ультрацентрифугирование. Москва: Наука, 1981. С. 288.
9. Hartree E. F. Determination of protein: A modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. Analytical Biochemistry. 1972. Vol. 48. P. 422–427.
10. Методы биохимического исследования растений. А. И. Ермаков и др.; под ред. А. И. Ермакова. Ленинград: Агропромиздат, 1987. 430 с.
11. Bigelow C. C. On the average hydrophobicity of proteins and the relation between it and protein structure. J. Theoret Biol. 1967. 16(2). P. 187–211.
12. Мосолов В. В., Валуева Т. А. Ингибиторы протеиназ и их функции у растений. Прикл. биохим. и микробиол. 2005. Т. 41, № 3. С. 261–282.

Надійшла 13.12.2017

UDC 633.31: 66.097.8

Garkovich O. L., Krusir G. V., Kuznietsova I. O., Madani M. M., Panchenko M. M. Odesa National Academy of Food Technologies, Odesa
e-mail: garkovith@outlook.com
e-mail: krussir.65@gmail.com

BIOCHEMICAL PROPERTIES OF TRYPSIN INHIBITOR OF ALFALFA SEEDS (*MEDICAGO SATIVA* L.)

A low-molecular-weight inhibitor of trypsin (20.24 kDa) with a protein content of 0.007 mg/cm³ and an inhibitory activity of 0.19 IA/cm³ was isolated from the aqueous extract of alfalfa seeds, using the methods of salting-out, dialysis and affinity chromatography. Its amino-acid composition and action on the proteolytic activity of trypsin have been studied.

УДК 633.31:66.097.8

**Гаркович А. Л., Крусир Г. В., Кузнецова И. А., Мадани М. М.,
Панченко Н. Н.** Одесская национальная академия пищевых технологий,
Одесса

e-mail: garkovith@outlook.com

e-mail: krussir.65@gmail.com

БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНГИБИТОРА ТРИПСИНА ИЗ СЕМЯН ЛЮЦЕРНЫ ПОСЕВНОЙ (*MEDICAGO SATIVA* L.)

Из водного экстракта семян люцерны посевной при использовании высаливания, диализа и аффинной хроматографии был выделен ингибитор трипсина (20,24 кДа) с молекулярной массой 0,007 мг/см³ и ингибиторной активностью 0,19 ИА/см³. Исследованы его аминокислотный состав и действие на протеолитическую активность трипсина.

ФІТОПАТОЛОГІЯ

УДК 634.8:632.4:631.52

Н. А. МУЛЮКІНА, д. с.-г. н., заст. дир. з наук. роб.,

І. А. КОВАЛЬОВА, к. с.-г. н., зав. від.,

В. С. ЧИСНІКОВ, к. с.-г. н., ст. наук. співроб.,

Р. В. ГЕРЕЦЬКИЙ, асп.

ННЦ «ІВІВ ім. В. Є. Таїрова»

e-mail: tairnma2005@ukr.net

ЕСКА ВІНОГРАДУ (*VITIS L.*) ЯК ОБ'ЄКТ САНІТАРНОГО КОНТРОЛЮ В СХЕМІ СЕРТИФІКАЦІЇ САДІВНОГО МАТЕРІАЛУ

Представлено дані санітарного контролю щодо особливостей прояву ески на клоновому матеріалі підщепних та прищепних сортів винограду. Показано, що прояв хвороби залежить від вихідного сорту та віку рослин, продемонстровано, що в цілому на матеріалі клонового походження хвороба зустрічається рідше, ніж на сортовому матеріалі, отриманому поза схемою сертифікації. Запропоновано вдосконалену шкалу оцінки ступеня ураження хворобою та заходи санітарного контролю ески в загальній схемі сертифікації садівного матеріалу винограду.

Ключові слова: виноград, еска винограду, санітарний контроль, банк клонів, схема сертифікації.

Вступ. Еска є хворобою багаторічної деревини винограду, яка останнім часом все ширше розповсюджується у країнах Європи та світу [1]. Хвороба викликається комплексом патогенів, а саме: *Phaeomoniella chlamydospora*, *Phaeoacremonium aleophilum* та деякими іншими [2; 3]. Зазначені патогени уражують судинну систему винограду (багаторічну деревину), що призводить до подальшої появи симптомів на листі.

На прищепних сортах відмічено дві форми хвороби — хронічна, із проявом симптомів на листі (хлоротичні та некротичні ураження), та раптове відмирання, або апоплексія, що призводить до загибелі пагонів чи усієї рослини за кілька днів [4].

На підщепних сортах при ураженні ескою виникають лише ендоефітні симптоми; при цьому у чубуках, заготовлених із хворих рослин, виявляють латентне ураження збудниками ески, що підвищує ризик розповсюдження хвороби із садівним матеріалом [5].

Хвороба ески набула епіфіотійного характеру протягом останніх двох десятиріч. Поширення хвороби має два аспекти — сортимент та регіон. У плані сортового складу практично не виявлено різниці між ступенем

ураження білих та червоних сортів. Найбільш стійкими вважаються 'Мерло' та 'Піно білий', найвразливішими — 'Каберне Совіньйон', 'Рислінг', 'Совіньйон білий' та деякі інші. В Україні еска почала перетворюватися на серйозну проблему приблизно 15 років тому. Вона виявлена практично в усіх виноградарських областях (Одеська, Миколаївська, Херсонська, рідше — Закарпатська), найчастіше спостерігається на сорті 'Каберне Совіньйон' та його нащадкові — сорті 'Одеський чорний'. Є серйозні підстави вважати, що в ряді випадків хворобу було завезено з-за кордону із садівним матеріалом (Франція, Сербія). Прояв симптомів ески залежить від таких чинників, як стійкість генотипу, метеоумови року тощо [6]. При цьому прояв симптомів ески не виключає можливості використання насаджень, інколи навіть тривалого, та регулярного отримання урожаю задовільної якості та кількості. Отже, у боротьбі із ескою та в профілактиці важливі комплексний підхід та одночасне використання селекційних, санітарних та агротехнічних прийомів [7].

Відомо, що контроль збудників ески (як і інших хвороб багаторічної деревини винограду) за допомогою стандартних методів (обробка засобами захисту рослин, термотерапія та агротехнічні прийоми) дозволяє позбутися інфекції лише у 30–50 % рослин [1].

Виходячи з цього, в багатьох виноградарських країнах світу як оптимальний шлях вирішення проблеми було обрано розробку та застосування санітарного контролю у схемах (системах) виробництва сертифікованого садівного матеріалу. Зазначений прийом, як і контроль у подібних системах вірусних, бактеріальних та фітоплазмових хвороб, базується на візуальній санітарній селекції (прищепні сорти), обліку симптомів ендодфітного ураження (підщепні сорти) та лабораторній діагностиці збудників ески (підщепні та прищепні сорти) [8].

В Україні одночасно із зростанням ураження виноградних насаджень ескою було посилено увагу санітарному контролю її в системі сертифікації садівного матеріалу [9]. Розроблений у 2005 р. в ННЦ «ІВІВ ім. В. Є. Таїрова» ДСТУ на садівний матеріал передбачає необхідність санітарного контролю ески, еutipозу та ескоріозу в системі виробництва садівного матеріалу винограду європейської категорії «сертифікований».

Проте при формальному включенні цієї групи хвороб до системи не було визначено особливостей заходів щодо їхнього контролю, періодичності контрольних заходів тощо. Наразі в Україні практично не оцінено ролі основних джерел інфекції — маточних рослин підщепних сортів та садівного матеріалу — в розповсюдженні хвороб, як і не визначено ризиків поширення хвороб у процесі розмноження.

Вкрай рідко досліджуються особливості ендодфітних симптомів ураження провідної системи, не застосовується ДНК-ідентифікація основних збудників комплексу (за виключенням збудника еutipозу), через що практично відсутній лабораторний контроль у системі виробництва садівного матеріалу.

Метою даної роботи було наукове обґрунтування та розробка елементів схеми санітарної сертифікації садівного матеріалу винограду стосовно хвороб багаторічної деревини на прикладі ески.

Матеріал та методи досліджень. Матеріалом для досліджень були клони селекції ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова». Візуальну санітарну селекцію проводили покусово на клоноводослідних ділянках та банку клонів із використанням вдосконаленої шкали оцінки стану листового апарату. Санітарний стан підщепних сортів щодо ураження ескою оцінювали за ступенем ендofітного ураження багаторічної деревини (відсоток площі перетину штамбу із ураженою провідною системою).

Результати та обговорення. Аналіз стану особливостей контролю грибних хвороб багаторічної деревини винограду у системах сертифікації садівного матеріалу виноградарських країн світу.

Розглядаючи історичні аспекти формування схем (в Україні — системи) санітарного контролю у виноградарських країнах світу, слід зауважити, що грибні хвороби багаторічної деревини винограду певною мірою охоплені санітарним контролем схем сертифікації садівного матеріалу виноградарських країн світу (табл. 1). Як видно з таблиці 1, зазвичай увага до хвороб багаторічної деревини, що викликаються грибами, в схемах сертифікації садівного матеріалу охоплює три основні хвороби: еску, еutipоз, ескоріоз. У різних країнах існують особливості спрямування цього контролю, які залежать від поширеності та шкідливості хвороб і включають головним чином розбіжності між збудниками комплексу ески, які виявляються, або ж у включенні до цих схем ескоріозу та еutipозу.

Таблиця 1

Перелік хвороб багаторічної деревини винограду та їхніх збудників, включених до схем сертифікації садівного матеріалу у ряді країн

Країна	Хвороби багаторічної деревини та їхні збудники у схемах санітарного контролю			
	еска	eutipoз	ескоріоз (чорна плямистість)	інше
Країни Євросоюзу (Франція, Італія, Німеччина)	<i>Phaemoniella chlamidospora</i> (переважно)	<i>Eutipa spp.</i>	<i>Phomopsis viticola</i>	<i>Stereum spp.</i>
США (на прикладі Каліфорнії)	не включені	<i>Eutipa spp.</i>	не включені	не включені
Південно-Африканська республіка	не включені	не включені	не включені	в цілому визнається необхідність контролю
Нова Зеландія	<i>Phaemoniella chlamidospora</i>	<i>Eutipa spp.</i>	<i>Phomopsis viticola</i>	–
Україна	запропоновано до контролю, об'єкти визначаються	<i>Eutipa spp.</i>	<i>Phomopsis viticola</i>	інші об'єкти поки не запропоновані до контролю

Слід також зазначити, що на відміну від вірусних хвороб, стосовно певного переліку яких стан визначається як «безвірусний», матеріал позиціонується як «контрольований на грибні хвороби», але гарантії відсутності збудників не надаються. З іншого боку, нетиповість включення грибних хвороб багаторічної деревини до систем сертифікації характеризується ще й застосуванням додаткових методів зниження ступеня ураженості, як-от термотерапії або хімічних обробок, в деяких випадках застосовують також засоби підвищення неспецифічної резистентності рослини (макро- та мікроелементи тощо).

Вдосконалення методів візуальної санітарної селекції на відсутність ески та оцінка санітарного стану клонів селекції ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова».

Зазвичай для виявлення ураженості ескою використовують або показник ступеня ураження листя (площа хлоротичних та некротичних уражень), або визначають частку уражених пагонів на кущі. Для вдосконалення візуального оцінювання ураження кущів ескою нами було запропоновано розподіл хворих рослин на групи за цими двома показниками одночасно, що дозволило більш точно оцінювати стан кущів та віднести їх до однієї з 4-х груп ураження (табл. 2). Візуальний стан рослин, що належать до першої та четвертої груп, представлено на рисунках 1; 2.

Таблиця 2

Вдосконалення шкали оцінки ступеня ураженості ескою

Ступінь (частка) ураження крони (пагонів), %	Ступінь та характер пошкодження листків	Загальна група ранжування (на підставі спільної оцінки параметрів 1 та 2)
Від 2– 3 пагонів	слабкий міжжилковий хлороз	пре-еска
10	від сильного міжжилкового хлорозу з частковими некротичними ураженнями до повного некротизування листової пластинки	0–30 % (група 1)
20	-/-	0–30 % (група 1)
30	-/-	0–30 % (група 1) або 30–50 % (група 2)
40	-/-	30–50 % (група 2)
50	-/-	30–50 % (група 2)
60	-/-	30–50 % (група 2) або 50–100 % (група 3)
70	-/-	50–100 % (група 3) або 30–50 % (група 2)
80	-/-	50–100 % (група 3) або 30–50 % (група 2)
90	-/-	50–100 % (група 3)
100	-/-	50–100 % (група 3)



Рис. 1. Симптоми пре-ески на підщепному сорті 'Добриня'



Рис. 2. Симптоми ески (група 4) на підщепному сорті 'Добриня'

Як видно з фотоматеріалу, стан пре-ески включає слабкий міжжилковий хлороз, як правило, лише на кількох пагонах (рис 1); подальші 3 групи послідовно включають кущі із збільшенням ступеня ураження листя та кількості пагонів із ураженим листям, практично до повного захворювання

усіх листків куща (рис. 2). Це ранжування хворих кущів за групами симптомів виконано на підщепному сорті 'Добриня', який походить від чутливого до ески 'Каберне Совіньйон' та стійкого до хвороби 'Рупестріс Дю Ло'. Через особливості походження він є моделлю для вивчення ески на підщепних сортах, оскільки зазвичай зовнішні симптоми на них не проявляються.

Візуальну санітарну селекцію на відсутність ураження ескою було проведено на різних типах насаджень (банк клонів, клонодослідні ділянки, базові маточники та маточники підщепних сортів категорії «стандартні»). Всього обстежено 76 клонів 31 сорту технічних, столових та підщепних сортів винограду (загальна кількість кущів $\approx 10\,600$ шт.).

Таблиця 3

Результати візуального санітарного контролю на клонах сорту 'Каберне Совіньйон'

Клон	Адреса	Симптоми грибних хвороб (+/-)
133122	3 р. 17–26 кущів	–
441	3 р. 26–29 кущів	–
441	4 р. 1–17 кущів	3 кущі із хлоротичною плямистістю — пре-еска (2015–2016 рр.)
1473	4 р. 18–29 кущів	–
1473	5 р. 1–8 кущів	–
2043	5 р. 9–17 кущів	–
143141	5 р. 18–21 кущ	1 кущ із хлоротичною плямистістю — пре-еска (2016 р.)

Як видно із таблиці 3, на кущах клонів сорту 'Каберне Совіньйон' на банку клонів помічено лише симптоми хлоротичної міжжилкової плямистості на 4 кущах двох клонів, характер якої свідчить про наявність пре-ески та необхідність проведення моніторингу за станом цих кущів у подальші роки.

На клонодослідних ділянках та банку клонів загалом було виявлено 27 кущів клонів прищепних сортів із симптомами ески на рівні 1–2 груп, що не перевищує 0,3 % ураження. Слід зазначити, що на першій за віком клонодослідній ділянці, закладеній у 80-ті роки на 20–25 років її використання, перед корчуванням було виявлено значно більшу кількість кущів із симптомами ески (до 2,3 %), що свідчить про вплив віку насаджень на прояв ески. В той же час загальний ступінь ураження ескою на клонодослідних ділянках був у 2–3 рази меншим від середнього рівня ураження хворобою промислових насаджень [10], що свідчить про позитивний вплив первинного санітарного добору на етапі виділення ПО на санітарний стан у клонів прищепних сортів.

Для оцінки стану підщепних сортів використовували облік ендоефітних симптомів, які на підщепних сортах найчастіше виявлялися у вигляді кільцевих уражень провідної системи (рис. 3). Практично не було виявлено секторіальних уражень, що дозволило відокремити дані симптоми



Рис. 3. Кільцеве ураження багаторічної деревини на сорті 'Добриня'

від симптомів еutipозу. Оскільки виконати такий облік у ряді випадків досить важко, процедуру проводили одночасно із видаленням уражених багаторічних пагонів, тому загальний обсяг вибірки був відносно невеликий (5 кущів для сорту 'Добриня', 20 кущів для сорту 'Р х Р 101–14' та по 5 кущів для сортів 'Б х Р Кобера 5 ББ' і 'Б х Р СО4').

Найбільше уражених рослин було виявлено на підщепному сорті 'Р х Р 101–14' — 3 рослини із 20 оглянутих. Рівень ендofітного ураження при цьому складав від 12 до 27 % площі поперечного перетину штамбу.

На підставі проведеної оцінки було зроблено узагальнення щодо ризиків поширення ески із садівним матеріалом з ураженою підщепою (табл. 4).

З таблиці 4 видно, що наразі в Україні підщепний сорт 'Ріпарія х Рупестріс 101–14' є основною підщепою сортименту, отже, чутливість до ески робить її потенційним джерелом розповсюдження хвороби. Більш того, основна частина імпортного садівного матеріалу поставляється в Україну прищепленою саме на цей сорт, причому із країн, де наразі відмічено епіфітотію ески, що додатково підвищує ризики поширення хвороби.

Розробка схеми санітарного контролю ески винограду.

Оцінка ураження маточних насаджень біологічних категорій садівного матеріалу хворобами багаторічної деревини грибної етіології, проведена в 2006–2008 рр. [9] та продовжена в 2013–2016 рр., показала, що серед маточників категорії «стандартні» трьома основними хворобами багаторічної деревини уражуються переважно старі насадження, віком

Таблиця 4

Ризики розповсюдження ески винограду із підщепним матеріалом

Сорт	Рівень ураження сорту ескою у виноградарських країнах світу	Відсоток використання сорту в розсадниках України
'Ріпарія х Рупестріс 101–14'	до 71 % площі зрізу (дані Liminana et al., Франція, на старих кущах), 0 % — 1-р. саджанці, Австралія). Оцінюється як чутливий	до 80 %, наразі основна підщепа сортименту
'Берландієрі х Ріпарія Кобера 5 ББ'	до 17 % (однорічні саджанці, штучне ураження)	10–15 %
'Берландієрі х Ріпарія СО4'	до 33 % площі зрізу, 0 % — однорічні саджанці за штучного ураження	до 5 %

понад 20–25 років (до 35 % залежно від сорту, в тому числі еска — до 5–7 %), в той час як на молодих насадженнях (5–10 років) ураження ескою не перевищує 0,2–0,5 %. Ці значення в цілому знаходяться у межах рівнів ураження промислових виноградників, визначених у відділі захисту рослин ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» [10].

Помічено практичну відсутність симптомів ески на банку клонів, що можна віднести на рахунок більш суворого санітарного контролю цього матеріалу на етапах закладання банку клонів. Результати оцінки санітарного стану клонів підщепних та прищепних сортів на клонодослідних ділянках підтверджують необхідність включення хвороби до схеми сертифікації із різними підходами до їхнього санітарного контролю залежно від особливостей обліку симптомів. Виходячи з викладеного вище, було визнано доцільним обрати орієнтовну схему контролю ески, яка має включати:

1) одноразову візуальну санітарну селекцію клонів підщепних сортів винограду із вибірковим контролем ендofітних уражень (на всіх етапах, від клонодослідної ділянки до базових маточників);

2) одноразову візуальну санітарну селекцію клонів прищепних сортів винограду (покущово, на всіх етапах, від клонодослідної ділянки до базових маточників), яку доцільно проводити разом із другою санітарною селекцією на ураження вірусними хворобами наприкінці липня — початку серпня;

3) контроль латентного ураження ескою (за умов визначення складу комплексу збудників цієї хвороби в Україні) доцільно проводити вибірково, охоплюючи таку кількість рослин: на банку клонів — по 20 % щорічно, тобто усі рослини банку клонів повинні 1 раз на п'ять років пройти перевірку на збудників ески; на базових маточниках — вибірково 1 раз на 5 років, обсяг вибірки — 1 % від загальної кількості кущів.

Роботу буде продовжено у напрямі визначення за допомогою ДНК-ідентифікації складу комплексу збудників ески.

Висновки. 1. Оцінено санітарний стан клонів прищепних сортів селекції ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» стосовно ураження ескою. У цілому

по клонах прищепних сортів рівні ураження не перевищують 0,3 %, за силою прояву симптомів уражені рослини відносяться до 1–2-ї груп за розробленою авторами шкалою оцінки.

2. Вперше в Україні оцінено стан підщепних сортів винограду стосовно ураження ескою. На підставі обліку ендofітних уражень (3 рослини із 20 оглянутих мали симптоми ендofітного ураження на рівні 12–27 % від площі поперечного перетину штамбу) виявлено, що підщепний сорт 'Ріпарія х Рупестріс 101–14' як основна підщепа сортименту винограду України є потенційним джерелом розповсюдження хвороби.

3. На підставі результатів санітарного контролю клонів прищепних та підщепних сортів винограду запропоновано включити до заходів санітарного контролю у схему виробництва садівного матеріалу біологічної категорії «сертифікований» обов'язкову візуальну санітарну селекцію для клонів прищепних сортів та посилений контроль за станом клонів підщепних сортів із вибіркоvim обліком ендofітного ураження.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Mundi D. C., Manning V. A. Ecology and management of grapevine trunk diseases in New Zealand: a review. *New Zealand Plant Protection*. 2011. 63. P. 160–166.
2. Mugnai L., Surico G., Esposito A. Microflora associata al mal dell'escadellavite in Toscana. *Informatore Fitopatologico*. 1996. 46 (11). P. 49–55.
3. Mugnai L., Graniti A., Surico G. Esca (black measles) and brown wood-streaking: two old and elusive diseases of grapevines. *Plant Disease*. 1999. 83. P. 404–418.
4. Bavaresco L., Fregoni C., Van Zeller D. M., Basto M. I., Vezzulli S. Physiology and Molecular Biology of Grapevine Stilbenes: an update. In Roubelakis-Angelakis, K., *Grapevine Molecular Physiology and Biotechnology*. Springer, Dordrecht. 2009. P. 341–364.
5. Ridgway H. J. Molecular evidence for the presence of *Phaemoniella chlamydosporanin* New Zealand nurseries, and its detection in rootstocks mother vines using species-specific PCR. *Australian plant Pathology*. 2002. 31. P. 267–271.
6. Calzarano F., Marco S. Di, D'Agostino V., Schiff S., Mugnai L. Grapevine leaf stripe disease symptoms (esca complex) are reduced by a nutrients and seaweed mixture. *Phytopathologia Mediterranea*. 2014. 53 (3). P. 543–558.
7. Di Marco S., Osti F., Mugnai L. First studies on the potential of a copper formulation for the control of leaf stripe disease within esca complex in grapevine. *Phytopathologia Mediterranea*. 2011. 50. P. 300–309.
8. Surico G. The Esca Disease Complex. In: Ciancio A., Mukerji KG ed. *Integrated Management of diseases Caused by Fungi, Phytoplasma and Bacteria*. Springer Science. 2008. P. 119–136.
9. Мулюкіна Н. А. Система санітарного контролю у виноградних розсадниках України. Ніна Анатолівна Мулюкіна. Дис. ... д. с.-г. н. Одеса, 2008. 212 с.
10. Шматковская Е. А. Восприимчивость винограда к хроническим болезням и ее снижение с помощью анальцима. *Виноградарство і виноробство: міжв. наук. тем. зб.* Одеса: ННЦ «ІБіВ ім. В. Є. Таїрова», 2015. Вип. 52. С. 220–224.

Надійшла 30.06.2017

UDC 634.8:632.4:631.52

Muliukina N. A., Koval'ova I. A., Chisnikov V. S., Geretskii R. V. NSC
«Tairov Research Institute of Viticulture and Wine-Making»
e-mail: tairnma2005@ukr.net

GRAPEVINE (*VITIS* L.) ESCA AS THE OBJECT OF SANITARY CONTROL IN THE SCHEME OF GRAPEVINE PLANTING MATERIAL CERTIFICATION

Data concerning of esca sanitary control on grapevine rootstocks and varieties clonal material presented. The level of esca symptoms depends on initial cultivar and age of grape plants. The frequency of esca occurrence is lower on clonal material than grape varieties without the certification scheme. The optimized scale for the level of esca manifestation and measures of esca sanitary control in the whole certification scheme for grapevine planting material production proposed.

УДК 634.8:632.4:631.52

Мулюкина Н. А., Ковалева И. А., Чисников В. С., Герецкий Р. В.
ННЦ «ИВиВ им. В. Е. Таирова»
e-mail: tairnma2005@ukr.net

ЭСКА ВИНОГРАДА (*VITIS* L.) КАК ОБЪЕКТ САНИТАРНОГО КОНТРОЛЯ В СХЕМЕ СЕРТИФИКАЦИИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Представлены данные санитарного контроля относительно особенностей проявления эски на клоновом материале привитых сортов винограда. Показано, что проявление болезни зависит от исходящего сорта и возраста растения; продемонстрировано, что в целом на клоновом материале заболевание встречается реже, чем на сортовом материале, полученном вне схемы сертификации. Предложена усовершенствованная шкала оценки поражения болезнями и приемы санитарного контроля эски в общей схеме сертификации посадочного материала винограда.

ОГЛЯДИ

УДК [573.6.086.83:577.21]:58

Г. А. ЧЕБОТАРЬ, к. б. н., доц.
СГИ–НЦСС, Одесса,
ОНУ имени И. И. Мечникова, Одесса
e-mail: gchebotar@rambler.ru

ТРАНСГЕНОЗ В СОЗДАНИИ ЗАСУХОУСТОЙЧИВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ (ОБЗОР)

Предлагается обзор современных исследований в области создания генетически модифицированных растений, толерантных к водному дефициту, способных «избегать» засуху. Достижения в генетическом улучшении указанных свойств связаны с манипуляциями экспрессией генов: вакуолярной фосфотазы, аквапоринов, изопентенил трансферазы, фосфатидил-инозитол специфичной фосфолипазы, генов позднего эмбриогенеза (LEA), генов, ответственных за сверхэкспрессию осмолитов, молекулярных шаперонов, глутамат дегидрогеназы, митоген-активированной протеинкиназы, синтеза этилена, холин дегидрогеназы для глицин-бетаинового синтеза, а также с повышением уровня транскрипционных факторов у трансгенных растений. Известно о влиянии посттрансляционной модификации белков на засухоустойчивость. Однако из-за существования множества взаимодействующих генов усилия по повышению засухоустойчивости культур путем манипуляции одним или несколькими генами часто связаны с другими, нежелательными, плейотропными и фенотипическими изменениями. Тестирование трансгенных растений в полевых условиях происходит не так часто и только в некоторых случаях показано достоверное увеличение урожая, что свидетельствует о значительных различиях между лабораторными и полевыми испытаниями.

Рассмотрены гены, которые в настоящее время используются для повышения засухоустойчивости основных сельскохозяйственных культур методами генетической инженерии. Несмотря на активные работы в данном направлении, сложность взаимодействия генов в так называемой генной сети засухоустойчивости свидетельствует о необходимости проведения дальнейших исследований в данном направлении.

Ключевые слова: засухоустойчивость, трансгенные растения.

Вступление. В связи с изменениями климата недостаток влаги влияет на все большие площади посевов сельскохозяйственных культур, что негативно сказывается на их качестве и урожайности. Для стабильного и

гарантированного выращивания сельскохозяйственной продукции требуется создание стрессоустойчивых сортов культурных растений, которые могут нормально расти при водном дефиците.

При изучении засухоустойчивости растений выделено три основных типа реакций [1]:

- избегание действия стресса за счет скороспелости и вынужденного покоя в течение определенной части вегетации;
- предупреждение действия стресса путем избегания водного дефицита в листьях (уменьшение расхода воды и листовой поверхности, активизация корневой системы);
- противостояние стрессу, обусловленное комплексом реакций, направленных на стабилизацию мембран, поддержание тургора и ионного баланса.

Усовершенствование методов, направленных на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур, за последние 30 лет привело к активному развитию и использованию генетической инженерии. Сегодня наиболее эффективным методом повышения засухоустойчивости является создание трансгенных растений. Согласно данным Б. В. Моргуна и Е. Н. Тищенко [2], для создания трансгенных растений ключевым является: идентификация структурных и регуляторных генов, которые могут контролировать устойчивость растений к стрессам на разных этапах развития, и разработка эффективных методов переноса молекул рекомбинантных ДНК в клетки. На сегодняшний день основными являются агробактериально-опосредованная и биолистическая трансформация.

Основываясь на типах реакции [1], повышение засухоустойчивости растений можно условно разделить на 2 типа: создание трансгенных растений для «избегания засухи» и создание толерантных к водному дефициту растений.

Целью данной работы является обзор современных исследований в области создания генетически модифицированных растений, устойчивых к засухе.

Трансгенные растения, созданные для «избегания» засухи

Растения могут «избегать» засуху благодаря закрытию устьиц, образованию кутикулярного воска (который уменьшает потери воды), обширному укоренению, изменению глубины, места расположения и проводимости корня, а также путем уменьшения «купола» растения за счет снижения роста и опадания листьев [3]. Часто ускоренное старение листьев и их опадание в природе связаны с засухой и являются средством уменьшения общей поверхности растения. Это позволяет растениям переживать стресс, вызванный засухой, и завершать жизненный цикл, но ведет к существенным потерям урожая.

Для создания растений табака, способных избегать засуху, Rivero et al. [3] использовали ген, кодирующий рецептор протеин киназы, ассоциированный со старением листа *SARK* (senescence-associated receptor protein

kinase), експресія якого індукуюється во время позднего созревания и засухи, а активність зменшується при старінні (кодує созревание/старение-зависимую протеїн киназу). Трансгенні рослини експресували ізопентеніл трансферазу, головний фермент біосинтезу цитокинінів (інгібіторів листового старіння), під контролем промотора асоційованого со старінням рецептора протеїн кинази. Благодаря цьому після 15-денної засухи в умовах теплиці старіння трансгенних рослин не наступало, но зберігалась знижена здатність к фотосинтезу. При дальнішому поливі трансгенні рослини повністю відновлювали тургор листа і максимальну здатність к фотосинтезу, в то время як контрольні рослини не могли відновитись після стресу, викликаного засухою. Також у трансгенних рослин спостерігалась більш висока здатність використовувати воду, ніж у рослин дикого типу, і вона була в 2–3 рази більше після відновлення поливу, ніж до дії засухи [3]. Однак основна увага сучасних дослідників звернена на створення толерантних к засухі рослин.

Створення толерантних к засухі рослин. Механізми толерантності рослин к засухі включають такі клітинні реакції, як виробництво стресових білків, регуляція рівня антиоксидантів, накоплення осмолитів, стабілізація субклітинних структур, таких як мембрани і білки, підтримання осмотического і іонного гомеостазу [4]. Розробки генно-інженерних методів привели к введенню в сільськогосподарські рослини генів, кодуєтьх білки, залучені в ці механізми.

По мненню [5], найбільш багатообіцяючими в створенні засухоустойчивих рослин є два підходи. Один заключається в збільшенні активності протонної помпи пор вакуолярної мембрани, що веде к збільшенню засухо- і солеустойчивості у трансгенних рослин. Другой підхід заключається в збільшенні вироботки цитокиніну тільки в умовах засухи [5], що також значно збільшує засухоустойчивість генетически модифікованих рослин.

Повишенна **експресія гена вакуолярної фосфотазы (AVP1)** арабідопсиса достовірно збільшувала засухо- і солетолерантність у трансгенного арабідопсиса [6] і томата [7] так же, як і гетерологіческа експресія вакуолярної H^+ -пирофосфотазы *Thellungiella halophila* у табака [8] і сверхекспресія пшеничного $Na-H^+$ -антипортера і H^+ -пирофосфотазы у арабідопсиса [9; 10]. Збільшення засухоустойчивості можна об'яснити збільшеннем полярного транспорту ауксина, благодаря чому у рослини утворюється значно більша корнева система [6; 7; 11].

Відомі спроби **позвищення засухоустойчивості рослин путем змінення експресії аквапоринів [12–19]**. Трансмембранне рухення води відбувається в основному через водні канали, утворені аквапоринами [20]. Аквапорини (основні внутрішні білки),

которые локализованы либо в тонопласте (TIP)-, либо на плазматической мембране (PIP), облегчают перенос воды, глицерола, небольших молекул и газа через мембраны и, следовательно, играют важную роль в водном гомеостазе [21]. Одним из механизмов изменения активности уже существующих в мембране водных каналов при стрессах является фосфорилирование и дефосфорилирование аквапоринов для активации и дезактивации водных каналов соответственно [20]. Водный дефицит активирует экспрессию гена *RD28* у *Arabidopsis thaliana*, который кодирует аквапорин, локализованный в плазматической мембране [20]. Различные функции аквапоринов зависят от типа стресса и его жесткости. Гены, кодирующие аквапорины у *Vicia faba* *PIP1*, *Panax ginseng* *PgTIP1*, *Brassica napus* *BnPIP1* и *Brassica juncea* *BjPIP1*, увеличивают засухоустойчивость [12; 14; 15; 17; 19]. Сверхэкспрессия гена аквапорина пшеницы *TaAQP7* увеличивала засухоустойчивость трансгенного табака благодаря увеличению водоудерживающей способности, уменьшению накопления радикалов активного кислорода и повреждений мембраны, а также активизации действия антиоксидантов [22]. Однако разные изоформы аквапоринов участвуют в различных физиологических процессах, таким образом растения реагируют на засушливые условия либо за счет увеличения числа изоформ аквапоринов, что облегчает движение воды (особенно в тонопласте для поддержания клеточного тургора), либо понижая экспрессию аквапоринов, чтобы избежать чрезмерной потери воды [12; 15]. Так, растения *Arabidopsis* и табака сверхэкспрессирующие гены *PIP* арабидопсиса характеризуются повышенным притоком воды и улучшенным прорастанием под действием холодового стресса, но быстрая потеря воды в условиях засухи проявляется в отставании в росте проростков и ухудшении прорастания [23].

М. Katsuhara [24] идентифицировал 23 нуклеотидные последовательности аквапоринов ячменя. С точки зрения засухоустойчивости, по мнению авторов, наибольший интерес представляют PIP аквапорины, так как на них оказывается более направленное воздействие условий окружающей среды, чем на другие аквапорины в эндомембранах. PIP аквапорины разделены на две подгруппы: PIP1 и PIP2. В корнях белки PIP1 — аквапорины ячменя (кодируемые генами *HvPIP1s*) обнаружены в близости от ксилемы и коры. Белок *HvPIP2;2* обнаружен в эпидермисе, а именно в клетках развивающихся корневых волосков. Среди 10 *HvPIPs* экспрессия транскриптов некоторых мажорных *HvPIPs* (*HvPIP1;2*, *HvPIP2;1*, *HvPIP2;2* и *HvPIP2;3*) ослаблялась под действием сильного солевого (200 мМ NaCl) или осмотического (360 мм манит) стресса. Приведенные данные могут служить примером механизма толерантности для предотвращения обезвоживания во время сильных соле/осмотических стрессов. Во время легкого стресса при применении 100 мМ NaCl или изотонического 180 мм маннитола не обнаружено снижения уровня синтеза мРНК *HvPIPs*.

Еще один многообещающий ген для создания засухоустойчивых трансгенных растений — **ген изопентенил трансферазы** (ИПТ), который участвует в биосинтезе цитокинов. При правильном подборе промоторов, которые не уменьшают продукцию цитокинина, можно добиться не только засухоустойчивости, но и более высоких урожаев в условиях нехватки влаги [3; 25]. При использовании промотора гена 12, ассоциированного со старением (*senescence associated gene 12*), сверхэкспрессия ИПТ может замедлить старение у трансгенных растений и ведет к стабильно зеленому фенотипу [26], кроме того, такие растения более засухоустойчивы [27; 28].

Возможность использования **гена фосфатидилинозитол 4-киназы** (Phosphatidylinositol (PI) 4-kinases (PI4Ks)) пшеницы для улучшения засухоустойчивости трансгенных растений подтвердили эксперименты с трансгенными растениями арабидопсиса [29]. У кукурузы сверхэкспрессия гена фосфотидил-инозитол специфичной фосфолипазы *ZmPLC1* [30] приводила к более высокому содержанию растворенных веществ в клетке и повышала скорость фотосинтеза, трансгенные растения были более продуктивными (масса зерна с колоса под действием засухи была на 14 % больше). Растения рапса, сверхэкспрессирующие *BnPtdIns-PL2* [31], показали более низкий уровень устьичной транспирации и меньшую устьичную диафрагму, а также выдерживали нарастающий водный дефицит в течение 24 дней, при таких условиях контрольные растения погибали.

Гены позднего эмбриогенеза (**LEA-гены**) широко использовались для придания растениям засухоустойчивости, например, сверхэкспрессия дегидрина пшеницы *Dhn-5* у арабидопсиса приводила к повышению скорости прорастания семян, значительному росту, задержке воды, накоплению ионов Na^+ и K^+ в листьях и повышению содержания пролина по сравнению с растениями дикого типа при стрессе, вызванном повышением засоленности среды, на которой выращивали растения, и / или засухой [9]. Дегидрины (Dhns) — один из классов LEA-белков, имеют детергентные и шапероноподобные свойства, стабилизируют мембраны, белки и компартменты клеток [32].

LEA-ген третьей группы ячменя применялся для повышения засухоустойчивости при трансформации риса [33; 34], пшеницы [35] и шелковицы *Morus indica* [36]. Известно [4], что LEA-гены третьей группы кодируют белки, содержащие характерный повторяющийся мотив из 11 аминокислот, предположительно формирующий амфипатическую α -спираль, обладающую способностью к интра- и интермолекулярным взаимодействиям. Эти белки участвуют в связывании ионов, которые концентрируются в цитоплазме при потере воды [20]. Так, введение в геном пшеницы гена *HVA1*, который кодирует LEA3 *HVA1* белок ячменя, приводило к увеличению биомассы и повышению эффективности использования воды в стрессовых условиях [35], а также к увеличению урожая [37].

Также использовали и *LEA*-гены третьей группы *Brassica napus*, которые улучшили соле- и засухоустойчивость при конститутивной экспрессии в китайской капусте [38]. Ген *TaLEA3* пшеницы использовали для повышения засухоустойчивости многолетней травы *Leymus chinensis* [39].

Два *LEA*-белка четвертой группы *BhLEA1* и *BhLEA2* (*Boea hygrometrica*) повышали засухоустойчивость трансгенного табака благодаря защите клеток путем повышения стабильности мембран и белков при обезвоживании [40]. Белки этой группы имеют специфическую структуру (консервативный N-конец, предположительно формирующий α -спираль и различные C-регионы с круговой структурой катушки [4]) и способны замещать воду в примембранной области при дегидратации, тем самым поддерживая структуру мембран [20]. Было показано, что *LEA*-ген из *Tamarix androssowii* повышал засухоустойчивость при экспрессии в трансгенных растениях табака [41].

Также одной из стратегий создания засухоустойчивых культур является **введение генов, ответственных за сверхэкспрессию осмолитов у растений**. Осмолиты (совместимые растворимые вещества) — группа низкомолекулярных, высокорастворимых соединений, как правило, нетоксичных при высоких концентрациях в клетке, например, аминокислоты (пролин), четвертичные амины (глицин-бетаин (GlyBet), полиамины и диметилсульфониопроприонат) и полиолы/сахара (такие как маннитол, галактинол и трегалоза [42]). Созданы трансгенные растения кукурузы [43] и хлопка [44] с увеличенным уровнем экспрессии глицин-бетаина путем сверхэкспрессии гена *betA*, кодирующего холин-дегидрогеназу, ключевой фермент холин-бетаин альдегидной реакции. Zhang et al. [45] трансформировали хлоропласты растений табака геном холинмонооксигеназы свеклы, что привело к накоплению у исследуемых растений глицин-бетаина в листьях, корнях и зернах и повысило толерантность растений к токсичным уровням холина, а также стрессам, вызванным засолением и засухой.

Для повышения засухоустойчивости кукурузы использовали трансгенные технологии, где в качестве целевых вводили гены молекулярных шаперонов *CspA*, *CspB* [46], ген глутамат дегидрогеназы *GDH* [47], ген митоген-активированной протеин киназы *NPK1* [48], гены синтеза этилена *ZmACS6* [49], холин дегидрогеназы для глицин бетаинового синтеза *betA* [43].

Гены, кодирующие транскрипционные факторы, работа которых индуцируется стрессовыми условиями среды, являются возможными кандидатами для успешного создания трансгенных растений. Известны различные семейства и подсемейства этих генов (цит. по [2]): AP2/ERF (к которому относится DREB-подсемейство), NAC, MYB, MYC, bZIP, NF- κ B, Cys2His2 zinc-finger WRKY.

Трансгенные растения ячменя и пшеницы с повышенным уровнем транскрипционных факторов *TaDREB2* или *TaDREB3*, которые находи-

лись под влиянием конститутивных и индуцируемых засухой промоторов, продемонстрировали повышенную устойчивость к засухе и замораживанию [50]. Растения со сверхэкспрессией *TaDREB2* показали медленный темп роста, задержки прорастания и цветения относительно контрольных растений, однако достигли нормального размера и были темнее, чем контрольные. Растения с повышенным уровнем экспрессии *TaDREB3* показали несколько другой фенотип, для них была характерна задержка в росте, они были приблизительно на 1/3 меньше растений дикого типа в зрелом состоянии. Растения с наиболее сильным фенотипом производили в два раза больше подгонов, чем контрольные, и имели несколько укороченный колос. В то же время сверхэкспрессия *TaDREB2* или *TaDREB3* не приводила к каким-либо изменениям размера зерна, его формы и цвета, а также к снижению урожайности и всхожести. Эффективность использования воды трансгенными растениями, которые характеризовались повышенным уровнем экспрессии *TaDREB3*, была значительно выше по сравнению с контрольными растениями. Однако трансгенные растения, сверхэкспрессирующие *TaDREB2*, не показывали более эффективного использования воды [50], что свидетельствует о различных механизмах засухоустойчивости, на которые воздействуют указанные транскрипционные факторы. Это предположение подтверждается тем фактом, что некоторые засухо- и холодиндуцируемые гены, как, например, *HvDhn8*, положительно регулировались у растений с конститутивным повышением экспрессии *TaDREB3*, но уровень экспрессии этого гена оставался прежним у трансгенных растений с повышенной экспрессией *TaDREB2* [50]. Повышенная экспрессия *TaDREB2* и *TaDREB3* приводила к таковой у трансгенных растений 10 других CBF/DREB генов и большого количества генов (*LEA/COR/DHN*), реагирующих на стресс, которые, как известно, отвечают за защиту клетки от повреждений и высушивания в условиях стресса [51]. Конститутивная сверхэкспрессия *TaDREB3* у ячменя также приводила к повышению морозоустойчивости [52].

Сообщается и об использовании других транскрипционных факторов — генов, кодирующих NAC-белки (семейство транскрипционных факторов, которые вовлечены во многие клеточные процессы, включая ответы на абиотические стрессы), для повышения засухоустойчивости [53]. Трансгенные растения ячменя с гиперэкспрессией гена *HvSNAC1* под контролем конститутивного промотора показали более высокую устойчивость к засухе по сравнению с растениями дикого типа на разных этапах развития. Конститутивная сверхэкспрессия *HvSNAC1* приводила к улучшению водного статуса растения, фотосинтетической активности и уменьшению потерь воды в сравнении с растениями дикого типа. Наблюдалось достоверное увеличение продуктивности трансгенных растений, которое отразилось увеличением биологического урожая по сравнению с растениями дикого типа в суровых полевых условиях за-

сухи. В условиях нормального увлажнения такие растения не отличались от растений дикого типа.

У риса избыточная экспрессия *OsNAC9*, *OsNAC45*, *OsNAC52* и *OsNAC63* повышает толерантность к нескольким абиотическим стрессам благодаря регуляции генов, участвующих в производстве осмолитов, детоксикационной деятельности, окислительно-восстановительном гомеостазе и защите макромолекул [56; 57].

Многолетние полевые испытания в условиях засухи показали, что трансгенные линии риса с корнеспецифичной сверхэкспрессией ТФ *OsNAC6* меньше страдали от засухи, чем нетрансгенные растения [58]. Выявлено, что *OsNAC6* повышал экспрессию генов-мишеней, вовлеченных в детерминацию модификации мембран, биосинтеза никотианамина, перемещения глутатиона, накопления и гликозилирования 3'-фосфоаденозин5'-фосфосульфата, которые задействованы в сложном метаболическом пути толерантности к засухе. Кроме того, сверхэкспрессия генов *никотианамин-синтазы* — целевых для *OsNAC6*, способствовала накоплению металлхелатирующего никотианамина и, как следствие, проявлению засухоустойчивости.

У пшеницы *TaNAC29* активируется различными абиотическими стрессами, играет важную роль при старении и толерантности к высокой солености и засухе. Было показано, что *TaNAC29* участвует в АБК-опосредованном пути и активирует антиоксидантные ферменты для повышения толерантности растений [59].

Ген засухоустойчивости *HDG11*, кодирующий протеин из гомеодомена (HD)-START TF семейства, идентифицированный у арабидопсиса при конститутивной сверхэкспрессии, способствовал проявлению устойчивости к засухе у табака за счет усиления роста корней и уменьшения количества устьиц [54].

Трансгенные растения кукурузы, экспрессирующие бактериальные белки холодового шока [46] и транскрипционный фактор гена *NF-YB2* [55], активно тестировались фирмой «Монсанто» в различных географических зонах в течение нескольких лет, и можно предполагать, что в скором времени эти растения попадут на рынок.

Неудачными оказались результаты экспериментов по трансформации арабидопсиса целевым геном *AtMYB41*, которые ассоциировались с нежелательными плейотропными эффектами, в том числе карликовостью, повышенной чувствительностью к высыханию и повышенной проницаемостью поверхности листьев [56]. Хотя известно, что ген *AtMYB41*, кодирующий R2R3-MYB транскрипционный фактор у арабидопсиса, экспрессируется на высоком уровне в ответ на засуху, АБК и солевой стресс, а также играет определенную роль в растяжении клеток и отложении кутикулы.

Известно также о **влиянии посттрансляционных модификаций белков на засухоустойчивость**. К таковым относятся фарнезиляция, фосфорилиция и протеин поли(АТФ-рибозил)ация [57].

Фарнезиляция — посттрансляционная модификация белков, в результате которой к целевому белку добавляется фарнезильная группа. Фарнезилтрансфераза растений состоит из α - и β -субъединиц. Потеря функции β -субъединицы у мутантных растений арабидопсиса приводит к увеличению реакции на АБК [58]. Растения рапса с уменьшенной активностью фарнезилтрансферазы являются первой засухоустойчивой трансгенной масличной культурой [59; 60]. «Подавления» активности фарнезилтрансферазы удалось достичь использованием антисмысловой технологии, примененной к β -субъединице фарнезилтрансферазы [59] и техники РНК-интерференции, примененных к α -субъединице [60], в то же время супрессия обеих субъединиц фарнезилтрансферазы была зависима от наличия воды (использовали промотор RD29A, индуцируемый водным стрессом либо корне-специфичный пероксисомный гидроксипируват редуктазный промотор).

В Украине также ведутся работы по созданию засухоустойчивых культур. В Институте физиологии растений и генетики НАН Украины разрабатываются технологии метаболической инженерии для повышения уровня осмотолерантности кукурузы, пшеницы и подсолнечника с использованием двухцепочечного РНК-супрессора гена пролиндегидрогеназы [2]. В качестве примера может служить работа [61], в которой проведена *Agrobacterium*-опосредованная трансформация *in planta* мягкой пшеницы сорта 'Зимоярка' с использованием штамма AGLO и двух векторных конструкций, содержащих продукты метаболизма пролина. Первая конструкция содержит бинарный вектор pBi-2E с целевым геном — двухцепочечным РНК-супрессором пролиндегидрогеназы, полученным на основе гена *Arabidopsis*; вторая — pBi-OAT с целевым геном орнитинаминотрансферазы *Medicago truncatula*. Генетически модифицированные растения пшеницы характеризовались повышенным содержанием пролина (в 3–5 раз) по сравнению с контрольными, росли на селективной среде с маннитом быстрее и сохраняли ярко-зеленую окраску.

При создании трансгенных коммерческих сортов пшеницы особенно актуальным является отсутствие маркерных последовательностей в геноме растений. Потому активно ведутся разработки векторных систем, которые позволят с помощью агробактериальной трансформации создавать «чистые» ГМ-пшеницы, содержащие только агрономически важные чужеродные гены [68]. В исследовании Wang et al. [69] 15 трансгенных коммерческих китайских сортов гексаплоидной пшеницы, свободных от маркерных последовательностей, были получены с помощью агробактериальной трансформации с эффективностью 37,7 %.

Исследователи DuPont Pioneer создали линию кукурузы, устойчивую к засухе с помощью методики CRISPR [70]. Система CRISPR/Cas9 нашла активное применение в геномной инженерии благодаря способности вносить направленный разрыв в ДНК с помощью короткого программируемого 20-нуклеотидного района в направляющей молекуле РНК (single

guide RNA, sgPHK) [71]. Засухоустойчивая кукуруза — одна из нескольких CRISPR-модифицированных культур, которые в скором времени могут попасть на рынок.

Заключение. Существует большой разрыв между успехами в лабораторных экспериментах и применением таких техник к элитным сортам основных сельскохозяйственных культур в полевых условиях. Только в некоторых работах, в которых у трансгенных растений тестировали засухоустойчивость в полевых экспериментах, показано достоверное увеличение урожая [68; 69].

На сегодняшний день достижения в генетическом улучшении засухоустойчивости связаны с манипуляциями одним или несколькими генами, вовлеченными в сигнальные/регуляторные пути, или генами, которые кодируют ферменты, участвующие в этих путях (например, осмолиты/совместимые растворимые вещества, антиоксиданты, молекулярные шапероны/осмопротекторы и водные либо ионные транспортеры [42]). Однако из-за существования множества взаимодействующих генов усилия по повышению засухоустойчивости культур путем манипуляции одним или несколькими генами часто связано с другими, нежелательными, плеiotропными и фенотипическими изменениями.

Таким образом, нами рассмотрены гены, используемые в настоящее время для повышения засухоустойчивости основных сельскохозяйственных культур с применением генной инженерии. Несмотря на активные и широко развернутые работы в этом направлении, сложность взаимодействия генов в так называемой генной сети засухоустойчивости говорит о необходимости проведения дальнейших углубленных исследований в области генетики данного признака и генетической инженерии.

СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

1. Тищенко В. Н., Чекалин Н. М. Генетические основы адаптивной селекции озимой пшеницы в зоне Лесостепи. Полтава, 2005. 270 с.
2. Моргун Б. В., Тищенко Е. Н. Молекулярные биотехнологии по повышению устойчивости культурных злаков к осмотическим стрессам. К.: Логос, 2014. 221 с.
3. Rivero R. M., Kojima M., Gepstein A. et al. Delayed leaf senescence induces *extreme drought tolerance in a flowering plant*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2007. Vol. 104. P. 19631–19636.
4. Jewell M. C., Campbell B. C., Godwin I. D., Kole C. et al. (eds.). Transgenic Plants for Abiotic Stress Resistance. Transgenic Crop Plants. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010. DOI 10.1007/978-3-642-04812-8_2.
5. Kuppu S., Chen G., Payton P., Zhang H. Developing drought tolerant crops In: Droughts: New research. Eds. Neves D. F., Sanz J. D. Nova science publishing, 2012. P. 325–331.
6. Gaxiola R. A., Li J., Undurraga S., Dang L. M. et al. Drought- and salt-tolerant plants result from overexpression of the *AVP1* H⁺-pump. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2001. Vol. 98. P. 11444–11449.

7. Park S., Li J., Pittman J. K. et al. Up-regulation of a H⁺-pyrophosphatase (H⁺-PPase) as a strategy to engineer drought resistant crop plants. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. — 2005. Vol. 102. P. 18830–18835.
8. Gao F., Gao Q., Duan X. et al. Cloning of an H⁺-PPase gene from *Thellungiella halophila* and its heterologous expression to improve tobacco salt tolerance. J. Exp. Bot. 2006. Vol. 57. P. 3259–3270.
9. Brini F., Hanin M., Lumbieras V. et al. Overexpression of wheat dehydrin DHN-5 enhances tolerance to salt and osmotic stress in *Arabidopsis thaliana*. Plant Cell Rep. 2007. Vol. 26. P. 2017–2026.
10. Li B., Wei A., Song C. et al. Heterologous expression of the *TsVP* gene improves the drought resistance of maize. Plant Biotechnol. J. 2008. Vol. 6. P. 146–159.
11. Pasapula V., Shen G., Kuppu S. et al. Expression of an Arabidopsis vacuolar H⁺-pyrophosphatase gene (*AVP1*) in cotton improves drought- and salt tolerance and increases fiber yield in the field conditions. Plant Biotechnology Journal. 2011. Vol. 9. P. 88–99.
12. Aharon R., Shahak Y., Wininger S. et al. Overexpression of a plasma membrane aquaporin in transgenic tobacco improves plant vigor under favorable growth conditions but not under drought or salt stress. Plant Cell. 2003. Vol. 15. P. 439–447.
13. Porcel R., Gomez M., Kaldenhoff R., Ruiz-Lozano J. M. Impairment of *NtAQP1* gene expression in tobacco plants does not affect root colonisation pattern by arbuscular mycorrhizal fungi but decreases their symbiotic efficiency under drought. Mycorrhiza. 2005. Vol. 15. P. 417–423.
14. Yu Q., Y. Hu, J. Li et al. Sense and antisense expression of plasma membrane aquaporin *BnPIP1* from *Brassica napus* in tobacco and its effects on plant drought resistance. Plant Sci. 2005. Vol. 169. P. 647–656.
15. Peng L. X., Gu L. K., Zheng C. C. et al. Expression of *MaMAPK* gene in seedlings of *Malus L.* under water stress. Acta. Biochim. Biophys. Sin. 2006. Vol. 38. P. 281–286.
16. Jang J. Y., Lee S. H., Rhee J. Y. et al. Transgenic *Arabidopsis* and tobacco plants overexpressing an aquaporin respond differently to various abiotic stresses. Mol. Biotechnol. 2007. Vol. 40. P. 280–292.
17. Cui X.-H., Hao F.-S., Chen H. et al. Expression of the *Vicia faba* *VfPIP1* gene in *Arabidopsis thaliana* plants improves their drought resistance. J. Plant Res. 2008. Vol. 121. P. 207–214.
18. Miyazawa S.-I., Yoshimura S., Shinzaki Y. et al. Deactivation of aquaporins decreases internal conductance to CO₂ diffusion in tobacco leaves grown under long-term drought. Funct. Plant Biol. 2008. Vol. 35. P. 556–564.
19. Zhang Y., Wang Z., Chai T. et al. Indian mustard aquaporin improves drought and heavy-metal resistance in tobacco. Mol. Biotechnol. 2008. Vol. 40. P. 1–13.
20. Алехина Н. Д., Балнокин Ю. В., Гавриленко В. Ф. и др. Физиология растений. Под ред. И. П. Ермакова. Москва: Академия, 2005. 640 с.
21. Bartels D., Phillips J., Chandler J. Desiccation tolerance: gene expression, pathways, and regulation of gene expression. In: Jenks M. A., Wood A. J. (eds) Plant Desiccation Tolerance. Blackwell, Ames, IA, 2007. P. 115–137.
22. Zhou S., Hu W., Deng X. et al. Overexpression of the wheat aquaporin gene, *TaAQP7*, enhances drought tolerance in transgenic tobacco. PLoS ONE. 2012. Vol. 7 (12). e52439. doi:10.1371/journal.pone.0052439.

23. Jang J. Y., Lee S. H., Rhee J. Y. et al. Transgenic *Arabidopsis* and tobacco plants overexpressing an aquaporin respond differently to various abiotic stresses Mol. Biotechnol. 2007. Vol. 40. P. 280–292.
24. Katsuhara M. Water transport in plants: from molecules to whole plant. <http://journals.jkuat.ac.ke/index.php/jscp/article/viewFile/759/699> 2012. P. 781–785.
25. Peleg Z., Reguer M., Walia H., Blumwald E. Cytokinin mediated source-sink modifications improve drought tolerance and increases grain yield in rice under water stress. Plant Biotech. J. 2011. Vol. 9 (7). P. 747–758.
26. Gan S. S., Amasino R. M. *Inhibition of leaf senescence by autoregulated production of cytokinin*. Science. 1995. Vol. 270. P. 1986–1988.
27. Sýkorová B., Kurešová G., Daskalova S. et al. Senescence-induced ectopic expression of the *A. tumefaciens IPT* gene in wheat delays leaf senescence, increases cytokinin content, nitrate influx, and nitrate reductase activity, but does not affect grain yield. J. Exp. Bot. 2004. Vol. 59. P. 377–387.
28. Zhang P., Wang W. Q., Zhang G. L. et al. Senescence-inducible expression of isopentenyl transferase extends leaf life, increases drought stress resistance and alters cytokinin metabolism in cassava. J. Integr. Plant Biol. 2010. Vol. 52. P. 653–669.
29. Liu P., Xu Z.-S., Lu P.-P. et al. A wheat *PI4K* gene whose product possesses threonine autophosphorylation activity confers tolerance to drought and salt in *Arabidopsis*. Journal of Experimental Botany. 2013. Vol. 64, № 10. P. 2915–2927. doi:10.1093/jxb/ert133.
30. Wang C. R., Yang A. F., Yue G. D. et al. Enhanced expression of phospholipase C 1 (*ZmPLC1*) improves drought tolerance in transgenic maize Planta. 2008 a. Vol. 227. P. 1127–1140.
31. Georges F., Das S., Ray H. et al. Over-expression of *Brassica napus* phosphatidylinositol-phospholipase C2 in canola induces significant changes in gene expression and phytohormone distribution patterns, enhances drought tolerance and promotes early flowering and maturation. Plant Cell Environ. 2009. Vol. 32. P. 1664–1681.
32. Close T. J. Dehydrins: emergence of a biochemical role of a family of plant dehydration proteins. Physiol. Plant. 1996. Vol. 97. P. 795–803.
33. Xu D., Duan X., Wang B. et al. Expression of a late embryogenesis abundant protein gene, *HVA1*, from barley confers tolerance to water deficit and salt stress in transgenic rice. Plant Physiol. 1996. Vol. 110. P. 249–257.
34. Rohila J. S., Jain R. K., Wu R. Genetic improvement of Basmati rice for salt and drought tolerance by regulated expression of a barley *Hva1* cDNA. Plant Sci. 2002. Vol. 163. P. 525–532.
35. Sivamani E., Bahieldin A., Wraith J. M. et al. Improved biomass productivity and water use efficiency under water deficit conditions in transgenic wheat constitutively expressing the barley *HVA1* gene. Plant Sci. 2000. Vol. 155. P. 1–9.
36. Lal S., Gulyani V., Khurana P. Overexpression of *HVA1* gene from barley generates tolerance to salinity and water stress in transgenic mulberry (*Morus indica*). Transgen. Res. 2008. Vol. 17. P. 651–663.
37. Bahieldin A., Mahfouz H. T., Eissa H. F. et al. Field evaluation of transgenic wheat plants stably expressing the *HVA1* gene for drought tolerance. Physiologia Plantarum. 2005. Vol. 123. P. 421–427.

38. Park B.-J., Liu Z., Kanno A., Kameya T. Genetic improvement of Chinese cabbage for salt and drought tolerance by constitutive expression of a *B. napus* *LEA* gene. *Plant Sci.* 2005. Vol. 169. P. 553–558.
39. Wang L., Li X., Chen S., Liu G. Enhanced drought tolerance in transgenic *Leymus chinensis* plants with constitutively expressed wheat *TaLEA 3*. *Biotechnol. Lett.* 2008. Vol. 31. P. 1–7.
40. Liu J. H., Kitashiba H., Wang J. et al. Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. *Plant Biotechnol.* 2007. Vol. 24. P. 117–126.
41. Wang Y., Jiang J., Zhao X. et al. Novel *LEA* gene from *Tamarix androssowii* confers drought tolerance in transgenic tobacco. *Plant Science.* 2006. Vol. 171. P. 655–662.
42. Wang W., Vinocur B., Altman A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta.* 2003. Vol. 218. P. 1–14.
43. Quan R., Shang M., Zhang H. et al. Engineering of enhanced glycine betaine synthesis improves drought tolerance in maize. *Plant Biotechnol. J.* 2004. Vol. 2. P. 477–486.
44. Yan S., Lv A., Zhang K. et al. Increase of glycinebetaine synthesis improves drought tolerance in cotton. *Mol. Breed.* 2007. Vol. 20. P. 233–248.
45. Zhang J., Tan W., Yang X. H., Zhang H. X. Plastid-expressed choline monooxygenase gene improves salt and drought tolerance through accumulation of glycine betaine in tobacco. *Plant Cell Rep.* 2008. Vol. 27. P. 1113–1124.
46. Castiglioni P., Warner D., Bensen R. J. et al. Bacterial RNA chaperones confer abiotic stress tolerance in plants and improved grain yield in maize under water-limited conditions. *Plant Physiol.* 2008. Vol. 147. P. 446–455.
47. Wu W. , Su Q., Xia X. Y. et al. The *Suaeda liaotungensis* kitag betaine aldehyde dehydrogenase gene improves salt tolerance of transgenic maize mediated with minimum linear length of DNA fragment. *Euphytica.* 2007. Vol. 159. P. 17–25.
48. Shou H., Bordallo P., Wang K. Expression of the Nicotiana protein kinase (NPK1) enhanced drought tolerance in transgenic maize. *J. Exp. Bot.* 2004. Vol. 55. P. 1013–1019.
49. Young T. E., Meeley R. B., Gallie D. R. ACC synthase expression regulates leaf performance and drought tolerance in maize. *Plant J.* 2004. Vol. 40. P. 813–825.
50. Morran S., Eliby S., Bazanova N. et al. Generation of drought-resistant transgenic cereals using transcription factors isolated from wheat grain. The 11th International Wheat Genetics Symposium. 2008. <http://ses.library.usyd.edu.au/handle/2123/3210> P189.pdf.
51. Morran S., Eini O., Pyvovarenko T. et al. Improvement of stress tolerance of wheat and barley by modulation of expression of DREB/CBF factors. *Plant Biotechnology Journal.* 2011. Vol. 9, Is. 2. P. 230–249.
52. Kovalchuk N., Jia W., Eini O. et al. Optimization of *TaDREB3* gene expression in transgenic barley using cold-inducible promoters. *Plant Biotechnology Journal.* 2013. Vol. 11, Is. 6. P. 659–670.
53. Abdallat A. M. Al., Ayad J. Y., Abu Elenein J. M. et al. Overexpression of the transcription factor *HvSNAC1* improves drought tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Molecular Breeding.* 2014. Vol. 33, Is. 2. P. 401–414.

54. Fujita M., Fujita Y., Maruyama K. et al. A dehydration-induced NAC protein, RD26, is involved in a novel ABA-dependent stress-signaling pathway. *Plant J.* 2004. Vol. 39. P. 863–876.
55. Tran L. S., Nakashima K., Sakuma Y. et al. Isolation and functional analysis of *Arabidopsis* stress-inducible NAC transcription factors that bind to a drought-responsive cis–element in the early responsive to *dehydration stress 1* promoter. *Plant Cell.* 2004. Vol. 16. P. 2481–2498.
56. Hu H., Dai M., Yao J. et al. Overexpressing a NAM, ATAF and CUC (NAC) transcription factor enhances drought resistance and salt tolerance in rice. *Proc. Natl Acad. Sci. USA.* 2006. Vol. 103. P. 12987–12992.
57. Redillas M. C., Jeong J. S., Kim Y. S. et al. The overexpression of *OsNAC9* alters the root architecture of rice plants enhancing drought resistance and grain yield under field conditions. *Plant Biotechnol. J.* 2012. Vol. 10. P. 792–805.
58. Lee D.-K., Chung P. J., Jeong J. S. et al. The rice *OsNAC6* transcription factor orchestrates multiple molecular mechanisms involving root structural adaptations and nicotianamine biosynthesis for drought tolerance. *Plant Biotechnol. J.* 2017. doi: 10.1111/pbi.12673.
59. Huang Q, Wang Y., Li B. et al. TaNAC29, a NAC transcription factor from wheat, enhances salt and drought tolerance in transgenic *Arabidopsis*. *BMC Plant Biology.* 2015. Vol. 15. Article 268. <https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-015-0644-9>
60. Yu H., Chen X., Hong Y.Y. et al. Activated expression of an *Arabidopsis* HD-START protein confers drought tolerance with improved root system and reduced stomatal density. *Plant Cell.* 2008. Vol. 20. P. 1134–1151.
61. Nelson D. E., Repetti P. P., Adams T. R. et al. Plant nuclear factor Y (NF-Y) B subunits confer drought tolerance and lead to improved corn yields on water-limited acres. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2007. Vol. 104. P. 16450–16455.
62. Cominelli E., Sala T., Calvi D. et al. Over-expression of the *Arabidopsis AtMYB41* gene alters cell expansion and leaf surface permeability. *Plant J.* 2008. Vol. 53. P. 53–64.
63. Yang S., Vanderbeld B., Wan J., Huang Y. Narrowing down the targets: towards successful genetic engineering of drought-tolerant crops. *Molecular Plant.* 2010. Vol. 3, № 3. P. 469–490.
64. Cutler S., Ghassemian M., Bonetta D. et al. A protein farnesyl transferase involved in abscisic acid signal transduction in *Arabidopsis*. *Science.* 1996. Vol. 273. P. 1239–1241.
65. Wang Y., Ying J., Kuzma M. et al. Molecular tailoring of farnesylation for plant drought tolerance and yield protection. *Plant J.* 2005. Vol. 43. P. 413–424.
66. Wang Y., Beaith M., Chalifoux M. et al. Shoot-specific down-regulation of protein farnesyltransferase (α -Subunit) for yield protection against drought in canola. *Mol Plant.* 2009. Vol. 2 (1). P. 191–200. doi: 10.1093/mp/ssn088.
67. Бавол А. В., Дубровная О. В., Воронова С. С., Гончарук А. Н. Повышение устойчивости пшеницы к водному дефициту методом *Agrobacterium*-опосредованной трансформации. Сучасні напрями селекційного удосконалення пшениці: матер. міжн. конф., присвяченої 100-річчю селекції пшениці в Селекційно-генетичному інституті — Національному центрі насіннєзнавства та сортівивчення (м. Одеса, 1–3 червня, 2016 р.). НААН,

- СГІ, М-во аграр. політики та прод. України, Укр. Ін.-т експертизи сортів рослин. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. С. 77–78.
68. Wang G.-P., Yu X.-D., Sun Y.-W. et al. Generation of marker- and/or backbone-free transgenic wheat plants via *Agrobacterium*-mediated transformation. *Front Plant Sci.* 2016. Vol. 7. 1324. doi: 10.3389/fpls.2016.01324.
69. Wang K. , Liu H., Du L., Ye X. Generation of marker-free transgenic hexaploid wheat via an *Agrobacterium*-mediated co-transformation strategy in commercial Chinese wheat varieties. *Plant Biotechnol. J.* 2016. doi: 10.1111/pbi.12660.
70. Shi J., Gao H., Wang H. et al. ARGOS8 variants generated by CRISPR/Cas9 improve maize grain yield under field drought stress conditions. *Plant Biotechnol J.* 2017. Vol. 15 (2). P. 207–216.
71. Смирнов А. В., Юнусова А. М., Лукьянчикова В. А., Баттулин Н. Р. Система CRISPR/Cas9 — универсальный инструмент геномной инженерии. *Вавиловский журнал генетики и селекции.* 2016. Т. 20 (4). С. 493–510.

Поступила 18.11.2017

UDC [573.6.086.83:577.21]:58

Chebotar G. O. Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivars Investigations, Odessa I. I. Mechnikov National University

e-mail: gchebotar@rambler.ru

TRANSGENESIS IN CREATING OF DROUGHT-RESISTANT CROPS (REVIEW)

This paper provides an overview of current research in the field of genetically modified plants that can «avoid» drought and are tolerant to water deficit. Advances in genetic improvement of drought tolerance associated with the manipulation of gene expression: ***vacuolar phosphatase***, aquaporin, isopentenyl transferase phosphatidylinositol-specific phospholipase, ***late embryogenesis abundant gene*** (LEA), the genes responsible for ***overexpression of osmolytes***, molecular chaperones, glutamate dehydrogenase, mitogen-activated protein kinase, ethylene synthesis, ***choline dehydrogenase*** for glycine betaine synthesis, as well as increased levels of transcription factors in transgenic plants. It is known about the impact of post-translational modification of proteins on drought resistance. However, due to the existence of many interacting genes efforts to improve drought resistance of crops by manipulating one or more genes are often associated with other undesirable pleiotropic and phenotypic changes. Testing of transgenic plants in the field is not as common and only in some cases have been shown a significant increase in yield, that indicates significant differences between laboratory and field tests.

In this article were examined genes that are currently used to improve the drought resistance of major crops with the help of genetic engineering me-

thods. Despite active work in this direction complexity of genes interactions in the so-called drought resistant gene network proves the necessity for further research in this direction.

УДК [573.6.086.83:577.21]:58

Чеботар Г. О. СГІ–НЦНС, ОНУ імені І. І. Мечникова, Одеса
e-mail: gchebotar@rambler.ru

ТРАНСГЕНОЗ У СТВОРЕННІ ПОСУХОСТІЙКИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН (ОГЛЯД)

Оглянуто ряд сучасних досліджень зі створення генетично модифікованих рослин, толерантних до водного дефіциту, здатних «уникати» посухи. Досягнення в генетичному поліпшенні зазначених властивостей пов'язані з маніпуляціями експресією генів: вакуолярної фосфатази, аквапоринів, ізопентеніл трансферази, фосфатидил-інозитол специфічної фосфоліпази, пізнього ембріогенезу (LEA), генів, відповідальних за над-експресію осмолітів, молекулярних шаперонів, глутамат дегідрогенази, мітоген-активованої протеїнкінази, синтезу етилену, холін дегідрогенази для гліцин-бетаїнового синтезу, а також з підвищенням рівня транскрипційних факторів у трансгенних рослин. Відомо про вплив посттрансляційної модифікації білків на посухостійкість. Однак через існування безлічі взаємодіючих генів зусилля щодо підвищення посухостійкості культур шляхом маніпуляції одним або кількома генами часто пов'язані з іншими, небажаними, плейотропними і фенотиповими змінами. Тестування трансгенних рослин у польових умовах відбувається не так часто, і тільки в деяких випадках спостерігається достовірне збільшення врожаю, що свідчить про значні відмінності між лабораторними і польовими випробуваннями.

Розглянуті гени, які використовуються для підвищення посухостійкості основних сільськогосподарських культур методами генетичної інженерії. Незважаючи на активні роботи в даному напрямку, складність взаємодії генів у так званій генній мережі посухостійкості свідчить про необхідність подальших досліджень у означеному тут напрямі.

З ІСТОРІЇ НАУКИ

УДК 575

Н. Е. ВОЛКОВА, д. б. н., ст. наук. співроб., гол. наук. співроб.
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: natavolki@ukr.net

До 130-річчя від дня народження М. І. Вавилова ПРОТИСТОЯННЯ НАУКИ Й АНТИНАУКИ, ОСОБИСТОСТІ ТА ВЛАДИ

Присвячується пам'яті Миколи Івановича Вавилова, велика теоретична спадщина та досвід організатора аграрної науки якого не втрачають актуальності і в XXI столітті. Увагу акцентовано на останніх роках життя Миколи Івановича (цькування, арешт, ув'язнення, загибель). Висвітлено подвійний конфлікт: науки й антинауки та особистості й влади, що уособлює відносини академіка — генетика Миколи Івановича Вавилова і агронома — «народного академіка» Трохима Лисенка.

Ключові слова: М. І. Вавилов, генетика, наука, антинаука, лисенківщина.

Сісти за цю статтю мене спонукали дві причини. По-перше, 130-річчя з дня народження Миколи Івановича Вавилова (дивна тяга у людей до «круглих» дат, але ж це дозволяє згадати видатних особистостей та важливі події). По-друге, чергова хвиля спроб реабілітації Трохима Лисенка. Так, провідний співробітник Інституту загальної генетики АН РФ Л. Животовський видав книжку «Невідомий Лисенко» [1], в якій вельми позитивно відгукується про свого героя. До речі, автор піддався за це жорсткій критиці, в результаті наукова репутація Животовського безповоротно знищена.

Термін «лисєнківщина» (англ. «lysenkoism») відомий зараз у всьому світі. Він означає цькування наукових супротивників за підтримки влади. З 1990 року у Франції присуджується «Премія Лисєнка» особі, яка своєю діяльністю зробила зразковий внесок із дезінформації в науці або трактуванні історії, використовуючи ідеологічні докази і аргументи. Лисєнко є прототипом професора Вибєгалло в повісті Стругацьких «Понеділок починається в суботу» і народного академіка Рядна в романі В. Дудінцева «Білі шати». З'являється він і в романі американського фантаста Дж. Уіндема «День трифідів» — як творець рослин-хижаків. А в пісні «Бур'ян породил бур'ян» рок-групи «Машина часу» є такі рядки «Нєсогласные шли мишенями в тир, для любого была готова стенка. Нас учил изменять окружающий мир академик — товарищ Трофим Лысенко».

Прізвище Лисєнка в усьому світі стало символом антинауки.

Конфлікт академіка — генетика Миколи Івановича Вавилова і «народного академіка» — агронома Трохима Лисенка увійшов в історію. Це був подвійний конфлікт: науки й антинауки та особистості й влади. Лисенко був псевдовченим, його наукова кар'єра була побудована на фальсифікаціях. (Після того, як його «піймали за руку» на таких діях, він практично припинив публікувати статті в наукових журналах, крім власного журналу з яровизації). Вавилов був великим ученим і противником Лисенка, який пообіцяв «вождю народів» нагодувати голодну країну хлібом, але так і не нагодував. Зате за словоблудство отримав вісім орденів Леніна. Він доклав усіх сил до нищення генетики та її лідера, свого супротивника Вавилова, якого фактично звинувачували тоді в антирадянщині... Результат погрому генетики й усієї біологічної науки був жахливий. У світі вже відкривали структуру ДНК, а у вузах СРСР все вивчали ... «вплив прищепи на щепу» та яровизацію.

Син Миколи Івановича — Юрій Миколайович Вавилов, провідний науковий співробітник Інституту фізики ім. Лебедева РАН, доктор фізико-математичних наук, розповів про документ з архівів НКВС — доказ прямої причетності Лисенка до арешту, а значить і вбивства його батька [2]. Це прямий донос, виконаний у вигляді листа, в якому «стурбований» становищем радянської сільськогосподарської науки найближчий підручний Лисенка І. Презент доповідає про «шкідництво» Вавилова. Лист було адресовано Голові Раднаркому Молотову, в кінці стоїть власноручний підпис Лисенка. Є такі рядки у листі: «Хору капиталистических шавок от генетики в последнее время начали подпевать и наши отечественные... Вавилов в ряде публичных выступлений заявляет, что «мы пойдем на костер», изображая дело так, будто бы в нашей стране возрождены времена Галилея... Вавиловцы и Вавилов в последнее время окончательно распоясались, и нельзя не сделать вывод, что они постараются использовать международный генетический конгресс для укрепления своих позиций и положения... Вавилов в последнее время делает все для того, чтобы изобразить, что в нашей стране происходит гонение на науку... Не исключена возможность своеобразной политической демонстрации «в защиту науки», против ее притеснения в Советской стране». На останній сторінці стоїть віза «С докладной запиской И. Презента согласен. Академик Лысенко».

Найімовірніше, цей лист було пред'явлено Вавилову як свідчення його «шкідницької діяльності і шпигунства». Також він був звинувачений у членстві в антирадянській «Трудовій селянській партії», якої ніколи не існувало. 6 серпня 1940 року Вавилов був заарештований.

Слід зазначити: цькування М. І. Вавилова почалось раніше, коли він за прямою вказівкою Сталіна був зміщений з посади Президента ВАСГНІЛ, і різко посилювалося в 1938 році, коли ВАСГНІЛ очолив Лисенко. Ставши безпосереднім начальником М. І. Вавилова, Лисенко відверто цькував свого опонента, яке й призвело, врешті-решт, до загибелі Вавилова. А стежити за Миколою Івановичем так звані «органи» взяли ще на початку 1930-х

років, ОДПУ, НКВС збирали на нього доноси співробітників, зокрема у зв'язку з темою голодомору, закордонними відрядженнями, якоюсь вигаданою «аморалкою», листом до Тимофєєва-Ресовського в Німеччину з порадою в жодному разі не повертатися на батьківщину. А в 1931 році відкрили справу № 268615, і після арешту колишні лєнінградські й московські колеги ще активніше почали писати наклепницькі доноси. Такий був час...

У справі НКВС № 1500 зберігся лист Вавилова на ім'я наркома НКВС Л. Берії, де Микола Іванович категорично відкидає наклеп й пише: «...на суді, який тривав кілька хвилин, в умовах військової обстановки, мною було заявлено категорично про те, що обвинувачення побудоване на небилицях, брехливих фактах і наклепі, жодною мірою не підтверджених слідством...» (переклад автора статті).

9 липня 1941 року рішенням Військової колегії Верховного суду СРСР Микола Іванович Вавилов був засуджений до вищої міри покарання разом зі своїми соратниками Г. Д. Карпеченком, Л. І. Говоровим та іншими, яких розстріляли 27 і 28 липня 1941 року. Виконання вироку Вавилову було призупинено, вищу міру покарання йому замінили 20 роками трудових таборів. Це пов'язують з фактом обрання М. І. Вавилова 23 квітня 1942 року іноземним членом Лондонського королівського товариства Академії наук Великобританії (першим президентом якої був Ісаак Ньютон), що було актом визнання його внеску у світову науку. Вченого зі світовим ім'ям побоялися розстрілювати заради збереження іміджу країни.

У в'язниці № 1 НКВС м. Саратова М. І. Вавилова вкинули до камери смертників і утримували там у нелюдських умовах. Його мучили, катували протягом 11 місяців судового глумління — звирячими допитами, в жахливих умовах утримання, відсутністю елементарної медичної допомоги, необмеженим моральним приниженням. Його били, йому цілодобово не давали спати, він нічого не знав про долю своїх близьких, зокрема і про синів. Над Вавиловим знущалися з захопленням, і кожна зустріч зі слідчим О. Г. Хватом починалася з запитання: «Ти хто?».

Після реабілітації Президія Академії наук СРСР відновила Вавилова в списках академіків, а незаконність дій Хвата, як і застосування фізичних катувань, зафіксовано документально. «Притягнутий згодом до кримінальної відповідальності співробітник НКВС О. Г. Хват на суді зізнався, яким нескінченним конвейєрним допитам піддавався М. І. Вавилов: «...багато годинна стійка по чотири-п'ять діб, ноги розпухають так, що доводилося розрізати штанини брюк...» (переклад автора статті). Згідно з документами, відбулося понад 230 допитів, які тривали близько 900 годин.

М. І. Вавилов загинув від дистрофії, зумовленої голодом, умовами утримання, 26 січня 1943 року. В довідці про смерть в'язня, складеній тюремними лікарями, зазначено — «внаслідок занепаду серцевої діяльності». Тіло поклали до ями разом з тілами інших жертв і залили вапном... Місце поховання, отже, відоме, проте окремої могили нема. В 1970 році

біля входу на Воскресенський цвинтар м. Саратов, де скінчилися муки генія, спорудили Миколі Івановичу Вавилову пам'ятник.

А тут дозвольте навести слова видатного генетика Володимира Павловича Ефроїмсона, який двічі відбував покарання в таборах, з його пронизливої промови на обговоренні документального фільму «Зірка Вавилова», показаного в Політехнічному музеї м. Москва (РФ) в 1985 році.

«Він не загинув. Він — здох! Здох він від пелагри — це така хвороба, яка викликається абсолютним, позамежним виснаженням. Саме від цієї хвороби вмирають бездомні собаки. Напевно, багато хто з вас бачили таких собак взимку на каналізаційних люках. Так ось: великий учений, геній світового рангу, гордість вітчизняної науки, академік Микола Іванович Вавилов здох, як собака, в саратовській в'язниці. І треба, щоб всі... знали і пам'ятали це... Кати, які правили нашою країною, — не покарані. І до тих пір, поки за собачу смерть Вавилова, за собачу смерть мільйонів в'язнів, за собачу смерть мільйонів померлих від голоду селян, сотень тисяч військовополонених, поки за ці смерті не впала жодна волосина з голови жодного з катів — ніхто з нас не застрахований від повторення пройденого. Поки на зміну партократії до керівництва державою не стануть люди, які відповідають за кожен свій вчинок, за кожне своє слово, доти наша країна буде країною рабів, країною, яка подає жохливий урок усьому світові... Я закликаю вас — пам'ятайте про те, що я сказав вам сьогодні. Пам'ятайте! Пам'ятайте!» (переклад автора статті).

Пробач мені, читачу, що я не розповідаю сьогодні про великі досягнення М. І. Вавилова в науці (їх знає кожна ерудована людина), а так детально зупиняюся на останніх, трагічних роках Миколи Івановича. Адже і це ми маємо згадувати й пам'ятати, щоб не допустити повторення...

Заради об'єктивності, маємо навести, на жаль, і такі факти з життя Миколи Івановича, як підписання спільно з іншими видатними вченими відкритого листа «Мы требуем беспощадной расправы с подлыми предателями нашей великой родины», яке було опубліковано у всіх газетах СРСР 28.02.1937 р. Цей лист — один з багатьох заходів, організованих Сталіним на «підтримку» трудящими терору проти «ворогів народу». Що спонукало «підписувачів»? Може, як припускав Ф. Т. Моргун [3], «Корифеї в своїх наукових галузях з дитячою наївністю думали, що чергове жертвоприношення задобрить вождя і врятує їх життя».

Згадаємо книгу «Справа академіка Вавилова» М. О. Поповського, відомого літератора, автора 14 книг, який в 1977 році вимушений був під загрозою арешту емігрувати з СРСР, та повністю наведемо вступне слово у ній Андрія Дмитровича Сахарова. «Справа майже сорокарічної давності, одна з сотень тисяч фальсифікованих, бездоказових справ тих страшних років — у силу ряду причин представляє великий інтерес для сучасного читача в СРСР і на Заході. Одна з причин — особистість і величезні наукові заслуги героя книги академіка Миколи Вавилова. Інша — особливе місце справи Вавилова в трагедії лисенківщини, цього, ймо-

вірно, найпотворнішого явища в історії науки нашого часу. Але, можливо, найголовніше — типовість справи для глибинних процесів і відносин в радянському суспільстві того часу, де б не відбувалася дія — в науковому інституті, в катівні слідчого, в камері смертників або в тюремній прозекторській. Книга Поповського — сувора, правдива. Недарма він пише, що деякими своїми діями, будучи суб'єктивно абсолютно чесним і безмежно відданим науці й інтересам країни людиною, Вавилов сам в якомусь сенсі викопав ту яму, до якої впав наприкінці свого життєвого шляху. Разом з тим книга показує справжню, неспотворену офіційною брехнею, лакуванням і напівправдою велич Миколи Вавилова.

Поповському вдалося здійснити журналістський подвиг — наполегливістю, а іноді й хитрістю отримати з рук пильних високопоставлених чиновників (злегка розгублених у жовтні 1964 року) одну із «збережених навічно» слідчих справ — справу № 1500 академіка Вавилова, зберегти свої записи, зроблені в безвинних шкільних зошитах, і донести їх до нас. Це, ймовірно, єдина справа НКВС такого значення, яка стала відкритою. Ми дізнаємося, як вів свої незліченні допити запопадливий слідчий Хват і розуміємо, що в той же час десятки тисяч слідчих вирішували ту ж саму задачу, виправдовуючи прислів'я «Була б людина, а справа знайдеться». Ми читаємо копії доносів і секретних «експертиз», які відіграли фатальну роль у справі, і дізнаємося прізвища донощиків, дізнаємося про їхню подальшу, цілком благополучну і пристойну долю в суспільстві, яке прийшло на зміну сталінському, успадкувавши від нього занадто багато.

Я шкодую, що не був знайомий з цією книгою, коли Марк Поповський знаходився ще в СРСР. Ці рядки — данина моєї поваги автору книги» (переклад автора статті).

То чому ж час від часу здійснюється ексгумація «лисенківщини»? Постаратися зрозуміти, чи не було в ідеях Лисенка чогось здорового, присвячено книгу відомого американського історика науки, провідного зарубіжного вченого з історії російської та радянської науки Лорена Грехема «Привид Лисенка: Епігенетика і Росія» [5]. Автор розповідає, що Лисенко і радянська дійсність взаємно розбещували один одного. В нормальному демократичному суспільстві Лисенко став би всього лише фермером — нонконформістом, що розвивав би власні нестандартні методи і не заподіяв би нікому шкоди. Але в радянському суспільстві вчення Лисенка було підхоплено пресою, а сам він — уславлений і катапультиований так високо, як не міг і мріяти. Слава оглушила і розбестила його. Спочатку Лисенко був обмеженою людиною зі своїми тарганами, але саме радянська система зробила з нього монстра. Щодо епігенетики, яка стверджує, що успадкування набутих ознак все ж можливе в певних спеціальних умовах. Адже це було однією з центральних гіпотез вчення Лисенка. Зрозуміло, він був далеко не першим вченим, що розвивав таку ідею. Л. Грехем дійшов висновку, що «там, де Лисенко був правий, він не був оригінальний, а там, де він був оригінальний, він не був правий».

Тим, хто бажає пізнати трагедію М. І. Вавилова та мільйонів інших закатованих жертв сталінського режиму і глибше вникнути в конфлікт «наука — псевдонаука» на прикладі життя М. І. Вавилова, хочеться порадити прочитати, крім вищезгаданих, ще деякі видання [6–9]. Найбільш об'ємною як за змістом, так і за ілюстративним матеріалом є книжка С. Є. Резника «Эта короткая жизнь. Николай Вавилов и его время», в якій понад 1000 сторінок тексту та 32 полоси ілюстрацій [10].

02–06 жовтня цього року в Умані відбулися значні події в науковому житті України: X з'їзд Українського товариства генетиків і селекціонерів ім. М. І. Вавилова та асоційована з ним XII Міжнародна наукова конференція «Фактори експериментальної еволюції організмів», присвячена ювілейній Вавиловській даті. У багатьох пленарних доповідях та виступах на секційних засіданнях згадували М. І. Вавилова, його наукову спадщину, життєвий шлях; зроблено спробу розкрити феномен лисенківщини в сучасному світі [11].

Наприкінці хочеться навести цитату зі статті «Ще раз про Лисенка» моїх Вчителів — Юрія Михайловича Сиволапа (якого, на жаль, вже немає серед нас) та Станіслава Станіславовича Малюти: «Ми маємо виконати обов'язок перед наукою і майбутніми поколіннями вчених, бо мовчання було б сприйнято як зрада стосовно професіоналізму й наукової порядності. Сумне минуле нашої науки не можна забувати і допустити, щоб воно повторилося» (переклад автора статті) [12].

На закінчення — ці знімки, зроблені в один і той же часовий період.



Микола Іванович Вавилов. Остання фотографія. 1940 р., в'язниця № 1 НКВС, Саратов, СРСР



Т. Лисенко. 1938–1956 рр. — Президент ВАСГНІЛ СРСР, 1940–1965 рр. — директор Інституту генетики АН СРСР

ПОДИВИТЬСЯ ЇМ В ОЧІ!

Як багато ви прочитаєте у поглядах, у виразах цих облич...

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Животовский Л. А. Неизвестный Лысенко. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 118 с.
2. Вавилов Ю. Н. В долгом поиске. Книга о братьях Николае и Сергее Вавиловых. М.: ФИАН, 2007. 368 с.
3. Моргун Ф. Т. Сталинско-гитлеровский геноцид украинского народа: факты и последствия. Полтава: Дивосвіт, 2007. 448 с.
4. Поповский М. О. Дело академика Вавилова. М.: Книга, 1990. 303 с.
5. Graham L. Lysenko's Ghost: Epigenetics and Russia. Harvard University Press, 2016. 224 p.
6. Медведев Ж. Взлет и падение Лысенко. М.: Книга, 1993. 348 с.
7. Рокитянский Я. Г., Вавилов Ю. Н., Гончаров В. А. Суд палача. Николай Вавилов в застенках НКВД: биографический очерк. Документы. М.: Academia, 1999. 552 с.
8. Пыженков В. И. Н. И. Вавилов — ботаник, академик, гражданин мира. М.: Самообразование, 2009. 136 с.
9. Урсу Д. П. Одесса в европейском научном и культурном пространстве (XIX — XX вв.). Одесса: Апрель, 2014. 272 с.
10. Резник С. Е. Эта короткая жизнь. Николай Вавилов и его время. М.: Захаров, 2017. 1056 с.
11. Опалко А. І., Сержук О. П. Феномен лисенківщини в геномну еру. Вісн. Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів. 2017. 15 (1), 69–77.
12. Сиволап Ю. М., Малюта С. С. Еще раз о Лысенко. Вісн. Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів. 2008. 6 (2). 356–363.

Надійшла 11.10.2017

UDC 575

Volkova N. E. Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigations
e-mail: natavolki@ukr.net

**Thinking to the 130-th Birth Anniversary of N. I. Vavilov
CONFRONTATION OF SCIENCE AND ANTI-SCIENCE,
PERSONALITY AND POWER**

The article is dedicated to the memory of Nikolai Ivanovich Vavilov. His great theoretical legacy and agrarian science organizer's experience do not lose relevance in the 21st century. Attention is accentuated in the last years of Nikolai Ivanovich's life (harassment, arrest, imprisonment, death). A double conflict is explored: science — anti-science and personality — authorities embodying the relations of academician — geneticist Nikolai Ivanovich Vavilov and agronomist — «people's academician» Trofim Lysenko.

УДК 575

Волкова Н. Э. СГІ–НЦСС, Одесса

e-mail: natavolki@ukr.net

К 130-летию со дня рождения Н. И. Вавилова
ПРОТИВОСТОЯНИЕ НАУКИ И АНТИНАУКИ, ЛИЧНОСТИ И ВЛАСТИ

Посвящается памяти Николая Ивановича Вавилова, великое теоретическое наследие и опыт организатора аграрной науки которого не теряют актуальности и в XXI веке. Внимание акцентировано на последних годах жизни Николая Ивановича (травля, арест, тюремное заключение, гибель). Освещен двойной конфликт: науки — антинауки и личности — власти, олицетворяющий отношения академика — генетика Николая Ивановича Вавилова и агронома — «народного академика» Трофима Лысенко.

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

1. Статті до «Збірника...» подаються у 2 примірниках та в електронній версії (Word) українською, або російською, або англійською мовами. До статей українською та 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 A4; 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, вченє звання, академічне звання, посада (скорочено); електронна адреса;
- назва установи;
- 1 інтервал;
- назва статті (великими літерами, жирним шрифтом);
- 1 інтервал;
- анотація мовою написання статті (курсив);
- 1 інтервал;
- ключові слова (курсив);
- 1 інтервал;
- текст статті;
- 2 інтервали;
- назви сортів та гібридів подаються в одинарних лапках (наприклад, 'Антонівка');
- список бібліографічних посилань у порядку цитування за стандартом наведення бібліографічних даних ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання»;
- 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.

Зразок оформлення списку бібліографічних посилань:

Роїк М. В. Сучасний стан реєстрації представників роду *Salix*. Біоенергетика, 2014. Т. 1. С. 2–6.

Друкується за рішенням вченої ради
Селекційно-генетичного інституту —
Національного центру
насіннезнавства та сортовивчення
(Протокол № 10 від 15.12.2017 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 50 прим. Зам. № 232 (159).

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.

