

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 1956 році

Випуск 22 (62)

Одеса
СГІ-НЦНС
2013

УДК 633.1(051.2)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

СОКОЛОВ В. М., к. с.-г. н., чл.-кор. НААН, (відповід. редактор);
ЛИТВИНЕНКО М. А., д. с.-г. н., (заст. відповід. редактора);
БАБАЯНЦ О. В., д. б. н.; **БЄЛОУСОВ А. О.**, д. б. н.;
ВАРЕНИК Б. Ф., к. с.-г. н., **ДРЕМЛЮК Г. К.**, д. с.-г. н.;
КІНДРУК М. О., д. с.-г. н.; **ЛИФЕНКО С. П.**, д. с.-г. н.;
ЛІНЧЕВСЬКИЙ А. А., д. с.-г. н.; **ПУШКАРЕНКО О. Я.**, к. б. н.;
РИБАЛКА О. І., д. б. н.; **СИВОЛАП Ю. М.**, д. б. н.;
СІЧКАР В. І., д. б. н.; **СТЕЛЬМАХ А. Ф.**, д. б. н.;
ФАЙТ В. І., д. б. н.

У «Збірнику наукових праць Селекційно-генетичного інституту — Національного центру насіннезнавства та сортовивчення» подані статті з генетики, теорії та практики селекції сільськогосподарських культур, зокрема щодо застосування молекулярних маркерів та біотехнологічних методів; висвітлені також проблеми створення продуктів здорового харчування, захисту пшениці, кукурудзи, соняшнику від хвороб та шкідників. Оглянуто внесок А. О. Сапегіна у розвиток генетичних досліджень в Україні — з нагоди 130-літнього ювілею академіка.

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

Під назвою «Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту — Національного центру насіннезнавства та сортовивчення» видається з 2002 року

© Селекційно-генетичний інститут —
Національний центр насіннезнавства
та сортовивчення (СГІ–НЦНС), 2013

ЗМІСТ

ЛИФЕНКО С. П. Основні наукові положення А. О. Сапегіна та їхнє значення для виконання програм селекції зернових культур (До 130-річчя з дня народження А. О. Сапегіна)	6
РИБАЛКА О. І., ПОЛІЩУК С. С. Нові сорти зернових культур для створення продуктів здорового (функціонального) харчування	13
ЛИТВИНЕНКО М. А., ТОПАЛ М. М. Вплив транслокації 1AL/1RS на елементи продуктивності у популяціях F_2 та лінійях F_4 пшениці м'якої озимої	27
ПАЛАМАРЧУК А. І., АЛБУЛ А. О., КОЗЛОВ В. В. Реакція сучасних сортів пшениці озимої твердої на строки сівби та норми висіву на півдні України	39
КІРДОГЛО Є. К., ПОЛІЩУК С. С. Роль первинної кореневої системи у формуванні урожаю середньорослих та напівкарликових сортів ярого ячменю	48
КІРДОГЛО Є. К. Стійкість ярого ячменю до найбільш поширених в Україні хвороб цієї культури: селекційні та генетичні аспекти	56
ЧЕБОТАР Г. О., ЧЕБОТАР С. В., МОЦНИЙ І. І., ФАЙТ В. І., СИВОЛАП Ю. М. Порівняння ефектів <i>Rht</i> -генів за комплексом біологічних та агрономічних ознак пшениці в широко- і вузькорядному посівах	74
КОЛЕСНИК О. О., ЧЕБОТАР С. В., СИВОЛАП Ю. М., ЦЕВМА В. М., ХОХЛОВ О. М., ЛИТВИНЕНКО М. А. Шляхи формування систем сортовивчення та контролю розсадників за молекулярними маркерами	89
БЄЛОУСОВ А. О., СОКОЛОВ В. М., СИВОЛАП Ю. М. Використання ДНК-маркерів для створення самозапилених ліній та гібридів кукурудзи	100
ЛАВРОВА Г. Д. Характеристика перспективних ліній сої з підвищеним вмістом білка в умовах південного Степу України	108
ШАРГОРОДСЬКА К. О., ІГНАТОВА С. О., ШПАК Д. В. Оцінка солетолерантності проростків рису в культурі <i>in vitro</i>	116
БРОДЕЦЬКА К. П. Продуктивність та якісний склад насіння колекційних сортозразків люпину білого (<i>Lupinus albus L.</i>)	125
СОЛОДЕНКО А. Є., ВАРЕНИК Б. Ф., АЛЕКСАНДРОВА О. Є., СИВОЛАП Ю. М. Расовий склад та стійкість ліній соняшнику до несправжньої борошнистої роси	134
НЕПЛІЙ Л. В., БАБАЯНЦ О. В. Видовий склад та заходи контролю переносників ВЖКЯ у південному Степу України	141

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЫФЕНКО С. Ф. Основные научные положения А. А. Сапегина и их значение для выполнения программ селекции зерновых культур (К 130-летию со дня рождения А. А. Сапегина)	6
РЫБАЛКА А. И., ПОЛИЩУК С. С. Новые сорта зерновых культур для создания продуктов здорового (функционального) питания	13
ЛИТВИНЕНКО Н. А., ТОПАЛ Н. Н. Влияние транслокации 1AL/1RS на элементы продуктивности в популяциях F_2 и линиях F_4 пшеницы мягкой озимой	27
ПАЛАМАРЧУК А. И., АЛБУЛ А. А., КОЗЛОВ В. В. Реакция современных сортов пшеницы озимой твердой на сроки посева и нормы высева на юге Украины	39
КИРДОГЛО Е. К., ПОЛИЩУК С. С. Роль первичной корневой системы в формировании урожая среднерослых и полукарликовых сортов ярового ячменя	48
КИРДОГЛО Е. К. Устойчивость ярового ячменя к наиболее распространенным в Украине болезням этой культуры: селекционные и генетические аспекты	56
ЧЕБОТАРЬ Г. А., ЧЕБОТАРЬ С. В., МОЦНЫЙ И. И., ФАЙТ В. И., СИВОЛАП Ю. М. Сравнение эффектов Rht-генов по комплексу биологических и агрономических признаков пшеницы в широко- и узкорядном посевах	74
КОЛЕСНИК О. А., ЧЕБОТАРЬ С. В., СИВОЛАП Ю. М., ЦЕВМА В. Н., ХОХЛОВ А. Н., ЛИТВИНЕНКО Н. А. Пути формирования систем сортоизучения и контроля рассадников по молекулярным маркерам	89
БЕЛОУСОВ А. А., СОКОЛОВ В. М., СИВОЛАП Ю. М. Использование ДНК-маркеров для создания самоопыленных линий и гибридов кукурузы	100
ЛАВРОВА Г. Д. Характеристика перспективных линий сои с повышенным содержанием белка в условиях южной Степи Украины	108
ШАРГОРОДСКАЯ К. А., ИГНАТОВА С. А., ШПАК Д. В. Оценка солетолерантности проростков риса в культуре <i>in vitro</i>	116
БРОДЕЦКАЯ Е. П. Продуктивность и качественный состав семян коллекционных сортообразцов люпина белого (<i>Lupinus albus L.</i>)	125
СОЛОДЕНКО А. Е., ВАРЕНИК Б. Ф., АЛЕКСАНДРОВА А. Е., СИВОЛАП Ю. М. Расовый состав и устойчивость линий подсолнечника к ложной мучнистой росе	134
НЕПЛИЙ Л. В., БАБАЯНЦ О. В. Видовой состав и меры контроля переносчиков ВЖКЯ в южной Степи Украины	141

CONTENTS

LYFENKO S. Ph. The basic scientific theses of A. O. Saepgin and their importance for programs of cereals breeding (The article is dedicated to 130 th anniversary of A. O. Saepgin)	6
RYBALKO O. I., POLYSHCHUK S. S. New cereal varieties for healthy (functional) food product	13
LITVINENKO M. A., TOPAL M. M. The influence of the translocation 1AL/1RS for performance elements of populations F ₂ and lines F ₄ of bread winter wheat	27
PALAMARCHUK A. I., ALBUL A. O., KOZLOV V. V. The reaction of modern winter durum wheat varieties to the <i>planting dates</i> and seeding rates in the south of Ukraine	39
KIRDOGLO Ye. K., POLYSHCHUK S. S. The role of primary root system in the yield formation of medium tall and semi-dwarf varieties of spring barley	48
KIRDOGLO Ye. K. Spring barley resistance to the most widespread diseases in Ukraine: breeding and genetics aspects	56
CHEBOTAR G. O., CHEBOTAR S. V., MOTSNYYI I. I., FAYT V. I., SIVOLAP Yu. M. Effects of <i>Rht</i> -genes on biological and agronomical traits of wheat in wide rows and plots	74
KOLESNYK O. O., CHEBOTAR S. V., SYVOLAP Yu. M., TSEVMA V. M., KHOKHLOV O. M., LYTVYNENKO M. A. The courses of nurseries control and variety investigation systems founded on molecular markers	89
BELOUSOV A. O., SOKOLOV V. M., SYVOLAP Yu. M. Using dna-markers for developing of the maize inbred lines and hybrids	100
LAVROVA G. D. The evaluation of new advanced soybean lines with increased protein content under the conditions of the south Steppe of Ukraine	108
SHARGORODSKA K. O., IGNATOVA S. O., SHPAK D. V. Salt tolerance evaluation of rice seedlings in vitro	116
BRODEZKA K. P. The productivity and seed quality analysis of the collection of white lupine accessions (<i>Lupinus albus L.</i>)	125
SOLODENKO A. Ye., VARENIK B. F., ALEXANDROVA O. Ye., SIVOLAP Yu. M. Downy mildew race composition and definition of resistance of sunflower lines	134
NEPLY L. V., BABAYANZ O. V. Species composition and control of aphids — vectors BYDV in the southern Steppe of Ukraine	141

УДК 633.1.621.527:41.31

С. П. ЛИФЕНКО, акад. НААН, д-р с.-г. наук, гол. наук. співр.,
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: labinsort@ukr.net

ОСНОВНІ НАУКОВІ ПОЛОЖЕННЯ А. О. САПЕГІНА ТА ЇХНЄ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРОГРАМ СЕЛЕКЦІЇ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

(ДО 130-РІЧЧЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ А. О. САПЕГІНА)

Основні наукові положення А. О. Сапегіна з генетики, селекції, дослідної справи та інших галузей науки близько сторіччя сприяли успішному виконанню програм створення сортів зернових культур та їх впровадження у виробництво.

Ключові слова: А. О. Сапегін, історичний аспект, дослідна справа, зернові культури, генетика, селекція, лінії, сорти.

Початок дев'ятнадцятого сторіччя ознаменований видатними подіями у біологічній та сільськогосподарській науці. Незважаючи на те, що генетика мала лише 10 років від її офіційного визнання, вона швидко стає теоретичною основою селекції як окремої галузі науки і технологічного процесу. Саме завдяки цьому народна суто емпірична селекція уступає місце науковій селекції, яка водночас стає основним напрямом діяльності деяких наукових установ — переважно дослідних полів.

А. О. Сапегін, хоча і пов'язав свою діяльність з генетикою і селекцією дещо пізніше — з відрядженням у 1910–1911 роках до Німеччини, Швеції та Австрії для вивчення досягнень у цих галузях, усе ж устиг справити у своїй країні значний вплив на напрями досліджень і результативність селекції основних польових культур, так би мовити, із стартового періоду.

Попередній досвід А. О. Сапегіна в ботаніці, систематиці та цитології також відіграв позитивну роль у його наступній науковій і організаторській діяльності — як на посаді засновника і керівника Українського генетично-селекційного інституту (нині СГІ–НЦНС), так і в очолюваному ним пізніше Інституті ботаніки АН України.

Розглянемо конкретні приклади з впливу наукових положень А. О. Сапегіна на практичну селекцію. Відомо, що перші успіхи у науковій селекції були досягнуті шляхом доборів ліній із місцевих сортів. Але Андрій Опанасович добре розумів, що це джерело успіху скоро може бути вичерпане. Стосовно цього він поділяв точку зору П. Н. Константинова, який, звертаючись до молоді у науці, говорив: «Ми з місцевих сортів «вершки» зібрали, а вам потрібно самим створювати нове».

А. О. Сапегін, звичайно, був прибічником «збирання вершків» з місцевих сортів. Але водночас розумів, що цей прийом у селекції має ґрунтуватися на глибокій науковій основі. В ті часи, включаючи двадцяті роки минулого століття, у біологічній науці панувала теорія «чистих ліній» Югансена. Суть її полягала в тому, що в будь-якій

5 популяції можна методом добору виділяти лінії, які кращі за всю популяцію або й взагалі позбавлені негативних ознак, ця теорія ґрунтувалася на генетичних підходах того часу, і самі гени розподілялися за їхніми функціями лише на негативні і позитивні, А. О. Сапегін дотримувався теорії лінійних сортів у селекції, але водночас розумів і хибність положень теорії «чистих ліній» у зв'язку з тим, що одні й ті ж гени можуть бути позитивними за одними ознаками і у той же час негативними за їхнім плейотропним ефектом, а тому розірвати відповідно позитивний і негативний ефекти далеко не завжди можливо. Але в селекції звичайних лінійних сортів А. О. Сапегін досяг видатних успіхів. Так, із місцевих сортів Кримок і Банаток він шляхом індивідуальних доборів створив лінійні сорти озимої м'якої пшениці Степовичка, Земка, Кооператорка. Сорту Кооператорка належать два видатні рекорди на той час — найбільша посівна площа у виробництві (близько 5 млн га на рік) і найтриваліше перебування у виробництві — понад 50 років.

Під керівництвом А. О. Сапегіна селекціонером Л. Д. Баранським шляхом індивідуального добору із місцевих сортів були створені в УГСІ високоврожайні сорти шестирядного ярого ячменю Грушевський одеський та Паллідум 32.

Будучи прибічником сортів лінійного типу в селекції культур — самозапильників, а особливо у перехресників, А. О. Сапегін не заперечував можливість існування багатолінійних сортів. Але застерігав при цьому, що багатолінійні сорти мають бути не просто випадковою популяцією, а суворо збалансованою селекцією з насінництвом ліній. Цю теорію у подальшому в інституті розвивав і практично здійснював у селекції і насінництві акад. Д. О. Долгушин, а наступна історія селекції пшениці в інституті безперечно підтвердила можливість створення і практичного використання багатолінійних сортів. Так, його сорт озимої м'якої пшениці Одеська 51 займала рекордні посівні площі у колишньому Радянському Союзі (третє місце), а сорт Альбатрос одеський (автор М. А. Литвиненко) також протягом ряду років був одним із найрозповсюджених в Україні.

За даними ЦСУ, в Україні в останнє десятиріччя одним із основних сортів за площами посіву був багатолінійний сорт Селянка (246 тис. га у 2006 р.). Уступаючи поступово площі іншим спорідненим за походженням в основному однолінійним сортам, Селянка ще й під урожай 2014 року висіяна лише в Україні на площі 62512 га.

Дискусії щодо ефективнішого використання багатолінійних сортів у порівнянні з однолінійними тривають і тепер. Прибічники перших у додаток до раніш існуючих доказів наводять вагомий аргумент — це можли-

вість контролювати біотипний склад мультилінійного сорту у добазовому насінництві методом електрофорезу білків і ДНК-технологій.

Є прибічники багатолінійних сортів пшениці, які виходять з інших наукових положень. Наприклад, широко відомий селекціонер-пшеничник Норман Борлауг вважає, що використанням багатолінійних сортів із спеціально створених складових ліній, які різняться за генами стійкості до збудників хвороб, можна вирішувати проблему втрати імунітету сорту. У цьому випадку, на думку автора методу, жодна з рас збудника не може створити масових епіфітотій. Щоправда, ця теорія поки що не знайшла вагомого підтвердження у практичній селекції.

З іншого боку, серед фахівців дедалі більшає активних прибічників однолінійних сортів. Вагомим доказом переваги цього типу сортів є те, що завдяки їхній високій морфологічній та біологічній однорідності значно простіше захищати у своїй країні і на міжнародному рівні право на оригінальність за вимогами «однорідність» і «вирівняність». А. О. Сапегін також надавав перевагу однорідним сортам. А щодо багатолінійних чи звичайно популятивних сортів, то їх вважають цінним вихідним матеріалом для селекції шляхом індивідуальних доборів з них. У всій подальшій історії селекції в інституті це багаторазово підтверджено практичними результатами. Так, академік Ф. Г. Кириченко та М. С. Терлецька із Одеської 12 виділили лінію, яка потім стала відомим сортом Одеська 16. П. Х. Гаркавий у довоєнні роки із популятивного сорту ярого ячменю Одеський 9 виділив сорт-лінію Одеський 18. У лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці із сорту Лан виділено лінійний напівкарликовий сорт Одеська 132.

У відділі селекції пшениці під керівництвом М. А. Литвиненка А. Ф. Гержов із сорту Альбатрос одеський виділив лінію у насінневному розсаднику, яка згодом стала окремим сортом Українка одеська і чітко відрізнялася від Альбатроса одеського короткостебловістю та екологічною пластичністю.

У лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці протягом ряду поколінь із сорту Селянка фахівці М. І. Єриняк та М. Ю. Наконечний виділили лінії, що відрізняються від вихідного сорту іншим спектром електрофорезу гліадинів. Крім того, одна лінія, що стала сортом Зорепад і занесена у 2011 році до Держреєстру сортів рослин України, у багаторічних дослідках показала суттєві переваги за урожайністю над вихідною Селянкою: Селянка = 65,7–90,3 ц/га, Зорепад = 70,1–97,0 ц/га. У цих же дослідках була підтверджена інша загальна закономірність — однолінійний сорт має значно більший розмах коливання за урожайністю залежно від умов вирощування. Наприклад, незважаючи на досить високий генетичний потенціал продуктивності, у 2013 р. в одному досліді Зорепад поступився за урожайністю Селянці на 1,5 ц/га при рівнях урожайності 77,8 ц/га, а в інших екологічних умовах того ж року, навпаки, перевершив її на 9,3 ц/га при урожайності 80,0 ц/га.

А. О. Сапегін добре розумів, що збирання «вершків» з місцевих сортів-популяцій має обмежені можливості щодо результативності і масштабів застосування вихідного матеріалу для селекції. Тому уже з самого початку селекційної роботи він вдавався до різних типів гібридизації з метою створення вихідного матеріалу і рекомендував застосовувати це іншим фахівцям. У зв'язку з цим виникає дуже цікаве питання з наукової біографії А. О. Сапегіна. До 1931 року він керував селекційними програмами і брав безпосередню участь у створенні сортів, зокрема у схрещуванні різних вихідних генотипів. Але в 1931 році був арештований за безглуздою підозрою у диверсійній діяльності у справі використання у виробництві створених ним сортів. Після звільнення він відмовлявся від власної участі у виконанні селекційних програм, зосередившись на суто генетичних дослідженнях, які він розпочав набагато раніше.

Гібриди, отримані А. О. Сапегіним, були передані селекціонерам Л. П. Максимчуку та П. Я. Коробці. На заключному етапі у створенні сортів із цих гібридів Одеська 12 (Кооператорка × Гостіанум 237) та Одеська 3 (Земка × Гостіанум 237) взяли участь Ф. Г. Кириченко та Д. О. Долгушин. Згодом ці два сорти набули широкого визнання і високої оцінки, а в історії селекції їхня поява вважається початком нового етапу, означеного широким використанням різних типів схрещувань з метою створення вихідного матеріалу.

До речі, і сьогодні фахівці старшого покоління справедливо вважають, що серед офіційно визнаних авторів Одеської 3 та Одеської 12 має бути прізвище А. О. Сапегіна.

До приходу Андрія Опанасовича у велику науку метод гібридизації уже широко використовувався у багатьох країнах світу в роботі з різними культурами. Проте справедливими були й слова І. В. Мічуріна: «Настоящей науки о гибридизации пока ещё не существует».

А. О. Сапегін у створеному ним УГСІ (Український генетико-селекційний інститут) у програмі генетичних досліджень зосередив основну увагу на гібридах від різних типів схрещувань. Разом із своїм сином Л. А. Сапегіним він провів добре поставлені експериментальні дослідження з міжвидової гібридизації від схрещування твердої і м'якої пшениці. Вони навіть запропонували для цього розділу спеціальний термін «гілогенетика». У цих дослідженнях, які супроводжувалися цитогенетичними аналізами, вони чітко довели, що в окремих випадках ефект окремих генів може бути не менш значним, ніж навіть цілої хромосоми.

Ці дослідження стали теоретичною базою для нового напрямку селекції, що отримала назву «інтрогресивна селекція», яку можна розуміти як передачу ознак одного виду другому при віддаленій гібридизації. У наступному в інституті виконується велика багаторічна програма «Селекція озимої твердої пшениці». Її започаткували акад. Ф. Г. Кириченко та М. С. Терлецька. Шляхом міжвидових схрещувань озимої м'якої пшениці з твердою ярою була створена вперше у світі нова культура — озима

тверда пшениця. Тепер уже існує багато її сортів, виведених переважно в СГІ–НЦНС. Але сама ідея застосування міжвидових схрещувань у селекції не обмежена озимою твердою пшеницею.

У лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці на основі використання лінії від схрещування твердої та м'якої пшениці, отриманої від О. І. Рибалки, виведено новий сорт м'якої озимої пшениці Ужинок, який завдяки високому потенціалу урожайності, відмінним якостям зерна та комплексу інших корисних ознак швидко впроваджується у виробництво в Степу, Лісостепу та Поліссі України. Ужинок майже щорічно переважає за врожаєм показники кращих сортів-стандартів. Наприклад, в 2013 році у досліді інституту урожайність його склала 83,3 ц/га — на 3,5 ц/га більше кращого сорту Куяльник.

Ідея Л. О. Сапегіна про можливість використання рекомбінантної мінливості при віддалених схрещуваннях завжди привертала увагу селекціонерів. Так, наприклад, дикий багаторічний злак колосняк (елімус) має чи не найдовший колос з великою кількістю квіток у ньому, та ще й дуже морозостійкий і стійкий до хвороб. Чисельні спроби залучити цей вид у гібридизацію з метою селекції не мали успіху. Німецькому досліднику шляхом застосування новітніх технологій все ж вдалося отримати гібрид елімуса сибірського з пшеницею. Проміжна його форма, яка була зовсім непридатна для прямого використання, фахівцем відділу генетики СГІ І. І. Моцним була залучена у подальші насичувальні схрещування. У результаті він отримав цінний матеріал для селекції. У лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці на основі цього матеріалу створено новий сорт м'якої озимої пшениці Віген. Його передано на держсортвипробування. У досліді лабораторії він показав високу врожайність — 82,9 ц/га, що на 8,5 ц/га більше від показника сорту-стандарту Вікторія одеська. Він також має добру морозостійкість та стійкість до хвороб.

Аналіз сорту Віген молекулярно-генетичними методами показав, що до складу його генотипу входить ДНК від елімусу сибірського. Тобто за генетичними і селекційними оцінками новий сорт можна віднести до інтрогресивних генотипів.

А. О. Сапегін разом з Л. А. Сапегіним на три роки випередили відомих дослідників Харлана і Попа у відкритті так званих бекросів (насичувальних схрещувань). Сапегіни не тільки застосовували насичувальні схрещування, а й запропонували їх для рішення конкретних задач — створення аналогів. На той час процес створення аналогів вони називали «ремонт сорти». Тепер насичувальні схрещування і створення аналогів складають основну частку процесу селекції багатьох культур на гетерозис. До речі, А. О. Сапегін був одним із перших вітчизняних вчених, які запропонували для селекції на гетерозис самозапильні лінії.

Насичувальні схрещування тепер використовуються не тільки для створення аналогів, але й для вирішення інших селекційних проблем. Наприклад, у лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці шляхом

насичувальних схрещувань ярого і озимого сортів (Ред Рівер 68 × Одеська 51) × Одеська 51 виведено добре відомий напівкарликовий сорт м'якої озимої пшениці Обрій. Він багато років займав великі посівні площі, саме за нього та й інші селекційні досягнення його авторам у 1997 році присуджена Державна премія України у галузі науки і техніки. Запропоновані А. О. Сапегіним і Л. А. Сапегіним насичувальні схрещування багато років використовувалися в інституті в селекції м'якої озимої та твердої озимої пшениці.

Відкриття штучного індукованого мутагенезу шляхом використання рентгенівських променів (Найдсоном і Філіп'євим на дріжджах у 1926 р. і на мусі дрозофілі Мьолером, 1930 р.) викликало ейфорію серед генетиків більшості країн світу. А. О. Сапегін у захваті говорив, що тепер ми у декілька сот разів більше зможемо створювати штучно мутантів, ніж вони виникають у природі. Він, незважаючи на складне міжнародне становище і фінансову скруту, придбав у Німеччині рентгенівську установку і вперше у світі почав використовувати її з метою отримання мутантів для селекції ячменю. У той же час, на початку 30-х років, у Харкові Л. М. Делоне розпочав таку ж роботу з пшеницею. Але ентузіазм швидко зник: А. О. Сапегін дав експериментальному мутагенезу з використанням рентгенівських променів об'єктивну оцінку — більшість отриманих мутантів нежиттєздатні і їх не можна безпосередньо застосовувати в селекції. Водночас він вважав, що в окремих випадках, коли мутація несе з собою нові ознаки, яких не існує серед різноманіття, створеного природною еволюцією, вона може бути цікавою для генетики і селекції.

З часом така точка зору знайшла своє практичне підтвердження. У співдружності І. А. Рапопорт з П. П. Лук'яненко за допомогою супермутагена нітрозометилсечовини отримали штучний карликовий мутант із сорту Безоста 1 — Карлик 1.

На основі цього мутанта в лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці СГІ селекціонери створили перші вітчизняні напівкарликові сорти озимої пшениці — Одеська напівкарликова та Одеська 75. Одеська напівкарликова у наступні роки займала великі посівні площі у виробництві. Згодом у лабораторії і відділу селекції пшениці з використанням цієї мутації було виведено низку напівкарликових сортів: Лан, Одеська 132, Салют, Прогрес та інші. Тепер з генами, отриманими штучним мутагенезом, короткостеблові сорти селекції лабораторії Кірія та Дюк вирощують щорічно на площі у декілька тисяч гектарів. Ці сорти повністю стійкі до вилягання і мають генетичний потенціал урожайності на рівні 100 ц/га.

А. О. Сапегіну була притаманна дуже корисна для науковця риса — вміння об'єктивно оцінювати наукові положення, висунуті іншими вченими. Так, свого часу він підтримав роботу Т. Д. Лисенка про дослідження закономірностей онтогенезу рослин, яке тоді іменувалося як теорія стадійного розвитку. Деякі положення цієї теорії і тепер використовуються в селекції озимої пшениці та озимого ячменю. У той же час А. О. Сапегін

гін був непримиренним опонентом Т. Д. Лисенка стосовно його одіозних тверджень про адекватне успадковування ознак безпосередньо під впливом умов вирощування.

Він був першим, хто назвав Т. Д. Лисенка «неоламаркістом», чим підкреслив, що твердження його псевдонаукові і спростовані попереднім розвитком світової біологічної науки.

Висновок. Наукові положення А. О. Сапегіна, як і його величезна заслуга у впровадженні досліджень світової науки у вітчизняну генетику та селекцію, протягом майже століття сприяли успішному виконанню в СГІ–НЦНС та інших установах програм створення сортів та гібридів зернових культур.

Надійшла 23.11. 2013 р.

UDC 633.1.621.527:41.31

Lyfenko S. Ph. Collected scientific articles of PBGI–NCSCI (in Ukrainian). 2013. Issue 22 (62).

THE BASIC SCIENTIFIC THESES OF A. O. SAPEGIN AND THEIR IMPORTANCE FOR PROGRAMS OF CEREALS BREEDING (THE ARTICLE IS DEDICATED TO 130TH ANNIVERSARY OF A. O. SAPEGIN)

A. O. Sapegin was the distinguished scientist and founder of scientific institutes, he promoted to introduce new methods of genetics to breeding and ensuring successful cereals program accomplishing in the Ukraine by his original works.

A. O. Sapegin carried out objective analysis of the theory of pure lines after Jogansen, and creative used it in the practice cultivar's breeding by method of individual selection from local populations and heterogenic and multiline wheat cultivars.

УДК 633.1.621.527:41.31

Лыфенко С. Ф. Сборник научных трудов СГІ–НЦНС. 2013. Вып. 22 (62).

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ А. А. САПЕГИНА И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММ СЕЛЕКЦИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР (К 130-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А. А. САПЕГИНА)

Основные научные положения А. А. Сапегина по генетике, селекции, исследовательскому делу и другим областям науки в течение столетия способствовали успешному выполнению программ создания сортов зерновых культур и их внедрение в производство.

УДК 633.11:633.16:633.19

О. І. РИБАЛКА, д-р біол. наук, зав. від.,
С. С. ПОЛІЩУК, мол. наук. співр.,
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: alex.rybalka@mail.ru

НОВІ СОРТИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОДУКТІВ ЗДОРОВОГО (ФУНКЦІОНАЛЬНОГО) ХАРЧУВАННЯ

Наведена характеристика нового продукту здорового (функціонального) харчування, створюваного на основі трьох компонентів: крупи голозерного ячменю ваксі, висівок чорнозерної пшениці та борошна льону посівного. Згідно з результатами численних біохімічних та клінічних досліджень, зерно ячменю — джерело комплексу біохімічних сполук, що є превентивними факторами проти трьох смертоносних хвороб людини — серцево-судинних, діабету та раку внутрішніх органів. Насіння льону посівного також містить ряд унікальних сполук, що знижують ризик серцево-судинних захворювань, гіперплазії груді у жінок та простати у чоловіків, атеросклерозу та ряду інших важких хвороб. Висівки чорнозерної пшениці мають високий вміст вітамінів та мікроелементів. На основі цих трьох складових створюється новий харчовий продукт, що об'єднує в собі позитивні властивості зерна ячменю, чорнозерної пшениці та насіння льону.

Ключові слова: ячмінь голозерний, пшениця чорнозерна, льон, ω -3 ліноленова кислота, лігнани, фітоестрогени, клітковина дієтична, антиоксиданти.

Вступ. Як в усьому цивілізованому світі, так і в Україні стає все більше прихильників розумного способу життя, які дорожать своїм здоров'ям, віддають перевагу повноцінним продуктам харчування. Великому ескулапу древніх часів «батькові медицини» Гіппократу належить відомий вислів: **їжа має бути вашими ліками, а вашими ліками має бути їжа.** Аби цей вислів став законом здорового харчування, потрібно знати, який саме харч і завдяки яким його властивостям може слугувати нам ліками. На сьогодні фахівцями з харчування складено безліч дієт, автори яких обіцяють споживачам гарантоване здоров'я і довголіття, сповільнення старіння, швидке схуднення, ефективно запобігання чи протистояння різним хворобам. На вітринах аптек бачимо безліч (доволі недешевих) препаратів, які «чистять судини», «покращують роботу серця», «поліпшують пам'ять і самопочуття» тощо. Однак, незважаючи на це, такі тяжкі недуги, як серцево-судинні хвороби, рак та діабет, не відступають. Скоріше навпаки, все частішають, молодшають, становлячи серйозну загрозу «технологічно розвинутому» людству.

Японці, які є лідерами у галузі здорового харчування, в середині 1980-х ввели в дієтологію термін «функціональне харчування». За цим визначенням продуктом функціонального харчування є будь-яка свіжа, виготовлена за належною технологією їжа, що постачає організму не лише калорії, а й справляє лікувально-профілактичний вплив на здоров'я організму людини, запобігає виникненню певних патологічних процесів чи хвороб.

Аналіз сучасних досліджень у галузі харчування свідчить про те, що наша повсякденна їжа має бути: а) натуральною; б) забезпеченою рослинною клітковиною і, перш за все, розчинною; в) збалансованою за вмістом повноцінних за складом рослинних і тваринних білків, жирів, вітамінів та мікроелементів; г) містити комплекс натуральних антиоксидантів; д) вільною від токсичних, алергенних та канцерогенних агентів. Ці постулати становлять основу сучасних понять про повноцінне, раціональне, здорове харчування.

У нас в Україні серед маси населення чомусь популярною є думка про те, що здоровим харчем має бути обов'язково якийсь екзотичний заморський продукт. А свої рідні, що лежать прямо під ногами, такої уваги не заслуговують. Однак ця точка зору є хибною і вельми далекою від істини. Отож мета цієї статті — навести вагомі аргументи на користь відомих усім культур, що вирощуються на благодатних землях України.

Мова піде про ячмінь, льон і пшеницю. **На основі зерна (насіння) цих культур нами розроблений новий продукт здорового (функціонального) харчування, що виготовляється із зерна ячменю, насіння льону і висівок з чорнозерної пшениці.** Пояснимо, ґрунтуючись виключно на численних авторитетних наукових дослідженнях, чому наш новий, абсолютно натуральний продукт, яким є **не зовсім звичайна каша з крупи голозерного ячменю ваксі, борошна із насіння льону та висівок з чорнозерної пшениці, має чітко виражені ознаки продукту здорового (функціонального) харчування та може бути рекомендований населенню України для широкого вживання з метою профілактики серцево-судинних захворювань, діабету, раку внутрішніх органів, атеросклерозу та низки інших недугів, що постійно переслідують нас, позбавляючи радощів повноцінного, активного життя.**

Перш ніж почати характеристику складових компонентів нашого продукту, зробимо невеличку преамбулу. Департамент сільського господарства США (USDAARS), ґрунтуючись на висновках фундаментальних досліджень у галузі харчування, розробив класичну концепцію харчової піраміди (Food Pyramid), яка ілюструє рейтинг продуктів харчування за їхнім позитивним впливом на організм людини (рис. 1).

Як бачимо, найцінніші для здоров'я продукти, розміщені в основі харчової піраміди, виготовлені із злаків та інших польових культур. Наступну сходинку менш цінних харчів займають овочі і фрукти. На третій сходинці продукти тваринного походження, зокрема м'ясо, молочні продукти, а також риба. І на вершині піраміди знаходяться найменш цінні (радше

шкідливі) для здоров'я продукти — солодоші. Отже, згідно з концепцією FoodPyramid, всі компоненти нашого нового продукту здорового харчування знаходяться у групі найбільш цінних для здоров'я людини.

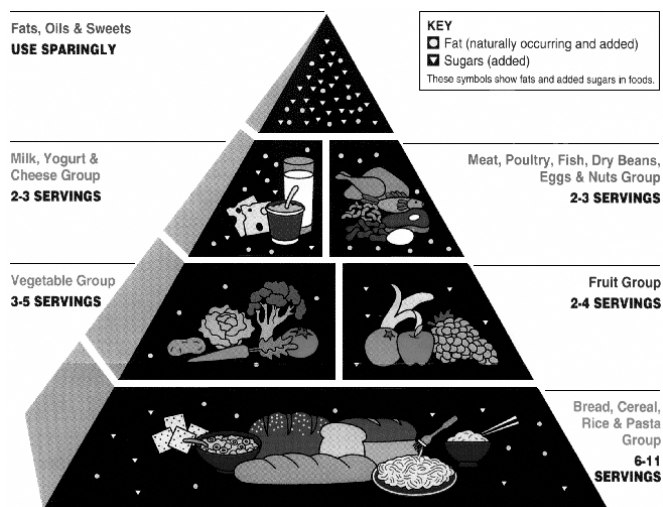


Рис. 1. Класична харчова піраміда (Food Pyramid, USDA, USA)

Перший компонент продукту — крупа голозерного ячменю ваксі (рис. 2).

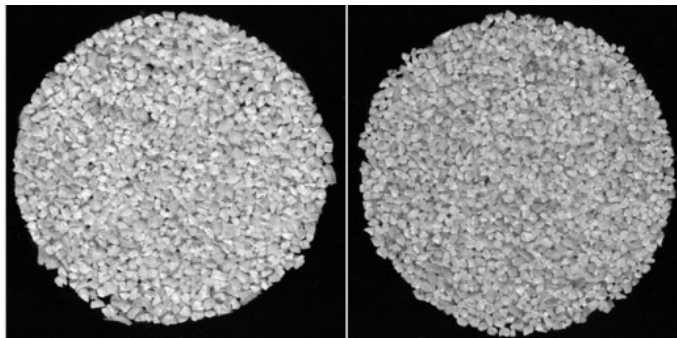


Рис. 2. Крупа із зерна півчастого (ліворуч) та голозерного ячменю (праворуч), що містить фрагменти оболонки зерна і зародка

Ячмінь був однією з перших освоєних людиною культур і вирощувався для харчового використання понад 10 000 років тому. Як продукт харчування ячмінь був популярний ще за часів древнього Єгипту, Греції та Риму. Римських гладіаторів, відомих за їхньою силою, мужністю і витривалістю, називали *hordearii* або гордеаріями (від видової назви ячменю *Hordeum*) через те, що основним їхнім харчем був ячмінь [1]. У цілому ряді регіонів світу — в Африці, Тибеті, Китаї, Кореї, Японії ячмінь як харчовий продукт ніколи не втрачав свого важливого значення [2].

Увага до ячменю як харчового продукту у світі особливо посилилася в останні 10–15 років у зв'язку з новітніми клінічними, дієтологічними і

біохімічними дослідженнями продуктів із його зерна, що були виконані в авторитетних лабораторіях провідних країн світу. Ці дослідження показали **винятково високу харчову цінність ячмінного зерна і перш за все його здатність бути профілактичним засобом проти трьох найтяжчих недуг останнього століття: коронарної хвороби серця, діабету і навіть раку кишківника** [3–7]. Виняткова харчова цінність зерна ячменю пояснюється присутністю в ньому унікальних некрохмалистих полісахаридів (1,3)(1,4)- β -D-глюканів (спрощено β -глюканів), цілого комплексу речовин з широким спектром антиоксидантної активності (токоли, фітостероли, проантоціанідини, флавоноли та фітофеноли), комплексу вітамінів групи В, ніотинової кислоти, цінних мінералів. Ячмінь є визнаним чемпіоном серед злаків за вмістом та оптимальним співвідношенням у зерні жиророзчинних токолі (токофероли, токотриеноли), частина з яких є попередниками важливого для здоров'я людини вітаміну Е з його потужною антиоксидантною функцією [8–12]. У цивілізованих країнах світу ячмінь почали активно використовувати для виробництва харчових продуктів як у чистому вигляді (крупі, пластівці, борошняні вироби), так і у різних хлібопродуктах із сумішшю борошна пшениці та ячменю тощо [13–17]. Характеризуючи ячмінь як унікальний продукт харчування, досить наголосити на тому, що **у травні 2006 року вельми поважна американська інституція, що має назву Адміністрація США з питань харчів та лікарських засобів (U. S. Food and Drug Administration — FDA), віднесла харчові продукти, які містять зерно ячменю, до таких, що знижують ризик коронарної хвороби серця.**

Особливу популярність у харчовій галузі цивілізованого світу набуває голозерний ячмінь, який більш придатніший для технологічної переробки, ніж плівчастий. При цьому, на відміну від останнього, голозерний ячмінь практично не втрачає при технологічній переробці важливі для здоров'я людини біологічно цінні речовини, що містяться в поверхневому (алеїроновому) шарі зерновки та у зародку (рис. 3).

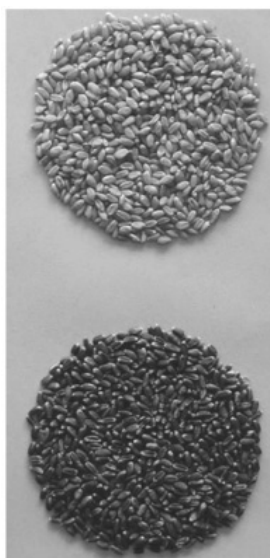
На теренах колишнього СРСР, зокрема і в Україні, на жаль, ще мало знають про унікальну харчову цінність ячмінного зерна, незважаючи на те, що цій темі було присвячено вже, без перебільшення, сотні ґрунтовних наукових досліджень, кілька монографій та спеціальних наукових оглядів [18, 19]. Наукові ж дослідження в Україні у цьому напрямі практично відсутні, а ячменів спеціального харчового використання (перш за все голозерного) в Україні немає. З врахуванням такого стану речей у відділі генетичних основ селекції СГІ розгорнута найбільша в Україні програма створення сортів голозерного ячменю харчового використання, перш за все на основі залучення в селекційні пошуки спеціального **гена ваксі**, що блокує біосинтез амілози (у складі крохмалю 20–25 % амілози, а решта — амілопектин). Зерно ячменю ваксі, на відміну від звичайного, містить до 8–11 % β -глюканів проти 3–5 % β -глюканів у звичайного ячменю, що робить його ще ціннішим для здоров'я харчовим продуктом. У Селекційно-

генетичному інституті з нашою участю створені перші в Україні зразки-кандидати у сорти голозерного ячменю ваксі, що найближчими роками будуть передані у держсортотипування. **Отже, крупа голозерного ячменю ваксі є першою складовою нашого нового продукту здорового харчування.**



Рис. 3. Зерно ячменю півчастого (ліворуч) і голозерного (праворуч)

Другий компонент продукту. Також у Селекційно-генетичному інституті нами створений перший в Україні сорт чорнозерної пшениці з підвищеним умістом у зерні фракції легкорозчинних білків, вітамінів та мікроелементів круп'яного напрямку використання під назвою Чорноброва, в Реєстрі сортів рослин України. Характеристика зерна цього сорту за вмістом вітамінів та мікроелементів наведена на рисунку 4.



	<i>Пшениця звичайна</i>	<i>Пшениця чорнозерна</i>
Фосфор (г\кг)	2,68	3,30
Кальцій (г\кг)	0,33	0,45
Залізо (мг\кг).....	32,00	79,20
Цинк (мг\кг).....	26,00	42,80
В1(мг\кг)	4,40	14,80
В2(мг\кг)	1,80	11,40
С (мг\кг)	0,00	8,33
Е (мг\кг)	6,00	19,11

Рис. 4. Вміст вітамінів та мікроелементів у зерні звичайної та чорнозерної пшениці (Чорнобрової)

Корисні для здоров'я людини вітаміни і мінерали зосереджені саме в оболонці та зародку (висівках) зерна цього сорту. Подібні сорти чорнозерної пшениці також створені в Китаї, Франції, Болгарії

і широко застосовуються для виготовлення круп, пластівців, сухих сніданків тощо. Висівки з цих сортів у Китаї додають навіть до шоколаду з метою збагачення його харчової цінності. У Франції на основі чорнозерної пшениці здійснюється програма VITABLI, назва якої походить від слів VITA — життя та BLI — пшениця [20]. **Отже, другим компонентом нашого продукту здорового харчування є висівки чорнозерної пшениці сорту Чорноброва.**

Третій компонент продукту. Це — борошно 100 %-вого виходу з насіння всім добре відомого в Україні льону посівного *Linum usitatissimum* (рис. 5). Батьківщина цієї унікальної рослини Єгипет та Середня Азія, де льон вирощували ще 5000 років тому. Археологічні ж дані свідчать про те, що людство культивувало льон і в еру Неоліту — 10000 років до н. е. [21]. За хімічним складом насіння льону є унікальним: специфічні льняні слизі (до 12 %), що являють собою неперетравлювану дієтичну клітковину, олія (до 50 %), добре збалансовані за амінокислотним складом білки (до 24 %), вуглеводи, органічні кислоти, ферменти, вітамін С, каротин, глікозид лінамарин та унікальні фітохімічні сполуки лігнани. **Олія насіння льону є неперевершеною за вмістом (до 60 %) однієї з найцінніших для здоров'я людини незамінних жирних кислот ω -3 альфа-ліноленової.** Це майже вдвоє більше, ніж у рибацькому жирі. Для прикладу: у популярній в Україні соняшниковій олії (між іншим, однієї з найгірших за біологічною цінністю серед відомих харчових олій) вміст ω -3 альфа-ліноленової кислоти становить лише 0,2 %.

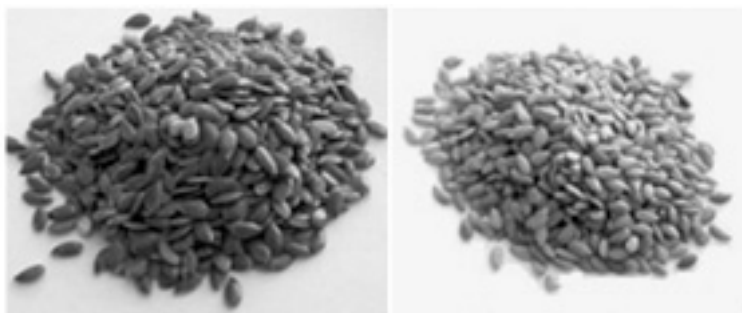


Рис. 5. Різновиди льону посівного за характерним забарвленням насіння: коричневим (ліворуч) та золотисто-жовтим (праворуч)

Льняна олія містить також до 20 % олеїнової кислоти. **Загалом, вміст цінних для здоров'я людини ненасичених жирних кислот (91 %) у льняній олії вищий, ніж у будь-якій іншій з відомих рослинних олій. Серед рослин, що культивуються в Україні, насіння льону є джерелом № 1 за вмістом ω -3 альфа-ліноленової кислоти та лігнанів.** Останні є винятково важливими для здоров'я людини фітоестрогенами з їхньою антиоксидантною функцією та дієтичною клітковиною. Білки льону за амінокислотами дуже близькі до білків сої, яку за складом білків вважають найбільш цінною з-поміж культурних рослин (табл.).

Лише в одній столовій ложці борошна насіння льону міститься до 8 г ω -3 альфа-ліноленової кислоти, яка, за висновками численних фундаментальних клінічних і біохімічних досліджень, сприяє зниженню у сироватці крові людини вмісту загального та «шкідливого» холестерину низької щільності, має клінічно підтверджені лікувально-профілактичні властивості, антизапальну дію, знижує ризик серцево-судинних захворювань, коронарної хвороби серця та розвиток ракових захворювань.

Таблиця

Амінокислотний склад білків льону та сої (г/100 г білка)
(дані USDA, 2010, зірочками позначені незамінні амінокислоти)

Амінокислота	Борошно льону	Борошно сої
Аланін	4,4	4,1
Аргінін	9,2	7,3
Аспарагінова к-та	9,3	11,0
Цистеїн	1,1	1,1
Глутамінова к-та	19,6	18,6
Гліцин	5,8	4,0
Гістидин*	2,2	2,5
Ізолейцин*	4,0	4,7
Лейцин*	5,8	7,7
Лізин*	4,0	5,8
Метіонін*	1,5	1,2
Фенілаланін*	4,6	5,1
Пролін	3,5	5,2
Серін	4,5	4,9
Треонін*	3,6	3,6
Триптофан*	1,8	н.д.
Тирозин	2,3	3,4
Валін*	4,6	5,2

Насіння льону є незамінним джерелом вітаміну Е і особливо багате за вмістом гама-токоферолу (попередник вітаміну Е) — 20 мг на 100 г насіння. **Вітамін Е — потужний жиророзчинний антиоксидант, що захищає клітини і клітинні мембрани від нищівної дії вільних радикалів, а відтак і від передчасного старіння тканин та органів, як і від ракових пухлин.** Лляне насіння вирізняється високим вмістом комплексу вітамінів групи В, таких як рибофлавін, ніацин, тіамін, пантотенова кислота, вітамін В6 та фолієва кислота. Тіамін, як відомо, потужний превентивний фактор виникнення хвороби бері-бері. Фолієва кислота — критичний фактор впливу на формування нервової системи плоду на ранніх стадіях вагітності. **У лляному насінні особливо високий вміст таких мінералів, як марганець, калій, кальцій, залізо, магній, цинк та селен.**

Насіння льону містить особливу групу унікальних, надзвичайно цінних для здоров'я людини речовин клінічно доведеної протиракової дії (під загальною назвою лігніни). Як зазначалося вище, насін-

ня льону є джерелом № 1 серед харчових продуктів за вмістом лігнанів (300 000 мікрограмів на 100 г льону проти всього лише 90–130 мікрограмів на 100 г зерна, наприклад, пшениці). Насіння льону містить лігнінів у 340 разів більше, ніж насіння соняшнику, у 480 разів більше, ніж горішки кеш'ю, і у 3200 разів більше, ніж насіння арахісу. Лігнани за хімічною структурою є поліфенолами і похідними від димеризації амінокислоти фенілаланіну. За своєю функцією вони є фітоестрогенами, що суміщають водночас активність антиоксидантів та дієтичної клітковини. **Лігнани насіння льону мають суттєво вищу антиоксидантну активність, ніж будь-які інші антиоксиданти овочів чи фруктів. І тому не випадково вони є клінічно визнаними факторами спрямованої протипухлинної дії.**

Численними клінічними дослідженнями підтверджено превентивну дію лігнанів проти виникнення злоякісних пухлин груді у жінок та раку простати у чоловіків. Відома виражена позитивна залежність між вмістом у плазмі крові у жінок гормону естрогену та ризиком розвитку раку грудей. Лігнани мають спрямовану антиестрогенну функцію, вони імітують властивості гормону естрогену і зв'язуються з естроген-рецепторами, однак не проявляють при цьому, подібно естрогену, антагоністичного ефекту. Водночас внутрішній естроген, що в нормі продукується організмом, виводиться з нього, не знаходячи застосування для своєї природної функції. Цей механізм дії лігнанів пояснює їхній вплив як фактора зниження ризику раку яєчників у жінок та простати у чоловіків. **Ніщо, крім дієти, багатої на лігнани, не в змозі попередити ризик канцерогенезу цих органів.**

Механізм включення лігнанів льону як фітоестрогенів в метаболізм організму людини пояснює інший **позитивний ефект лігнанів — наріст волосся і сповільнення його випадіння у осіб, схильних до облісіння.** Це явище було відкрито і підтверджене в численних клінічних дослідженнях. **Домінуючим лігніном у насінні льону є секоізолярицирезінол диглюкозид (secoisolariciresinoldiglucozide), скорочено SDG. Він діє за аналогією, але ще ефективніше, з препаратами, що блокують андрогенні рецептори та активність ферменту 5-альфа-редуктази — факторів, що регулюють біосинтез ключового гормону дигідротестостерону (DHT), безпосередньо причетного до гіперплазії простати та облісіння у чоловіків.** Добова лікувальна доза SDG, за висновками медиків, становить 300–600 мг.

Специфічні лляні слизі, що утворюються при замочуванні насіння льону у воді, є цінною дієтичною клітковиною, до складу якої входять три різновиди арабіноксиланів. Ці слизі поліпшують перистальтику кишківника, справляють позитивний вплив на діяльність мікрофлори кишківника, нормалізують всмоктування ним продуктів травлення їжі. У цьому контексті відомі кілька клінічних дослідів з вивчення впливу дієтичної клітковини борошна льняного насіння на гомеостаз глюкози у хворих на цукровий діабет. Піддослідні пацієнти харчувалися за дієтою, що містила до 12 % борошна льону. У пробах крові через 15, 30, 45 і 60 хв після їжі

спостерігали зниження вмісту глюкози до 30 %. Автори досліджень пояснюють зниження вмісту глюкози у плазмі крові блокуванням клітковиною льону всмоктування глюкози у кишківнику.

Підсумовуючи результати клінічних досліджень льону, можна вважати, що його насіння містить комплекс біохімічних сполук (олія, дієтична клітковина, лігнани, антиоксиданти), що **знижують ризик таких смертоносних хвороб, як коронарна хвороба серця, рак груді у жінок і простати у чоловіків, раку кишківника, діабету, атеросклерозу, знімають частину патологічних симптомів менопаузи у жінок, сповільнюють облисіння та сприяють росту волосся, запобігають ряду інших, менш загрозливих для життя, хвороб** [22–34].

Останніми роками дієтологи світу особливу увагу приділяють екзотичній для українця культурі під назвою чиа (*Chavliahispanica*), що походить з континенту інків та ацтеків. За її унікальну біологічну цінність дієтологи називають насіння рослини чиа суперїжею (super-food). Однак порівняння насіння нашого рідного льону з насінням заморської чиа за складом біологічно цінних інгредієнтів показало, що насіння льону за загальною оцінкою та за окремими показниками харчової цінності переважає південно-американський супер-фуд [35]. Саме цим, певно, пояснюється, що останніми роками у харчовій промисловості США, Німеччини, Канади та інших розвинутих країн щодо льону та лляної олії спостерігається справжній бум. Американцям і німцям рекомендують обов'язково додавати лляну олію в салати, а борошно з нього — у хліб та хлібопродукти, насіння льону є обов'язковим у раціонах школярів. **Рекомендації наголошують на тому, що насіння льону слід вживати обов'язково у вигляді борошна, змеленого, наприклад, на звичайній домашній кавомолці, оскільки вживання цілого насіння не гарантує його повного засвоєння.** Насіння льону перед помелом рекомендують зберігати у холодильнику, аби сповільнити процеси окислення та руйнування біологічно цінних інгредієнтів. Особливо це стосується розмеленого насіння льону, яке слід вживати одразу після виготовлення, або зберігати його до вживання обов'язково у морозильній камері. Корисні для здоров'я складові насіння льону витримують (без втрати цінних властивостей) температури кипіння в межах близько 100°C до готовності продукту. **Департамент сільського господарства США (USDA) рекомендує додавати борошно льону в будь-яку їжу, де це тільки можливо, у загальній кількості до 12 % (1–2 столові ложки до страви).** Насіння льону не рекомендується вживати у великих кількостях у сирому вигляді через небезпеку ціаноген-глікозидної інтоксикації у зв'язку з наявністю у ньому незначної кількості глікозиду лінамарину. Отакий він, наш рідний, здавалося б, усім добре відомий, і в той же час зовсім мало відомий за своїми унікальними цілющими властивостями звичайний льон. Враховуючи унікальну біологічну цінність льону, ми і обрали його саме третім компонентом нашого нового продукту.

Ми не подаємо тут пропорції трьох перелічених вище складових (крупа ячменю ваксі, висівки чорнозерної пшениці та борошно льону) у нашому новому продукті функціонального харчування, який поки що не має назви, однак є патентоспроможним. Очевидно, що всі складові цього продукту не можуть бути поєднані в одному пакунку у вигляді механічної суміші. Особливо це стосується борошна льону, яке, імовірно, має бути окремо у вакуумній упаковці з обмеженим терміном зберігання до вживання.

Новий продукт випробуваний першим автором на собі та членах своєї родини (щоденні сніданки) протягом року при відмінному самопочутті та без будь-яких протипоказань чи негативних наслідків. Навіть при щоденному вживанні він не набридає і не приїдається. У разі необхідності до нього можна додавати будь-яку харчову приправу чи й, скажімо, бджолиний мед, фрукти тощо. Сподіваємося, що наш новий натуральний продукт знайде схвалення у численних українських споживачів, які цінують своє здоров'я та сповідують здоровий спосіб життя, а серед представників українського бізнесу — бажаючих виготовляти цінний харч для населення України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Percival J. The wheat plant. Duckworth Publishers. — London, 1921.
2. Byung-Kee Baik O., Steven E., Ullrich C. Barley for food: characteristics, improvement and renewed interest // Journ. of Cereal Sci. — 2008. — V. 48. — P. 233–242.
3. Trowell H. Coronary heart disease and dietary fiber // Am. Journ. Clin. Nutr. — 1975. — V. 28. — P. 798–800.
4. Rimm E., Ascherio A., Giovannucci F., Spiegelman D., Stampfer M., Willett W. Vegetable, fruit and cereal fiber intake and risk of coronary heart disease among men // Journ. Am. Med. Assoc. — 1996. — V. 275. — P. 447–451.
5. Yang J.-L., Kim Y.-H., Lee H.-S., Lee M.-S., Moon Y. Barley β -glucan lowers serum cholesterol based on the up-regulation cholesterol 7 α -hydroxylase activity and mRNA abundance in cholesterol-fed rats // J. Nutr. Sci. Vitaminol. — 2003. — V. 49. — P. 381–387.
6. Hinata M., Ono M., Midoikawa S., Nakanishi K. Metabolic improvement of male prisoners with type 2 diabetes in Fukushima Prison // Japan. Diabetes Res. Clin. Pract. — 2007. — V. 77. — P. 327–332.
7. NACRe. Fibres et prévention du cancer colorectal // Let. Sc. IFN. — 2001. — V. 81. — P. 1–12.
8. Newman R., Newman C. Barley for food and health — science, technology and products // John Wiley & Sons, Inc., Publ. — USA, 2009. — 245 p.
9. Xue Q., Wang I., Newman R., Newman C., Graham H. Influence of the hullless, waxy starch, and short-awn genes on the composition of barleys // J. Cereal. Sci. — 1997. — V. 26. — P. 251–257.
10. Marconi E., Graziano M., Cubadda R. Composition and utilization of barley pearling by-product for making functional pastas rich in dietary fiber and β -glucans // Cereal Chem. — 2000. — V. 77. — P. 133–139.

11. Kerckhoffs D., Brouns F., Hornstra G., Mensink R. Effect on the human lipoprotein profile of β -glucan, soy protein and isoflavones, plant sterols, garlic and tocotrienols // *J. Nutr.* — 2002. — V. 132. — P. 2494–2505.
12. Wang L., Xue Q., Newman R., Newman C., Jackson L. Tocotrienol and fatty acid composition of barley oil and their effects on lipid metabolism // *Plant Foods Hum. Nutr.* — 1993. — V. 43. — P. 9–17.
13. Niffenegger E. V. Chemical and physical characteristics of barley flour as related to its use in baked products. M. S. thesis. Montana State University, Bozeman, Montana. — 1964.
14. Kim H.-S., Lee H.-J. Development of composite flours and their products utilizing domestic raw materials. IV. Effect of additives on the bread-making quality with composite flours // *Korean. J. Food Sci. Technol.* — 1977. — V. 9. — P. 106–107.
15. Bhatti R. S. Physicochemical and functional (bread making) properties of hull-less barley fractions // *Cereal Chem.* — 1986. — V. 63. — P. 31–35.
16. Magnus E., Fjell K., Steinsholt K. Barley flour in Norwegian wheat bread. In: *Cereals in a European Context*. Ellis Horwood, Chichester, UK. — 1987. — P. 377–384.
17. Linko P., Harkanen H., Linko Y. Effect of sodium chloride in the processing of bread baked from wheat, rye and barley flours // *J. Cereal.Sci.* — 1984. — V. 2. — P. 53–62.
18. Granda S., Macpherson H. Food barley. Importance, uses and local knowledge. — ICARDA, 2008. — 205 p.
19. Leblond R. Vitablй — an applied wheat project based on the prebreeding of exotic germplasm. *Wheat Prebreeding Meeting*, April 5th — 6th, the Limagne region, France, Clermont-Ferrand. — 2001. — P. 325–329.
20. Николайчук Л. В., Владимиров Э. В., Головейко О. Н. Лечение льняным маслом (целебные свойства, приготовление, рецепты лечения). — Минск: Современная школа, 2008. — 124 с.
21. Donaldson M. Nutrition and cancer: a review of the evidence for an anti-cancer diet // *Nutrition Journal.* — 2004. — V. 32(1). — P. 3–19.
22. Bloedon L., Szapary P. Flaxseed and cardiovascular risk // *Nutrition Reviews.* — 2004. — V. 62(1). — P. 18–27.
23. Thompson L., Chen J., Strasser-Weippl K., Goss P. Dietary flaxseed alters tumor biological markers in postmenopausal breast cancer // *Clin. Cancer Res.* — 2005. — V. 11(10). — P. 3828–3835.
24. Hely J., Shanna L., Chad E., Beth K. Flaxseed: a review of health benefits // *Pennington Nutrition Series.* — 2007. — № 5. — P. 1–5.
25. Sung M., Lautens M., Thompson L. Mammalian lignans inhibit growth of estrogen-independent human colon tumor cells // *Anticancer Research.* — 1998. — V.18(3A). — P.1405–1408.
26. Bommareddy A., Arasada B., Mathees D., Dwivedi C. Chemopreventive effects of dietary flaxseed on colon tumor development // *Nutr Cancer.* — 2006. — V. 54(2). — P. 216- 222.
27. Jenab M., Thompson L. The influence of flaxseed and lignans on colon carcinogenesis and β -glucuronidase activity // *Carcinogenesis.* — 1996. — V. 17(6). — P.1343–1348.
28. Dahl W., Lockert E., Cammer A., Whiting S. Effects of flax fiber on laxation and glycemic response in healthy volunteers // *J. Med Food.* — 2005. — V. 8(4). — P. 508–511.

29. De Logeril M., Salen P., Martin J., Monjaud I., Delaye J., Mamelle N. Mediterranean diet, traditional risk factors, and the rate of cardiovascular complications after myocardial infarction: final report of the Lyon Diet Heart Study // *Circulation*. — 1999. — V. 99(6). — P. 779–785.
30. Demark-Wahnefried W., Price D., Polascik T. Pilot study of dietary fat restriction and flaxseed supplementation in men with prostate cancer before surgery: exploring the effects on hormonal levels, prostate-specific antigen, and histopathologic features // *Urology*. — 2001. — V. 58(1). — P. 47–52.
31. Deutch B. Menstrual pain in Danish women correlated with low n-3 Polyunsaturated fatty acid intake // *Eur. J. Clin. Nutr.* — 1995. — V. 49(7). — P. 508–516.
32. Dodin S., Lemay A., Jacques H., Legare F., Forest J., Masse B. The effects of flaxseed dietary supplement on lipid profile, bone mineral density, and symptoms in menopausal women: a randomized, double-blind, wheat germ placebo-controlled clinical trial // *J. Clin Endocrinol Metab.* — 2005. — V. 90(3). — P. 1390–1397.
33. Edwards R., Peet M., Snay J., Horrobin D. Omega-3 polyunsaturated fatty acid levels in the diet and in red blood cell membranes of depressed patients // *J. Affect Disord.* — 1998. — V. 48(2–3). — P. 149–155.
34. Freeman V., Meydani M., Yong S., Pyle J., Flanigan R., Waters W., Wojcik E. Prostatic levels of fatty acids and the histopathology of localized prostate cancer // *J. Urol.* — 2000. — V. 164(6). — P. 2168–2172.
35. Weber C., Gentry H., Kohlhepp E., McCrohan P. The nutritional and chemical evaluation of chia seeds // *Ecology of Food and Nutrition*. — 1991. — V. 26. — P. 119–25.

Надійшла 18.11. 2013 р.

UDC 633.11:633.16:633.19

Rybalka O. I., Polyshchuk S. S. Collected scientific articles of PBGI-NCSCI (in Ukrainian). 2013. Issue 22 (62).

NEW CEREAL VARIETIES FOR HEALTHY (FUNCTIONAL) FOOD PRODUCT

A new healthy (functional) food product combined with waxy hulless (naked) barley groats, black wheat bran and flax seed flour has been proposed for healthy human diet. The first component of the product is the hulless barley groats presented as ground whole barley grain including all nutritionally valuable parts of the grain such as germ, aleuronic layer, endosperm rich in oil soluble tocopherols, β -glucans, and water soluble vitamin B group, minerals. We particularly focus on the waxy hulless barley instead of traditional non waxy one. The waxy barley in comparison with traditional barley presented with recessive allele of gene *Wx* responsible for biosynthesis of a specific enzyme called as a granule bound starch synthase (GBSS). The GBSS is a key enzyme of the amylose biosynthesis pathway. As a result the amylose synthesis of *wx/wx* genotype in

comparison with *Wx/Wx* genotype is completely blocked. The waxy barley grain in contrast with traditional non waxy barley contains up to 10–11 % of β -glucan to be compared with traditional barley within the range of 3–5 %.

The barley β -glucans non-starch polysaccharides are known to be as preventive factors against cardiovascular disease lowering the concentration of low density cholesterol (LDL) in the human blood plasma. The β -glucans are also capable to decrease the blood glucose level after meal in the patient suffered with diabetes disease.

The barley oil soluble tocols (tocopherols and tocotrienols), proanthocyanidins and polyphenols play an important role as antioxidants preventing the human cells from destructive damage of the aggressive free radicals. The barley grain is a champion among cereal crops in tocols content as well as a favorable ratio of tocopherols to tocotrienols.

The second component of the new healthy product is the bran of the black grain wheat enriched with essential vitamins and micronutrients. The black grain wheat derived from interspecific crosses with *Agropyron* wild species. The valuable nutrients of the black grained wheat are concentrated in the bran.

The third component of the new healthy product is the flaxseed flour. Taking into account the recent data of the fundamental biochemical and clinical research the flaxseed called as healthy super food due to its properties to prevent the risk of breast cancer in woman and prostate cancer in man. The flaxseed is also found as a preventive factor against cardiovascular disease, atherosclerosis.

The new fully natural product combines health benefits of waxy hulless barley, black grain wheat bran and flaxseed flour may be recommended for healthy human diet.

Tables — 1. Figures — 5. Bibliography — 35.

УДК 633.11:633.16:633.19

Рыбалка А. И., Полищук С. С. Сборник научных трудов СГІ–НЦНС. 2013. Вып. 22 (62).

НОВЫЕ СОРТА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОДУКТОВ ЗДОРОВОГО (ФУНКЦИОНАЛЬНОГО) ПИТАНИЯ

Дана характеристика нового предлагаемого продукта здорового (функционального) питания, создаваемого на основе трех компонентов: крупы голозерного ячменя вакси, отрубей черnozерной пшеницы и муки льна посевного. В соответствии с результатами многочисленных биохимических и клинических исследований зерно ячменя является источником комплекса биохимических соединений, предотвращающих риск трех смертоносных заболеваний человека: сердечно-сосудистых, диа-

бета и рака внутренних органов. Семена льна посевного также содержат ряд уникальных соединений, препятствующих гиперплазии груди у женщин и простаты у мужчин, атеросклероза и ряда других тяжелых болезней. Отруби черnozерной пшеницы отличаются высоким содержанием витаминов и микроэлементов. На основе этих трех составляющих предлагается новый пищевой продукт, объединяющий полезные свойства зерна ячменя, льна посевного и черnozерной пшеницы.

Таблица — 1. Рисунки — 5. Библиография — 35.

УДК 633.11.1:527.2:631.527:631.523

М. А. ЛИТВИНЕНКО, акад. НААН, д-р с.-г. наук, зав. від.,
М. М. ТОПАЛ, наук. співр.,
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: dr_litvin@ukr.net

ВПЛИВ ТРАНСЛОКАЦІЇ 1AL/1RS НА ЕЛЕМЕНТИ ПРОДУКТИВНОСТІ У ПОПУЛЯЦІЯХ F_2 ТА ЛІНІЯХ F_4 ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

Показана ефективність добору генотипів з пшенично-житньою транслокацією 1AL/1RS на ранніх етапах селекції із застосуванням молекулярних маркерів. Наведені результати аналізу популяцій F_2 та ліній F_4 за впливу транслокації 1AL/1RS на елементи продуктивності та урожайності. Визначені ефекти досліджуваної транслокації у рослин F_2 за ступенем фенотипового домінування, трансгресивної мінливості та величиною мінливості ознак, які визначають урожайність. Виявлено позитивний вплив пшенично-житньої транслокації на урожайність у рослин F_4 .

Ключові слова: пшениця м'яка озима, ДНК-маркер, популяція, 1AL/1RS транслокація, трансгресивна мінливість, елементи продуктивності, успадковування, урожайність.

Вступ. Пшенично-житня транслокація 1AL/1RS широко використовується у селекційних програмах багатьох країн. В основному це зумовлено необхідністю отримання стійких генотипів до біотичних та абіотичних факторів [1, 2]. Як відомо, пшенично-житня транслокація 1AL/1RS походить від американського ярого сорту пшениці Amigo. Дослідами багатьох учених доведено, що експресія генів транслокації 1RS залежить від умов зовнішнього середовища і по-різному впливає на адаптивні властивості та урожайність [3, 4]. На даний час в умовах степової зони України ефекти пшенично-житньої транслокації 1AL/1RS на господарсько і біологічно цінні ознаки й властивості пшениці не вивчені.

Для ідентифікації житніх транслокацій існує кілька методів — біохімічний (електрофорез запасних білків), цитологічний (диференційоване забарвлення хромосом, С-бандин, N-бандин методики) і за допомогою ДНК-маркерів. Найбільш простим методом виявлення в генотипах озимої м'якої пшениці транслокації за 1RS хромосомою жита є електрофоретичний аналіз запасних білків [5, 6]. Але застосування такого методу можливе на стадії дозрілого зерна, що ускладнює добір бажаних генотипів. Ідентифікація в селекційному матеріалі м'якої пшениці генотипів із звичайними та модифікованими транслокаціями на ранніх етапах онтогенезу рослин стає можливим за використання молекулярно-генетичного аналізу [7].

Мета роботи. Провести на популяціях F_2 та лініях F_4 ідентифікацію пшенично-житньої транслокації 1AL/1RS за допомогою молекулярних маркерів і виявити генетичні ефекти цієї транслокації на основні елементи продуктивності та урожайності.

Вихідний матеріал та методика досліджень. Вихідним матеріалом слугували 6 гібридних комбінацій від парних схрещувань різних генетичних джерел з пшенично-житньою транслокацією 1AL/1RS сортів Смуглянка, Княгиня Ольга, Золотоколоса та Вихованка од. з місцевими сортами Дюк, Польовик, Епоха од., Ліра од.. Дослідження проводили в 2010/11 (покоління F_2), 2012/13 (покоління F_4) роках на дослідному полі СГІ (м. Одеса), попередник чорний пар. Гібриди F_2 висівалися широко-рядним способом за схемою «батьківська форма — гібрид — батьківська форма» з довжиною рядка 1,5 м та міжряддям 25 см, відступ між рослинами в рядку 5 см. Покоління F_4 висівали суцільним способом з обліковими ділянками 5 м² зі частим повторенням стандартів та батьківських форм.

Наявність транслокації визначали методом ПЛР-аналізу у відділі геноміки і біотехнології СГІ (Сиволап Ю. М., Галаєв А. В., Сударчук Л. В.). Структурний аналіз елементів продуктивності рослин визначали за методикою Б. А. Доспєхова [8]. Ступінь та частоту трансгресії розраховували за методикою Воскресенської — Шпота [9]. Ступінь фенотипового домінування та тип успадкування ознак продуктивності у гібридів F_2 визначали за методикою Peter F. C., Frey C. I. [10]. Показник успадкованості у широкому розумінні слова у гібридів F_2 визначали за формулою I. Mahmud, H. H. Kramer [11]. Середні величини та варіаційний ряд розраховували за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Office Excel 2007 р.

Результати досліджень. У селекційних дослідженнях добір бажаних рослин на гібридах ранніх генерацій визначається переважно за фенотиповими ознаками, але це не дає повної характеристики за генотипом. Тому вивчення фенотипових ознак має супроводжуватись додатково генетичним маркіруванням — біохімічним або молекулярним. Це особливо важливо при роботі з інтрогресивним матеріалом, коли немає чітких фенотипових маркерів чужорідних транслокацій, а їхня ідентифікація за генотипом є обов'язковою.

Крім цього, детермінанти багатьох агрономічних ознак приховані від очей дослідника, а їхнє фенотипове виявлення залежить від наявності певних генів чи їхніх алелей у гомо- чи гетерозиготному стані. Така взаємодія генотипу з фенотипом відкриває нові можливості у вивченні дії генетичного об'єкта на проявлення фенотипових ознак як між популяціями в цілому, так у кожній популяції окремо.

Використання молекулярних маркерів є одним з основних методів скорочення обсягів генетичного матеріалу шляхом видалення небажаних генотипів у ранніх генераціях гібридів. При цьому можливе скорочення періоду досліджень аналізом на вегетуючих рослинах та отриманням

результату до збирання врожаю в порівнянні з іншими методами (електрофорез запасних білків, гібридологічний аналіз).

Тому першим завданням роботи стало впровадження ДНК-технологій, зокрема застосування молекулярних маркерів на початкових етапах селекційного процесу. Адже тільки завдяки ДНК-маркерам є змога виявляти транслокації (інші генетичні об'єкти) у польових умовах, а особливо на рослинах раннього покоління. Для точності досліду та впевненості в отриманні рекомбінантів спочатку вивчили батьківські сорти за пшенично-житньою транслокацією (ПЖТ) 1AL/1RS (табл. 1, рис.). З допомогою ПЛР-аналізу було визначено їхній поліморфізм — за станом та ідентичністю транслокації. Так, виявилось, що сорти Княгиня Ольга, Вихованка од., Смуглянка та Золотоколоса несуть одну і ту ж транслокацію, яка є ідентичною сорту Amigo.

Таблиця 1

Алельний склад 8 сортів пшениці м'якої озимої

Сортозразок	МС локус		
	<i>Xbarc263-1AS</i>	<i>Rems1303-1RS</i>	<i>XScm9-1RS</i>
	Алель (п. н.)		
Смуглянка	0	290	220
Дюк	210	0	0
Польовик	210	0	0
Золотоколоса	0	290	220
Княгиня Ольга	0	290	220
Епоха од.	210	0	0
Ліра од.	210	0	0
Вихованка од.	0	290	220

Примітка: 0 — відсутність локусу.

У подальшому було здійснено маркірування гібридних рослин у кількості 50 шт. з кожної комбінації та здійснена детекція за наявністю транслокації 1AL/1RS із використанням мікросателітних маркерів *Rems1303-1RS* (для жита), *Xbarc263-1AS* (пшениця). Ці маркери дають змогу також виявити гомо- чи гетерозиготний стан транслокації. Гетерозиготні рослини не аналізували, оскільки вони не цікаві для наукового порівняння. Групу гомозиготних рослин порівнювали з групою рослин у межах однієї гібридної комбінації, тільки з відсутністю транслокації. Після ідентифікації транслокації 1AL/1RS рослини проаналізували за їхньою висотою та елементами продуктивності: продуктивна кущистість, маса зерна і кількість зерна з рослини, маса зерна з 1-го колоса, кількість зерна з 1-го колоса, маса 1000 зерен.

Основою для виявлення генетичних ефектів стало дослідження середніх показників, коефіцієнта варіації та успадкування (H^2) (табл. 2). Так, при визначенні середньої арифметичної в усіх комбінаціях рослин F_2 за всіма ознаками при порівнянні груп (наявність та відсутність ПЖТ)

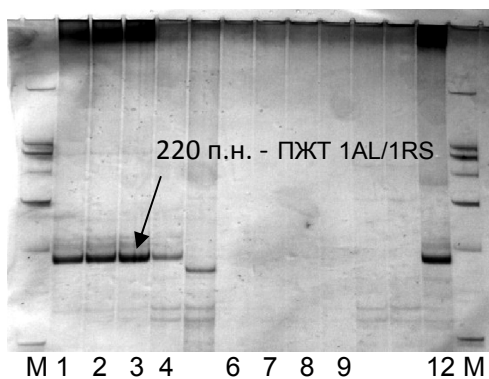


Рис. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК за *XScm9* ($1R_3$) локусом: 1 — Смуглянка, 2 — Золотоколоса, 3 — Княгиня Ольга, 4 — Вихованка од., 6 — Дюк, 7 — Польовик, 8 — Епоха од., 9 — Ліра од., 12 — Вихованка од., М — маркер рUC19DNA/*MspI*

ся середнім рівнем успадковування 0,3–0,6, а група з ПЖТ 1AL/1RS має низький рівень успадковування — 0,1–0,2. Середнім та високим рівнем успадковування характеризуються ознаки: маса та кількість зерен з рослини 0,4–0,7, що свідчить про значну частку генотипової мінливості в загальній мінливості ознак. Виключенням з цієї закономірності є комбінації Смуглянка / Дюк, Смуглянка / Польовик, Золотоколоса / Польовик, де в групі з ПЖТ за цими ознаками спостерігається низький коефіцієнт успадковування, 0,1–0,3. За ознаками «маса та кількість зерна з 1 колоса» в усіх комбінаціях і групах рослин спостерігається низький рівень успадковування, 0,1–0,3. За ознакою «маса 1000 зерен» у комбінаціях Княгиня Ольга / Епоха од., Ліра од. / Вихованка од. та Золотоколоса / Дюк простежується середній рівень успадковування ($H^2=0,4-0,6$), а у решти вивчених комбінацій — низький ($H^2=0,1-0,3$). Таким чином, в цілому можна спостерігати різницю за показниками середньої арифметичної та величиною успадковування ознак між комбінаціями, але чіткої закономірності або диференціації груп рослин із наявністю та відсутністю ПЖТ 1AL/1RS не виявлено.

Наступним етапом досліджень стало вивчення ступеня фенотипового домінування (hp) та типу успадковування (ТУ) перелічених ознак у рослин F_2 (табл. 3). Так, виявлено, що в комбінації Смуглянка / Дюк, Смуглянка / Польовик, Золотоколоса / Польовик, Княгиня Ольга / Епоха од., Ліра од. / Вихованка од. чіткої різниці за цими показниками між групами рослин з ПЖТ і без неї не виявлено, а всі ознаки успадковуються за типом повного домінування (ПД*) та наддомінування (СД*) високого показника. Тільки в комбінаціях Смуглянка / Польовик, Золотоколоса / Польовик група рослин з ПЖТ (успадковується за типом високого показника) має

не спостерігали суттєвої різниці. Також у всіх групах за зазначеними ознаками помічено середній та високий рівень варіаційної мінливості. Розглянувши успадковування ознак гібридами F_2 відносно батьківських форм, виявили, що за ознакою «продуктивна куцистість» усі групи рослин мають середній коефіцієнт успадковування 0,3–0,6, окрім комбінації Смуглянка / Дюк. У цій комбінації в групі рослин з ПЖТ коефіцієнт успадковування склав 0,1, що свідчить про низький рівень успадковування ознаки.

За висотою рослин у цілому група без ПЖТ характеризується

Таблиця 2

Показники варіаційної мінливості та успадковування (H²) у популяція F₂

Група (кількість проанал. рослин, шт.)	Висота росл., см		Прод. кущ., шт.		Маса зерна з росл., г		Маса зерна з 1 кол., г		Кількість зерна з росл., шт.		Кількість зерна з 1 кол., шт.		Маса 1000 зерен, г	
	X [±] tSx	V, % H ²	X [±] tSx	V, % H ²	X [±] tSx	V, % H ²	X [±] tSx	V, % H ²	X [±] tSx	V, % H ²	X [±] tSx	V, % H ²	X [±] tSx	V, % H ²
Смулянка / Дюк														
ПЖТ 1АЛ/1RS (8)	85,1 ±2,0	2,8 0,1	9,6 ±2,8	34,7 0,6	18,3 ±4,4	28,9 0,5	2,0 ±0,3	19,0 0,3	472,1 ±112,4	28,4 0,3	50,6 ±6,6	15,6 0,2	38,7 ±1,4	4,4 0,1
1АЛ/1AS _{контроль} (15)	91,3 ±5,4	10,7 0,6	9,1 ±2,1	42,4 0,6	17,1 ±3,7	40,7 0,6	1,9 ±0,2	16,8 0,4	468,7 ±106,9	41,1 0,5	52,6 ±4,9	16,7 0,3	36,2 ±2,2	10,8 0,3
Смулянка / Польовик														
ПЖТ 1АЛ/1RS (12)	93,8 ±3,5	5,9 0,4	7,5 ±1,3	27,5 0,1	14,3 ±2,4	36,9 0,3	1,9 ±0,2	36,4 0,1	374,6 ±56,7	29,1 0,1	50,3 ±3,0	23,2 0,1	38,0 ±2,1	14,5 0,1
1АЛ/1AS _{контроль} (12)	94,3 ±3,9	6,45 0,4	7,8 ±2,2	45,2 0,5	14,6 ±5,5	59,4 0,7	1,8 ±0,3	23,7 0,3	391,3 ±126,1	50,7 0,6	50 ±4,8	15,1 0,2	36,7 ±3,0	12,8 0,3
Золотоколоса / Дюк														
ПЖТ 1АЛ/1RS (14)	85,3 ±2,8	5,6 0,2	9,07 ±1,3	25,0 0,5	14,4 ±1,8	21,6 0,1	1,7 ±0,2	18,9 0,1	395,3 ±45,7	20,0 0,1	44,7 ±4,2	15,9 0,1	36,6 ±2,8	12,8 0,4
1АЛ/1AS _{контроль} (10)	87,7 ±5,2	8,3 0,5	7,0 ±1,8	35,0 0,5	12,2 ±3,1	35,6 0,3	1,8 ±0,3	24,7 0,3	365,9 ±78,2	29,9 0,3	54,1 ±7,9	20,5 0,3	33,8 ±5,4	22,5 0,6
Золотоколоса / Польовик														
ПЖТ 1АЛ/1RS (14)	88,9 ±2,9	5,5 0,3	7,9 ±1,9	40,5 0,5	16,5 ±3,9	45,4 0,5	2,1 ±0,2	19,9 0,1	435,6 ±114	44,9 0,6	55,3 ±5,1	15,7 0,1	38 ±1,9	8,8 0,1
1АЛ/1AS _{контроль} (16)	91,6 ±2,2	4,6 0,1	8,5 ±1,1	25,2 0,3	16,2 ±2,9	33,9 0,4	1,9 ±0,2	16,4 0,2	446,5 ±72	30,4 0,4	52 ±3,1	11,3 0,3	36,1 ±1,5	7,7 0,1
Княгиня Ольга / Епоха од.														
ПЖТ 1АЛ/1RS (14)	84,8 ±2,0	4,14 0,1	7,8 ±1,6	35,3 0,4	14,2 ±4,0	48,7 0,6	1,8 ±0,2	23,6 0,4	419,8 ±105,4	43,5 0,6	52,7 ±4,7	15,4 0,3	33,9 ±2,9	14,6 0,7
1АЛ/1AS _{контроль} (17)	89,2 ±3,1	6,9 0,4	8,2 ±1,5	35,5 0,5	15,8 ±3,0	37,5 0,6	2,0 ±0,2	15,9 0,2	449,1 ±82,3	35,8 0,5	53,8 ±4,1	14,5 0,2	35,2 ±1,5	8,3 0,4
Ліра од. / Вихованка од.														
ПЖТ 1АЛ/1RS (12)	82,3 ±1,6	3,1 0,1	8,7 ±1,3	23,1 0,5	16,7 ±3,8	36,1 0,7	1,9 ±0,3	22,3 0,3	469,7 ±92,3	31,0 0,6	52,7 ±4,7	14,0 0,1	35,2 ±2,6	11,6 0,6
1АЛ/1AS _{контроль} (10)	84,6 ±2,9	4,8 0,3	6,9 ±1,5	30,1 0,5	13,2 ±2,9	30,4 0,5	1,9 ±0,2	14,8 0,1	365 ±73,5	28,2 0,5	53,6 ±3,5	9,2 0,1	36,2 ±2,8	10,9 0,6

ПЖТ 1АЛ/1RS — пшенично-житня транслокація; 1АЛ/1AS_{контроль} — відсутність транслокації.

Таблиця 3
Ступінь фенотипового домінування (hr) та тип успадковування (ТУ) елементів продуктивності у популяціях F₂

Група (кількість проанал. рослин, шт.)	Висота рослин, см		Прод. кущ., шт.		Маса зерна з росл., г		Маса зерна з 1 кол., г		Кількість зерна з росл., шт.		Кількість зерна з 1 кол., шт.		Маса 1000 зерен, г	
	hr	ТУ	hr	ТУ	hr	ТУ	hr	ТУ	hr	ТУ	hr	ТУ	hr	ТУ
Смуглянка / Дюк														
ПЖТ 1АЛ/1RS (8)	0,5	НД*	1,3	СД*	7,6	СД*	1,9	СД*	1,5	СД*	1,4	СД*	1,4	СД*
1АЛ/1AS _{контроль} (15)	1,3	СД*	1,0	ПД*	6,0	СД*	1,9	СД*	1,3	СД*	2,4	СД*	0,6	НД*
Смуглянка/ Польовик														
ПЖТ 1АЛ/1RS (12)	16,2	СД*	1,4	СД*	2,5	СД*	1	ПД*	5,7	СД*	-0,9	НД	1,6	СД*
1АЛ/1AS _{контроль} (12)	18,1	СД*	2,2	СД*	3	СД*	1,6	СД*	-2	СД	-0,9	НД	0,3	НД*
Золотоколоса / Дюк														
ПЖТ 1АЛ/1RS (14)	-0,1	НД	0,9	НД*	2,4	СД*	0,5	НД*	-0,2	СД	-1,7	СД	0,6	НД*
1АЛ/1AS _{контроль} (10)	0,3	НД*	-0,4	НД	-0,3	НД	0	П	0,5	НД*	2,8	СД*	-0,4	НД
Золотоколоса / Польовик														
ПЖТ 1АЛ/1RS (14)	1,3	СД*	1,9	СД*	4,8	СД*	2,8	СД*	10	СД*	3,1	СД*	1,1	НД*
1АЛ/1AS _{контроль} (16)	3,3	СД*	3,1	СД*	4,7	СД*	3,1	СД*	-0,2	НД	0,3	НД*	-0,4	НД
Княгиня Ольга / Епоха од.														
ПЖТ 1АЛ/1RS (14)	0,5	НД*	1,2	СД*	2,3	СД*	5,3	СД*	0,5	НД*	1,0	ПД*	-0,4	НД
1АЛ/1AS _{контроль} (17)	1,2	СД*	2,0	СД*	4,1	СД*	7,7	СД*	1,4	СД*	1,7	СД*	0,7	НД*
Ліра од. / Вихованка од.														
ПЖТ 1АЛ/1RS (12)	9,07	СД*	7,8	СД*	3,4	СД*	6,0	СД*	0,6	НД*	1,1	СД*	0,2	НД
1АЛ/1AS _{контроль} (10)	14,1	СД*	1,3	СД*	1,1	СД*	1,5	СД*	1	ПД*	1,7	СД*	0,7	НД*

НД-НД* — неповне домінування низького (0>hr>-1) і високого показника (0<hr<1); П — проміжне успадковування (hr=0); ПД-ПД* — повне домінування низького (hr=-1) і високого показника (hr=1); СД-СД* — наддомінування низького (hr<-1) і високого показника (hr>1); ПЖТ 1АЛ/1RS — пшенично-житня транслокація; 1АЛ/1AS_{контроль} — відсутність транслокації.

перевагу над групою з відсутністю транслокації (успадкоується за типом повного домінування (ПД) та наддомінування (СД) низького показника) за масою зерна з одного колоса та масою 1000 зерен. В комбінації Смуглянка / Польовик за ознакою «кількість зерна з колоса» спостерігається однаковий тип успадковування з домінуванням (НД, СД) низького значення ознаки.

Інший характер успадковування ознак спостерігався в групах рослин комбінації Золотоколоса / Дюк. У групі з ПЖТ ознаки успадковуються як з домінуванням (НД, СД) низького значення (маса та кількість зерна з 1 колоса, висота рослин), так і з домінуванням (НД*, СД*) високого значення (продуктивна кущистість, маса та кількість зерна з рослини, маса 1000 насінин). Група рослин без ПЖТ протилежно групі з ПЖТ 1AL/1RS характеризувалась низьким показником (НД, СД) домінування (продуктивна кущистість, маса та кількість зерна з рослини, маса 1000 насінин) та високим показником (НД*, СД*) домінування (маса та кількість зерна з 1 колоса, висота рослин).

Отримані дані при розрахунку трансгресивної мінливості показують часткове перевищення частоти трансгресивних рослин з ПЖТ у порівнянні з рослинами без транслокації (табл. 4). У комбінації Смуглянка / Дюк у групі з ПЖТ негативні трансгресії проявляються за ознаками «висота рослин» (–6,8 %) та «маса 1000 зерен» (–3,6 %). Більш стабільний прояв трансгресій у даній комбінації показала група рослин без транслокації 1AL/1RS, окрім показника «маса 1000 зерен», де трансгресія була низька — 0,1 %. У комбінації Смуглянка / Польовик позитивного впливу транслокації 1AL/1RS на трансгресивну мінливість не виявлено, окрім маси зерна з одного колоса. За цією ознакою перевищення частоти трансгресій — на 4,87 % у порівнянні з групою, де транслокація відсутня. Незначний вплив транслокації простежується в комбінації Золотоколоса / Польовик та більш суттєво в комбінації Ліра од. / Вихованка од., де група рослин з ПЖТ статистично значимо відрізняється за показником трансгресії від групи з відсутністю транслокації.

У комбінації Княгиня Ольга / Епоха од. обидві групи рослин знаходяться практично на одному рівні за всіма показниками трансгресивної мінливості, а в комбінації Золотоколоса / Дюк виявлена трансгресивна мінливість як позитивна, так і негативна, але чіткого впливу ПЖТ на ці показники не виявлено.

Отже, на основі вищенаведених даних можна стверджувати, що пшенично-житня транслокація 1AL/1RS у рослин F_2 не має чіткого однаково спрямованого ефекту на варіаційну та трансгресивну мінливість висоти рослин і елементів продуктивності. Ймовірно, різний характер статистичних даних варіаційного ряду та відмінності в частоті і ступені трансгресій, а також їхньої спрямованості у групах рослин з наявністю чи відсутністю транслокації, визначається особливістю комбінування цих ознак у конкретних гібридних комбінаціях, генетичних відмінностей батьківських форм, як і взаємодії «генотип — середовище». Крім того,

Таблиця 4

Ступінь та частота трансгресії елементів продуктивності у популяціях F_2 м'якої озимої пшениці

Група (кількість проанал. рослин, шт.)	Висота росл., см		Прод. кущ., шт.		Маса зерна з росл., г		Кіл-сть зерна з росл., шт.		Маса зерна з 1 кол., г		Кіл-сть зерна з 1 кол., шт.		Маса 1000 зерен, г	
	*Тс	**Тч	*Тс	**Тч	*Тс	**Тч	*Тс	**Тч	*Тс	**Тч	*Тс	**Тч	*Тс	**Тч
Смуглянка / Дюк														
ПЖТ 1АL/1RS (8)	-6,8	0	14,6	25	36,1	75	3,4	25	10,4	37,5	7,6	37,5	-3,6	0
1АL/1AS _{контроль} (15)	10,3	40	39,1	26,7	58,1	33,3	44,8	33,3	4,2	33,3	17	40	0,1	13,3
Смуглянка / Польовик														
ПЖТ 1АL/1RS (12)	13,3	41,7	0	16,7	14,1	16,7	-0,4	8,3	13,5	8,3	0,6	8,3	1,6	16,7
1АL/1AS _{контроль} (12)	7,91	50	19,4	16,7	50,9	25	33,2	16,7	8,73	16,7	-1,9	0	0,46	16,7
Золотоколоса / Дюк														
ПЖТ 1АL/1RS (14)	2,2	14,3	9,1	21,4	10,3	21,3	-7,4	0	-12	0	-8	0	0,5	7,1
1АL/1AS _{контроль} (10)	8,1	30	-12	0	-10	10	-13	10	4,22	20	10,8	20	0,74	10
Золотоколоса / Польовик														
ПЖТ 1АL/1RS (14)	6,3	28,6	22,7	21,4	57,1	35,7	49,7	28,6	14,3	21,4	8,5	21,4	-0,3	7,1
1АL/1AS _{контроль} (16)	7,4	31,3	13	18,8	44,9	25	38,1	18,8	-4,2	6,3	-2,8	0	-7,6	0
Княгиня Ольга / Епоха од.														
ПЖТ 1АL/1RS (14)	-5,7	0	18	35,7	58,5	28,6	55,9	42,9	10,6	14,3	8,9	14,3	6,6	21,3
1АL/1AS _{контроль} (17)	5,7	17,6	25	35,3	55,2	35,3	54,7	41,2	5,5	23,5	9,9	23,5	4	17,6
Ліра од. / Вихованка од.														
ПЖТ 1АL/1RS (12)	3,6	50	56,7	83,3	57,9	66,7	59,1	66,7	-3,8	8,3	1,4	8,3	-1,2	0
1АL/1AS _{контроль} (10)	8,5	70	14,1	60	10,8	60	10,1	50	-10	0	-3,8	10	-1,1	20

ПЖТ 1АL/1RS — пшенично-житня транслокація; 1АL/1AS_{контроль} — відсутність транслокації; *Тс — ступінь трансгресії; **Тч — частота трансгресії.

дослідження в ранньому поколінні не виключає наявності гетерозиготності рослин (невідомий стан інших ділянок хромосом, окрім ПЖТ 1AL/1RS) та можливої дії гетерозису, що свідчить про нестабільність ознак та велику варіаційну мінливість з різним проявом успадкування.

У наших дослідях ті ж самі комбінації в поколінні F_4 (посів у ділянках) на відносно константних лініях виявлено прямий вплив 1AL/1RS транслокації на урожайність в усіх комбінаціях (табл. 5). У комбінаціях Смуглянка / Дюк, Смуглянка / Польовик, Золотоколоса / Дюк та Княгиня Ольга / Епоха од. група ліній з ПЖТ достовірно перевищує групу ліній з відсутністю транслокації в межах однієї гібридної комбінації. Тільки на лініях із комбінації Золотоколоса / Польовик та Ліра од. / Вихованка од. не виявлено суттєвої різниці залежно від присутності чи відсутності у генотипах транслокацій.

Таблиця 5

Мінливість ліній F_4 за урожайністю залежно від наявності чи відсутності пшенично-житньої транслокації 1AL/1RS

Група (кількість ліній, шт.)	Урожайність, т/га	min-max, т/га	V, %	Трансгресія, %	
				Tc*	Tc**
Смуглянка/ Дюк					
ПЖТ 1AL/1RS (8)	7,36	6,58–8,25	7,66	-4,5	0
1AL/1AS _{контроль} (15)	6,52	5,5–7,3	8,04	-12,4	0
НІР _{0,05}	0,56				
Смуглянка/ Польовик					
ПЖТ 1AL/1RS (12)	7,66	7,14–8,33	4,25	-2,7	0
1AL/1AS _{контроль} (12)	7,32	6,81–7,5	3,20	-10,9	0
НІР _{0,05}	0,23				
Золотоколоса / Дюк					
ПЖТ 1AL/1RS (14)	7,68	6,69–8,47	6,42	7,8	58,3
1AL/1AS _{контроль} (10)	7,22	6,81–7,58	3,94	-2,6	0
НІР _{0,05}	0,39				
Золотоколоса / Польовик					
ПЖТ 1AL/1RS (14)	6,85	5,89–7-89	10	-,25	0
1AL/1AS _{контроль} (16)	6,68	5,83–7,36	7,52	-8,5	0
НІР _{0,05}	-				
Княгиня Ольга / Епоха од.					
ПЖТ 1AL/1RS (14)	7,54	6,67–8,39	6,51	9,3	58,3
1AL/1AS _{контроль} (17)	7,13	5,94–7,94	7,32	4	17,6
НІР _{0,05}	0,39				
Ліра од. / Вихованка од.					
ПЖТ 1AL/1RS (12)	7,52	6,67–8,47	8,66	10,1	33,3
1AL/1AS _{контроль} (10)	7,21	6,53–8,66	8,66	5,1	30
НІР _{0,05}	-				

ПЖТ 1AL/1RS — пшенично-житня транслокація; 1AL/1AS_{контроль} — відсутність транслокації; *Tc — ступінь трансгресії; **Tc — частота трансгресії.

Крім цього, розмах мінливості з урожайності (min–max) показує, що групи ліній з ПЖТ 1AL/1RS містять більш високопродуктивні генотипи на відміну від груп, що не мають транслокації. Ці результати досліджень підтверджують позитивну дію ПЖТ 1AL/1RS на формування урожайності при різних стресових умовах. Але цей вплив більшою мірою пов'язаний не із самою транслокацією окремо, а із вдалим поєднанням генів транслокації з іншими генами в конкретному генотипі. Тобто гени, локалізовані в транслокації 1AL/1RS, можуть підсилювати кумулятивний ефект зростання урожайності рекомбінантних ліній в гомозиготному стані. Не випадково в історії розвитку селекційної програми CIMMYT введення в генотип ярих короткостеблових сортів ярої пшениці визнано як окремий етап значного зростання урожайності пшениці [12].

Висновки

Виявлена ефективність добору генотипів пшениці м'якої озимої за пшенично-житньою транслокацією 1AL/1RS з застосуванням молекулярних маркерів на ранніх етапах селекційного процесу. Рівень успадкування ознак продуктивності і висоти рослин у популяціях F_2 залежить від гібридної комбінації. Характер варіаційної і трансгресивної мінливості визначається генетичними особливостями батьківських форм. Проте, ймовірно, під впливом гетерозисного стану рослин F_2 і умов вирощування, суттєвих відмінностей за рівнем успадкування та показником варіаційного ряду і трансгресивної мінливості між групами рослин з наявністю транслокації 1AL/1RS чи її відсутністю не виявлено. Водночас спостерігається позитивний вплив ПЖТ 1AL/1RS на урожайність на відносно константних лініях в поколінні F_4 і, ймовірно, за рахунок кумулятивного ефекту взаємодії генів, локалізованих в транслокації, з генами, які контролюють продуктивність в рекомбінантних лініях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Rabinovich S. V. Importance of wheat-rye translocations for breeding modern cultivars of *Triticum aestivum* L. // *Euphytica*. — 1998. — Vol. 100. — P. 323–340.
2. Lukaszewski, A. J.. Frequency of 1RS.1AL and 1RS.1BLtranslocations in United States wheats // *Crop Sci* 30. — 1990. — P. 1151–1153.
3. Meeteren, V. N., and R. G. Sears. Effects of 1AL/1RS wheat rye chromosome translocation on yield of wheat // *In Agron. Abstr. ASA, Madison, WI*. — 1991. — P. 119.
4. Селекційна цінність пшенично-житньої транслокації 1AL/1RS при створенні сортів озимої м'якої пшениці / В. А. Власенко, В. Т. Колючий, Н. О. Козуб, Т. О. Собко // *Наук.-техн. бюл. Миронівського ін-ту пшениці*. — К.: Аграрна наука, 2006. — Вип. 5. — С. 84–94.
5. Козуб Н. А., Созинов И. А., Колючий В. Т., Созинов А. А. Сорта мягкой пшеницы украинской селекции с ржаными 1BL/1RS и 1AL/1RS транслокациями // *Фактори експериментальної еволюції організмів: Зб. наук. пр. / Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М. І. Вавилова; За ред. М. В. Роїка*. — К.: Логос, 2006. — Т. 3. — С. 216–220.

6. Козуб Н. О., Созінов І. О., Колючий В. Т., Власенко В. А., Собко Т. О., Созінов О. О. Ідентифікація 1AL/1RS транслокації у сортів м'якої пшениці української селекції // Цитологія і генетика. — 2005. — № 4. — С. 20–24.
7. Сударчук Л. В., Чеботар С. В., Сиволап Ю. М. Виявлення та тестування присутності житньої транслокації в сучасних сортах м'якої пшениці // VI Міжнародна конференція «Геном рослин»: зб. наук. ст. — 2010. — С. 60.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — 5-е изд., доп. и перераб. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
9. Воскресенская Г. С., Шпот В. И. Трансгрессия признаков у гибридов BRASSIKA и методика количественного учета этого явления // Селекция и семеноводство. — 1967. — № 6. — С. 18–20.
10. Petr F. C., Frey K. J. Genotypic correlations, Dominance, and heritability of quantitative characters in oats // Crop Science. — 1966. — V. 6, № 3. — P. 259–262.
11. Mahmud I., Kramer H. H. Segregation for yield, height and maturity following a soybean cross // J. Agronomy. — 1951. — V. 43, № 12. — P. 605–609.
12. Rajaram S. Wheat germoplasm improvement: Historical perspectives, philosophy objectives, and mission // Wheat breeding at CIMMYT: commemorating 50 years of research in Mexico for global Wheat improvement — Caidad Obregon, Sonora — Mexico. — 1994. — P. 1–10.

Надійшла 25.12. 2013 р.

UDC 633.11.1:527.2:631.527:631.523

Lytvynenko M. A., Topal M. M. Collected scientific articles of PBGI-NCSCI (in Ukrainian). 2013. Issue 22 (62).

THE INFLUENCE OF THE TRANSLOCATION 1AL/1RS FOR PERFORMANCE ELEMENTS OF POPULATIONS F_2 AND LINES F_4 OF BREAD WINTER WHEAT

The efficiency of selection of genotypes of wheat-rye translocation 1AL/1RS was shown in the early stages of selection, using the molecular markers. The results of populations F_2 and lines F_4 analysis on the 1AL/1RS translocation effect on elements of productivity and yield were shown. It was established the effects of wheat-rye 1AL/1RS translocation of plants F_2 by the degree of phenotypical dominance, transgressive variability and the variability value of traits which determine the yield. There were found the positive impact of wheat-rye translocation 1AL/1RS on the yield of lines F_4 .

Tables — 5. Bibliography — 12.

УДК 633.11.1:527.2:631.527:631.523

Литвиненко Н. А., Топал Н. Н. Сборник научных трудов СГІ–НЦНС. 2013. Вып. 22 (62).

**ВЛИЯНИЕ ТРАНСЛОКАЦИЙ 1AL/1RS НА ЭЛЕМЕНТЫ
ПРОДУКТИВНОСТИ В ПОПУЛЯЦИЯХ F₂ И ЛИНИЯХ F₄ ПШЕНИЦЫ
МЯГКОЙ ОЗИМОЙ**

Показана эффективность отбора генотипов с пшенично-ржаной транслокацией 1AL/1RS на ранних этапах селекции с применением молекулярных маркеров. Приведены результаты анализа популяций F₂ и линий F₄ по влиянию транслокации 1AL/1RS на элементы продуктивности и урожайности. Установлены эффекты пшенично-ржаной транслокации 1AL/1RS у растений F₂ по степени фенотипического доминирования, трансгрессивной изменчивости и величине изменчивости признаков, определяющих урожайность. Выявлено положительное влияние пшенично-ржаной транслокаций 1AL/1RS на урожайность у растений F₄.

Таблицы — 5. Библиография — 12.

УДК 633.11«324»112.1:631.526.53.04:531.048

А. І. ПАЛАМАРЧУК, канд. с.-г. наук, зав. лаб.,
А. О. АЛБУЛ, канд. с.-г. наук, пров. наук. співр.,
В. В. КОЗЛОВ, канд. с.-г. наук, ст. наук. співр.,
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: a_palamarchuk@ukr.net

РЕАКЦІЯ СУЧАСНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ТВЕРДОЇ НА СТРОКИ СІВБИ ТА НОРМИ ВИСІВУ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

Досліджували сорти пшениці твердої озимої трьох строків сівби та різних норм висіву насіння. Виявлена залежність урожаю як від строків сівби і норм висіву, так і від погодних умов осені. Наведені показники якості зерна, зокрема білка, також у зв'язку зі строками сівби.

Ключові слова: пшениця тверда озима, сорти, строки сівби, норми висіву.

Вступ. Пшениця тверда озима є важливою продовольчою культурою України. З появою нових високоінтенсивних сортів цієї культури особливої актуальності набуває проблема покращення їхньої агротехніки. Головним завданням тут є встановлення оптимальної технології вирощування сортів, яка забезпечує найбільш повну реалізацію потенціальної врожайності та якості зерна. Серед агротехнічних прийомів, що істотно впливають на урожайність пшениці, має формування оптимальної густоти стояння рослин та дотримання строків сівби.

Мета роботи. З огляду на вищесказане ми поставили завдання на основі експериментальних досліджень, здійснених протягом 2006–2008 рр. в лабораторії селекції та насінництва озимої твердої пшениці СГІ, обґрунтувати агробіологічні аспекти доцільності застосування різних норм висіву та строків сівби пшениці твердої озимої. У дослідженнях багатьох вчених [1–3] зазначається, що в основу визначень оптимальних строків сівби має бути покладений ступінь розвитку рослин до моменту входження в зиму.

Методика досліджень. Дослідження з визначення оптимальних строків сівби і норм висіву насіння сортів пшениці твердої озимої проводили на полях Селекційно-генетичного інституту в 2006–2008 рр. Досліди закладали по чорному пару (південний важкосуглинистий чорнозем). В орному шарі вміст гумусу складав 4, азоту, що легко гідролізується, — 4 і рухомого фосфору — 8 %, обмінного калію 15 мг/100 г ґрунту. Насіння вносили сівалкою ССФК-7 25 вересня, 5 та 15 жовтня по 3, 4, 5 млн схожих зерен на гектар. Площа ділянки 10 м², повторність 4-кратна.

Реакцію на строки сівби та норми висіву вивчали у дослідях на сортах Таврида, Архіпелаг, Бурштин, Гардемарин, Лагуна, Перлина од., Пасат, Золоте руно, Партеніт, Лінкор, Леукурум 1317/00. Збирали врожай комбайном Сампо-130.

Результати досліджень. Реакція сортів на строки сівби в наших дослідях значною мірою залежала від ступеня розвитку рослин восени, який зумовлювали строки та сума опадів, а також температурний режим (рис. 1). Це чітко видно з рисунка 2, що зростання урожайності від раннього до пізнього строку в 2007 р. відповідало умовам вологи та температури повітря, що склалися в цьому році, і навпаки, рівень продуктивності у 2008 р. дещо зменшувався, коли умови були менш сприятливими. Урожайність раннього строку сівби 2007 р. зумовлювалась тим, що в 3-й декаді серпня мали 80 мм опадів, а у вересні ще 38 мм при температурі повітря 18°C.

Все це сприяло інтенсивному росту нових пагонів у рослин, хоч частина з них і відмирала, проте в кінцевому підсумку посів увійшов у зиму в задовільному стані.

У подальшому у весняно-літньому періоді вони відставали в рості, що значною мірою позначалося на врожаї.

Посіви пізніших строків завдяки запасам вологи, помірним опадам та нижчій температурі повітря розвивались поступово, увійшли в зиму у відмінному стані, навесні мали досить здоровий темно-зелений колір, більш інтенсивно, дружно відростали, розвивались краще, ніж ранні посіви, і дали вищий урожай.

Дефіцит опадів для посіву 15 жовтня 2008 р. зумовив запізнення сходів, а з часом температура знизилась до 4–6°C, і рослини увійшли в зиму нерозкущеними. Навесні були слабше розвинуті. Незважаючи на те, що в період формування зерна бракувало вологи, опади у фазу наливу (41 мм) поправили становище, отож врожай сортів досягав 40–50 ц/га, але був значно нижчий, ніж у посівів 25 вересня та 5 жовтня.

Різними науковими дослідями виявлено, що не всі сорти однаково реагують на строки сівби [4–6]. Деякі з них краще реалізували генетичний потенціал за певного, оптимального терміну сівби. У наших дослідях різниця в прибавці врожаю між посівами 5 та 15 жовтня за більш сприятливих умов 2007 р. у сортів напівкарликового типу Перлина одеська та Бурштин з низькою фотоперіодичною чутливістю складала всього 2,1–4,2 ц/га, тоді як у короткостеблого сорту Лагуна (з високою фотоперіодичною чутливістю) вона становила 8,5 ц/га.

Норма висіву насіння сприяла кращому використанню рослинами поживних речовин та ґрунтової вологи і значною мірою пов'язувалася з метеорологічними умовами та строками сівби. За нашими даними, у 2007 році, коли умови для кущення рослин були менш сприятливі (висівали 15 жовтня), кращою нормою висіву насіння була 5 млн зерен на 1 га, а при сівбі 5 жовтня — 4 млн. У 2008 році такі умови склалися при

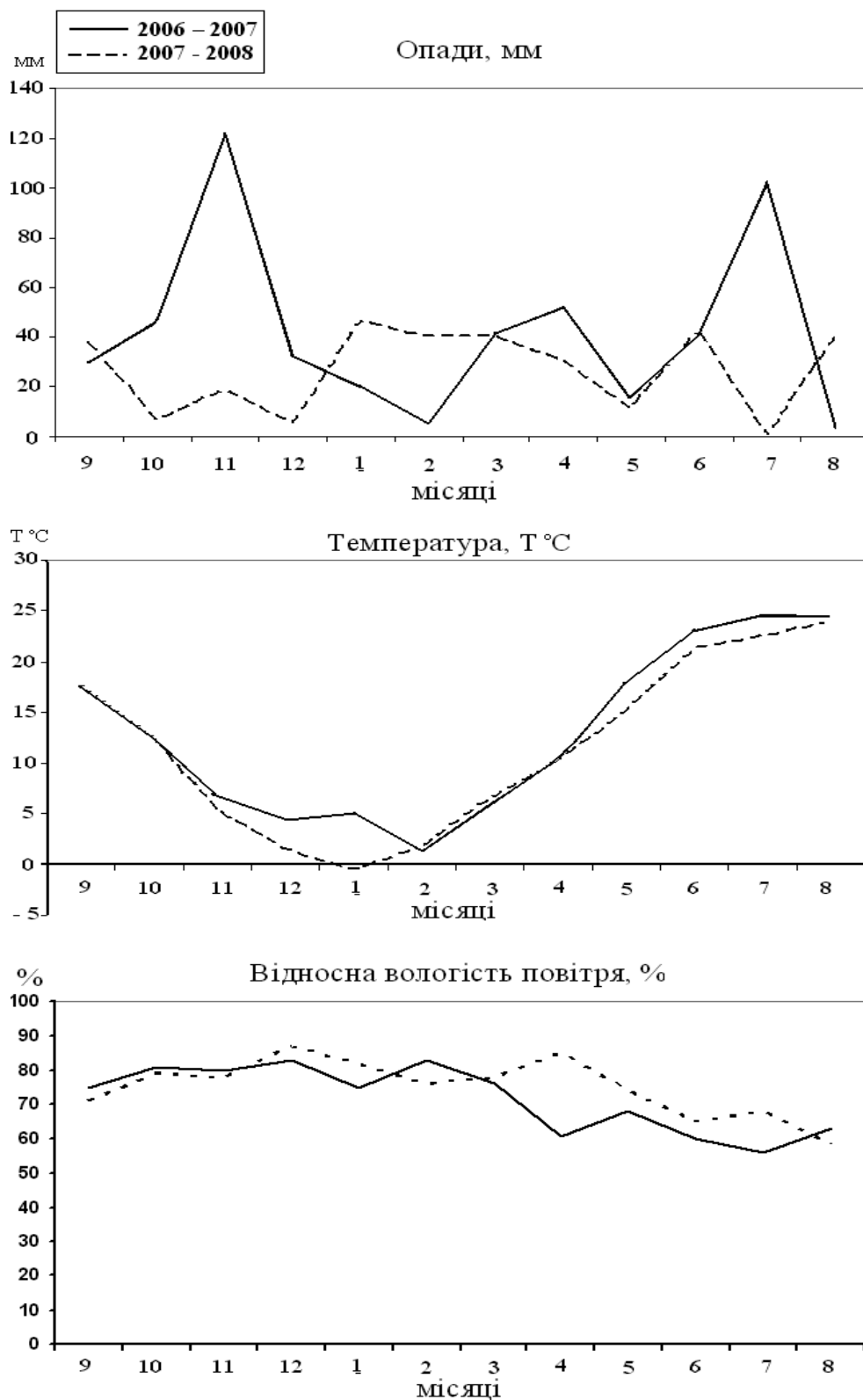
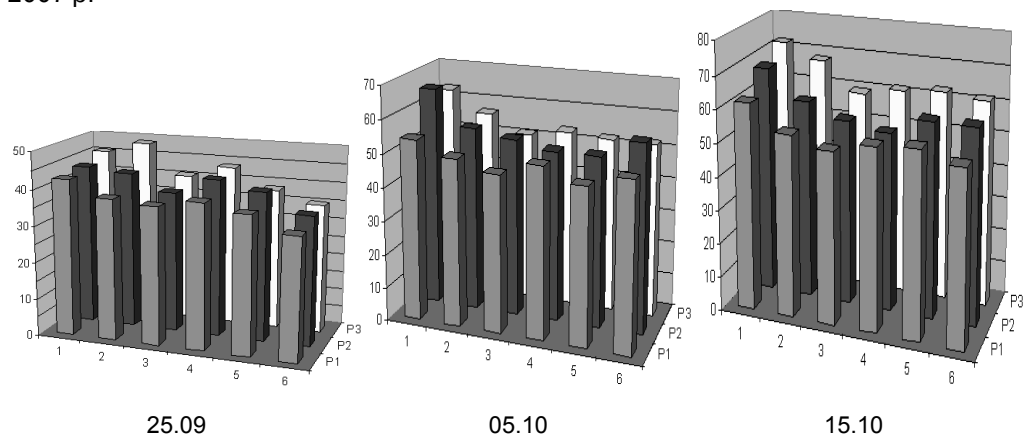


Рис.1. Метеорологічні умови за роки проведення досліджень

2007 р.



2008 р.

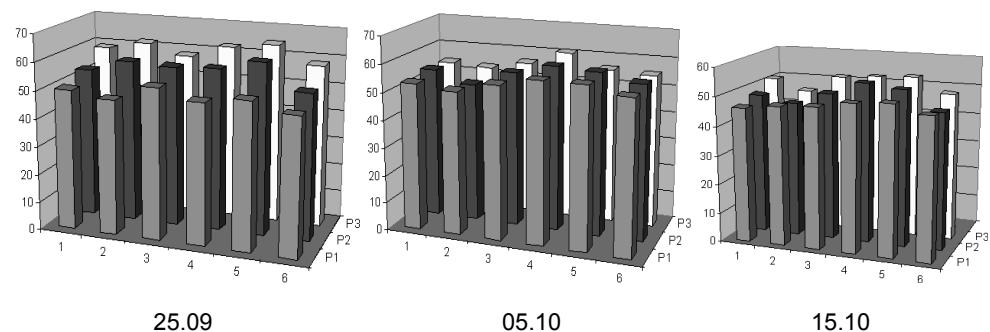


Рис. 2. Урожай зерна сортів пшениці твердої озимої в залежності від строків сівби та норм висіву, ц/га: 1 — Таврида, 2 — Архіпелаг, 3 — Бурштин, 4 — Гардемарин, 5 — Лагуна, 6 — Перлина одеська; P1 — 3 млн, P2 — 4 млн, P3 — 5 млн

сівбі 25 вересня, і врожай зростав із зростанням норми висіву від 3 до 5 млн зерен на 1 га. У ці роки різниця за врожаєм між низькою та високою нормами становила відповідно 7,4–13,9 та 8,5–13,5 ц/га.

За сприятливих умов кушення було інтенсивнішим при низьких нормах висіву, і урожай був практично однаковий, лише при нормі 4 млн зерен на 1 га спостерігалася тенденція до зростання врожаю. Такі результати були одержані з посівів 25 вересня 2007 року та 5 жовтня 2008 року.

Напівкарликові сорти, як відомо, мають дещо нижчу інтенсивність кушення, ніж короткостеблові. При пізньому посіві (15 жовтня) Перлина одеська і Таврида за продуктивністю між низькою і високою нормами мали різницю у 9,5–10,6 ц/га, тоді як короткостебловий сорт Лагуна — 7,4 ц/га. Відомо, що у сортів з меншою кущистістю продукти метаболізму восени переважно ідуть на ріст головного пагона, а не нових стебел [7]. Тому при необхідності їхню норму висіву слід дещо збільшувати, а сортів, здатних краще кушитись, можна зменшувати.

У сучасних умовах ринку особливої актуальності набуває проблема якості зерна. В наших досліджах цей показник залежав як від метеороло-

гічних умов, так і від строків сівби. Неприятливої осені 2006 року (рис. 3) рослини пшениці твердої озимої увійшли в зиму нерозкущеними, послабив їх стан також зимовий період, що значно позначилось на їхній продуктивності, особливо посівів пізніх строків сівби (рис. 4).

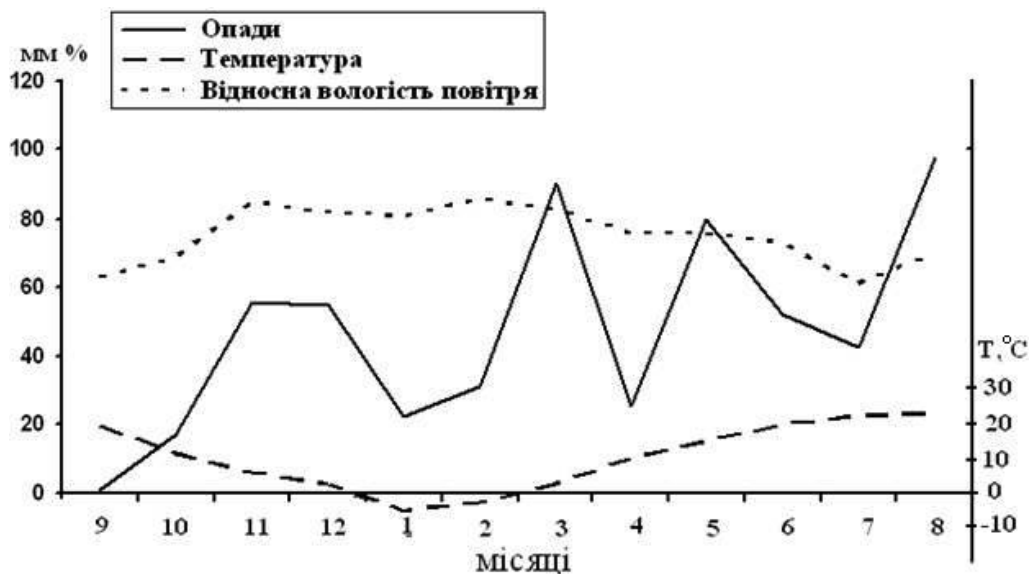


Рис. 3. Метеорологічні умови 2005/06 р.

Аналіз якостей зерна показав, що з відтермінуванням строків в сівбі від 25 вересня до 15 жовтня вміст білка у зерні досліджуваних сортів на всіх нормах висіву зростав. Незважаючи на те, що врожайність в 2007 р. при пізніх строках сівби була значно вищою, ніж при ранньому терміні, спостерігалось також зростання білка у зазначені строки.

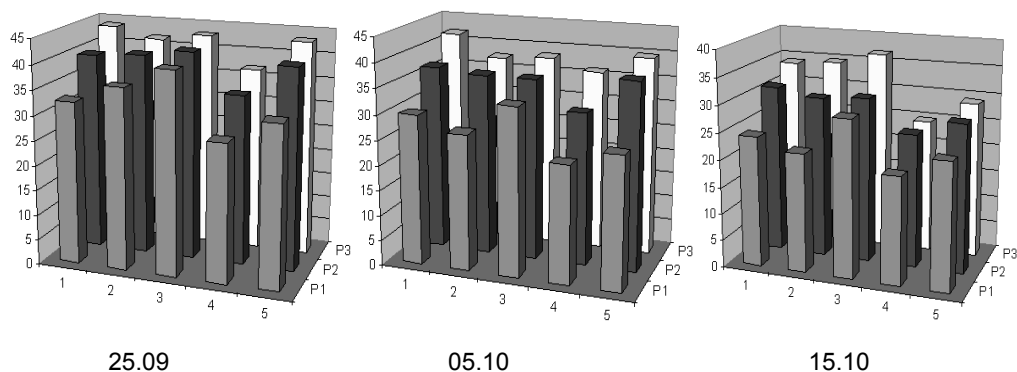
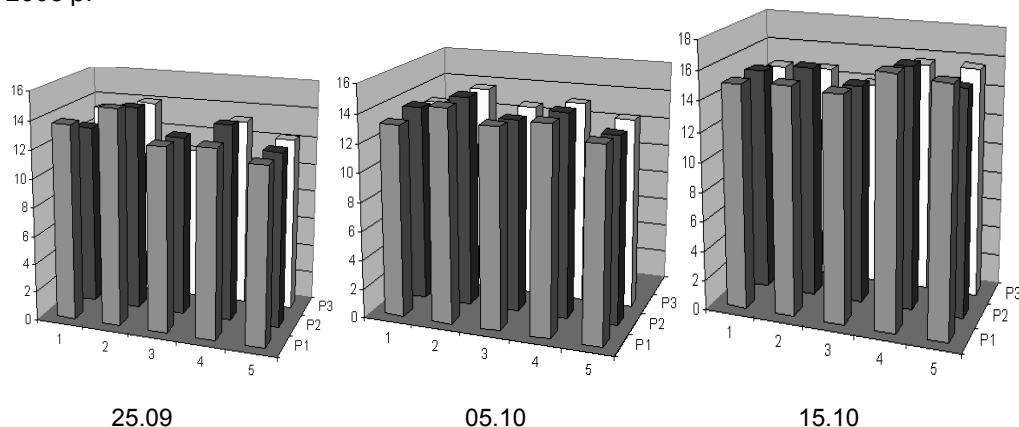


Рис. 4. Урожай зерна сортів пшениці твердої озимої залежно від строків сівби та норм висіву в 2006 році, ц/га: 1 — Пасат; 2 — Золоте Руно; 3 — Партеніт; 4 — Лінкор; 5 — Леукурум 1317 / 00; P1 — 3 млн, P2 — 4 млн, P3 — 5 млн

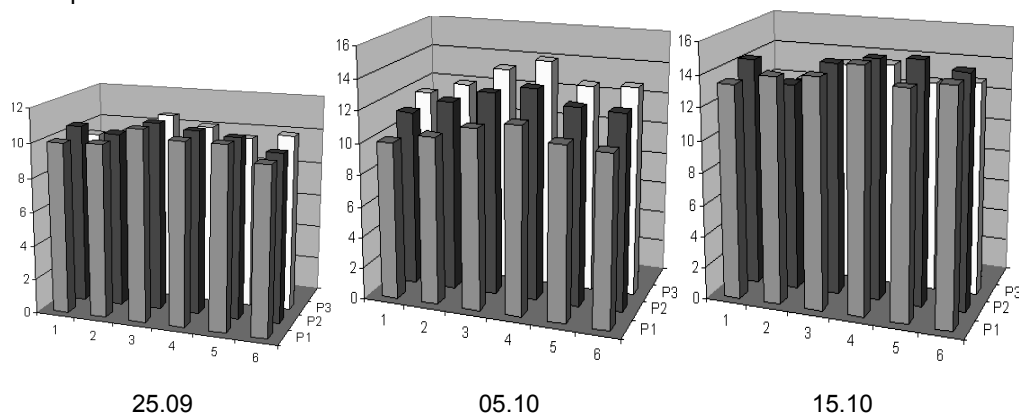
Відомо, що якість зерна значною мірою формується в період цвітіння та наливу зерна, коли одночасно з надходженням елементів живлення з ґрунту в рослини відбуваються процеси відтоку пластичних речовин з вегетативних органів до зерна [8].

2006 р.



1 — Пасат; 2 — Золоте Руно; 3 — Партеніт; 4 — Лінкор; 5 — Леукурум 1317 / 00;
P1 — 3 млн, P2 — 4 млн, P3 — 5 млн

2007 р.



1 — Таврида; 2 — Архіпелаг; 3 — Бурштин; 4 — Гардемарин; 5 — Лагуна; 6 —
Перлина одеська; P1 — 3 млн, P2 — 4 млн, P3 — 5 млн

Рис. 5. Вміст білка у сортів пшениці твердої озимої залежно від строку сівби та норми висіву, %

За нашими даними, в 2007 р. рослини пізніх строків сівби у весняний період та у фазі наливу зерна були більш розвинуті, їхня вегетативна маса була темно-зеленого кольору, яка містила багато поживних речовин і в першу чергу азоту. За рахунок реутилізації азоту з вегетативних органів рослин у зерні пізніх строків сівби накопичувалось більше азоту, в результаті вміст білка теж був вищим (рис. 5).

Чіткої різниці за вмістом білка залежно від густоти посіву як раннього, так і пізнього строків не виявлено.

Висновки.

1. Сівбу нових сортів пшениці твердої озимої можливо починати і у ранні допустимі строки після випадання дощу, а в суху осінь її необхідно відтягувати ближче до пізніх допустимих строків.

2. Сівба в пізніші строки від оптимальних за сприятливих умов знижує врожай меншою мірою, ніж ранні посіви.

3. В роки зі сприятливими умовами осені і весняно-літнього періоду можна одержувати великі врожаї з високим вмістом білка в зерні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лыфенко С. Ф. Полукарликовые сорта озимой пшеницы. — К.: Урожай, 1987. — 192 с.
2. Ремесло В. Н., Сайко В. Ф. Сортовая агротехника пшеницы. — К.: Урожай, 1981. — 198 с.
3. Носатовский А. И. Теоретическое обоснование оптимального срока посева озимой пшеницы // Доклады ВАСХНИЛ. — М.: Колос, 1946. — Вып. 11–12. — С. 17–20.
4. Гармашов В. Н., Сечняк Н. Л. Продуктивность сортов озимой пшеницы при разных сроках сева // Селекция и семеноводство. — К., 1980. — Вып. 45. — С. 44–50.
5. Аріфов М. Б., Аріфова Т. М., Лифенко С. П. Реакція сучасних сортів та перспективних ліній озимої м'якої пшениці на різні строки сівби // Збірник наукових праць СГІ– НАЦ НАІС. — Одеса, 2004. — Вип. 6 (46). — С. 45–54.
6. Уліч О. Л. Строки сівби нових сортів озимої пшениці // Збірник наукових праць СГІ. — Одеса, 1999. — Вип.1 (41). — С. 95–99.
7. Гармашов В. Н., Гармашов В. В. Сортовая агротехника — постоянно действующий резерв высокоэффективного производства зерна озимой пшеницы // Проблемы современного земледелия и животноводства и пути их решения: Научные труды Крымской государственной опытной станции. — К.: Норапринт, 1999. — Вып. 2. — С. 3-8.
8. Павлов А. Н. Повышение содержания белка в зерне. — М. : Наука, 1984. — 118 с.

Надійшла 13.11.2013 р.

UDC 633.11«324»112.1:631.526.53.04:531.048

Palamarchuk A. I., Albul A. O., Kozlov V. V. Collected scientific articles of PBGI-NCSCI (in Ukrainian). 2013. Issue 22 (62).

THE REACTION OF MODERN WINTER DURUM WHEAT VARIETIES TO THE *PLANTING DATES* AND SEEDING RATES IN THE SOUTH OF UKRAINE

Ukraine always was the country of the developed grain husbandry. In the southern steppe of Ukraine winter crops are of decisive importance in increasing grain production, and one of the leading crops is winter durum wheat.

In increasing this crop productivity and grain quality of first-priority significance are varieties. With releasing new varieties the topical problem becomes the improvement of their cropping practices.

Among *agronomic practices*, which substantially influence winter durum wheat productivity, *planting time* and seeding rate are of great importance. In this connection we set the task to specify agrobiological aspects of application of different *planting dates* and seeding rates of winter durum wheat on the basis of the *research* studies conducted in 2006–2008 at the Laboratory of winter durum wheat breeding and seed production of the Plant Breeding and Genetics Institute.

Having conducted the *research* studies we have found that the efficiency of application of different *planting dates* and seeding rates depended not only on climatic conditions during the plant vegetation, but also on a variety. Each variety has the optimum *planting date* on which its genetic potential is more fully realized.

It was found that under favorable conditions semi dwarf varieties with low photoperiod sensitivity Perlyna odes'ka and Burshtyn differed on yield increase between different *planting dates* by 0.21–0.42 t/ha whereas short-statured variety Laguna with high photoperiod sensitivity differed by 0.85 t/ha. Grain yield when different seeding rates were applied was influenced by the autumn meteorological conditions as well as *planting dates*. Along with increase in grain productivity of new durum wheat varieties quite topical is the problem of grain quality improvement. In our studies this index depended on the climatic conditions of the year and *planting dates*. The plants of late *planting dates* under favorable conditions during the spring period and at the grain filling stage were more developed, and their vegetative mass was dark green that indicated the sufficient content of nitrogen in the biomass. For the account of reutilization of nitrogen from vegetative parts of the plant into grain, the grain of late *planting dates* accumulated more nitrogen, and as a result the protein content in the grain was also higher. Thus, on basis of the obtained results it is possible to draw certain conclusions. Sowing of new winter durum wheat varieties can be done on early admissible dates after the rain fall; un-

der the favorable autumn conditions *planting dates can be* shifted closer to the late admissible dates. Sowing on later dates comparing with optimal ones under the favorable conditions reduced the grain yield to a lesser degree than sowing on early dates.

Figures — 5. Bibliography — 8.

УДК 633.11«324»112.1:631.526.53.04:531.048

Паламарчук А. И., Албул А. А., Козлов В. В. Сборник научных трудов СГІ–НЦНС. 2013. Вып. 22 (62).

РЕАКЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ НА СРОКИ ПОСЕВА И НОРМЫ ВЫСЕВА НА ЮГЕ УКРАИНЫ

Исследовали сорта пшеницы твердой озимой трех сроков посева и разных норм высева семян. Определена зависимость урожая как от сроков посева и норм высева, так и от погодных условий осени.

Приведены показатели качества зерна, в частности белка, также в связи со сроками посева.

Рисунки — 5. Библиография — 8.

UDC 633.16:631.527

Ye. K. KIRDOGLO, Ph. D. (Agriculture), Senior Researcher,
S. S. POLYSHCHUK, Junior Researcher,
PBGI–NCSCI, Odesa
e-mail: Kirdoglo@ukr.net

THE ROLE OF PRIMARY ROOT SYSTEM IN THE YIELD FORMATION OF MEDIUM TALL AND SEMI-DWARF VARIETIES OF SPRING BARLEY

In resistance to a soil drought in the early stages of seed germination the key role plays the primary root system: the number of seminal roots and their length, the length and the dry matter weight of the coleoptile. The stages and methods of development of six-row medium tall spring barley varieties Vakula and Helios, and semi-dwarf varieties Ros' and Halychanin have been described.

Key words: spring barley, seminal roots, coleoptile, semidwarfism, variety, yielding capacity.

Introduction. In the beginning of the last century in rural farms of the south of Ukraine over 50 % of barley grown area was occupied by multiple-row population varieties. The first breeding variety Pallidum 32 (originators: A. A. Sapegin and D. I. Baranskiy) was developed at the Ukrainian Plant Breeding and Genetics Institute in 1931 by a repeated selection of the best genotypes from a local population variety, and it was six row variety. In 1940 the variety grown area was over 700000 hectares [1].

In the early thirties of the last century Prokofiy Fomich Garkavyi begun his research activity in Odessa at the Ukrainian Plant Breeding and Genetics Institute. He was the pupil of two outstanding scientists of the last century — Andrey Afanasievich Sapegin and Nikolay Ivanovich Vavilov. The stage of scientific plant breeding has begun. For the first time in Ukraine the method of hybridization with the use of ecologically distant genotypes was used. Various two row spring barley varieties and six row winter varieties intended for fodder, food and brewing use for the steppe and forest-steppe region were developed.

The barley varieties developed by «the barley father of Soviet Union» P. F. Garkavyi over almost the time of half a century gradually occupied the major barley grown areas in Ukraine. Those varieties were also widely grown over the borders of our country: in Moldova, in the North Caucasus, in the Volga region, in the Ural Mountains region, in Kazakhstan, Kyrgyzstan, in the Far East. Over that period of time the yield capacity of barley varieties was more than doubled [1].

After the Second World War the spring barley varieties in Ukraine and almost in all the regions of the former Soviet Union were two row (99,9 %), and winter varieties — six row [2].

In the early eighties of the last century at the Laboratory of Spring Barley Intensive Varieties Breeding of the All-Union Plant Breeding and Genetics Institute a number of six-row spring barley varieties of «a new type» [1,2]: Pallidum 90, Pallidum 76 and Muromets were developed and entered the State trials. The *originators of the varieties* believed that if a six-row ear was «fasten» to the modern two-row *varieties* of barley the problem of productivity would be solved. But it did not happen. Those *varieties* under favorable soil water availability conditions exceeded in yield the two-row *varieties* by 10–20 %, but under drought conditions their yield was almost three times lower than that of the two-row *varieties*. They almost did not tiller, had wide leaves, a small and unsmooth grain, rough awns which could not be separated from the grain during thrashing. In addition, they were affected by smut and other diseases. Soon, all those *varieties* were excluded from the State trials.

It is known that the root system plays the key role in resistance to a soil drought in the early stages of seed germination. Spring barley generates more seminal roots than winter barley. The seed of two-row varieties of a steppe ecology type in the course of germination generates a considerably higher number of seminal roots, the roots of the varieties function during all the vegetation, penetrate into soil up to 125 cm and form the nodal root system earlier than varieties of a forest-steppe ecology type [3–6].

The role of seminal roots in grain productivity of spring barley in due time was thoroughly studied by Prof. A. Ya. Trofimovskaya (VIR), Prof. P. V. Danil'chuk (PBGI), PhD (Agricultural Sciences) I. F. Loshak (Kazakhstan) [5–8].

The genotypes of two-row barley varieties of a steppe ecology type generate a more developed coleoptile than six-row barley varieties. Two-row barley varieties of Irano-Turkestan group with a developed coleoptile (7–9 cm and more) less reduce field germination under *adverse growing conditions* than six-row barley varieties having short coleoptiles (4–5 cm) [7].

Over the last 50 years the geneticists and breeders of the leading breeding centers of the world have achieved considerable success in barley breeding. For this period of time in many countries the yield capacity of barley increased by more than twice. It became possible due to stage-by-stage considerable plant height reduction (60–70 cm against 90–120 cm), resistance to lodging, resistance to diseases, and an increase in number of productive tillers and grain number in an ear. The modern European varieties are capable of producing *yields* at the level of 7.5–8.0 t/ha and more when intensive farming technologies with seeding rate of 2.0–2.2 million seeds/ha are used.

The majority of the Ukrainian spring barley varieties are still insufficiently resistant to lodging. In the Forest-Steppe and Polesie regions the varieties are higher (120–150 cm) than the West European varieties, therefore they cannot be grown using intensive farming technologies. However, the Ukrainian varieties

ies of a steppe ecology type generate a more developed root system and are more tolerant to heat.

The recessive semi-dwarf gene (*sdw*) was located on the chromosome 3HL, and the root system as a quantitative trait is a complex index. Therefore, we believe that development of semi-dwarf genotypes, even six-row barley, with plant height no more than 60 cm is a quite real task.

In the late seventies of the 20th century an outstanding Czech breeder F. Minarzhik has developed a dwarf genotype of spring two-row barley **He-2468** of 50 cm high with two dwarf genes. The dwarf genotype formed a long (26–28 grains), loose (unlike the Japanese dwarfs with a dense ear of var. *nanum* type), an upright ear, narrow leaves with vertical orientation. Due to the increased number of tillers the genotype generated 1200–1300 culms/m² (a personal communication, the *Hrubšice* Breeding Station, Czechoslovakia, 1979).

Material and methods. For improvement of spring six-row barley with negative traits the two-row heat resistant genotypes of a steppe ecology type developed at our institute which possessed resistance to smut, powdery mildew and other diseases were involved in hybridization. As a female component the breeding lines obtained from crosses [(c. i. 13664 x Donetskiiy 4) x Odesskiy 36] x Odesskiy 36 — Medicum 32/76, Medicum 20/76, Medicum 42/76 were used. Later (1983–1987), the latter were registered for growing in many regions of the USSR under the names **Pervenets** and **Vestnik**.

The breeding work began in 1976 and continued over 30 years. In crosses two-row and six-row genotypes were involved — donors of valuable traits; composite crosses, step-by-step crosses and selections of desirable genotypes were carried out.

The varieties of two-row and six-row barley were studied by the following traits: a number of seminal roots, their length and dry matter weight, coleoptile length. 100 plants of each variety were studied. The seeds were soaked in rolls and kept in the thermostat at the temperature of 10 °C during 10 days in darkness. The coleoptile ruptures just in ten days, and its length remains invariable. The results of this study are presented in the table and in the figures 1, 2, 3.

Gradually we managed to develop the genotypes of six-row spring barley which did not so essentially reduce the yield under the adverse growing conditions. The developed varieties (in the co-authorship) **Vakula** (Medicum 32/76 x Pallidum 129 x Athos x Pallidum 76) and **Helios** (Medicum 32/76 x Pallidum 129 x Athos) meant for *fodder* production form a large, quite smooth grain with a thin hull; they have almost smooth awns and are more resistant to the most prevailing diseases, but they are still insufficiently resistant to lodging and ear fragility.

From the cross (Odesskiy 82 x Donetskiiy 6) x He-2468 the first in Ukraine semi-dwarf two-row barley variety **Ros'** has been developed for the Forest-Steppe and Polesie regions. In 1991 at the Nemirov variety testing station of Vinnitsa region the variety yielded 9.67 t/ha (a record in Ukraine). The

variety was enrolled in the Register of Plant Varieties in 1993. In 2000 the grown area of the variety was already 115.3 thousand hectares. But soon **Ros'** was excluded from the Register because it was affected almost by all the diseases.

Table

Seminal roots and coleoptiles of some spring barley varieties

Variety	A number of seminal roots, units	The root length, cm	The weight of the roots, g	The coleoptile length, cm	1000-grain weight, g
Pallidum 90 (var. <i>pallidum</i>)	4,42 ± 0,14	4,76 ± 0,18	4,23	4,38 ± 0,18	48,7
Muromets (var. <i>pallidum</i>)	4,52 ± 0,16	4,82 ± 0,22	4,19	4,40 ± 0,20	48,6
Medicum 32/76 (var. <i>medicum</i>)	6,59 ± 0,20	6,86 ± 0,31	5,96	6,67 ± 0,23	49,4
Pervenets (var. <i>medicum</i>)	6,68 ± 0,19	6,80 ± 0,44	5,92	6,61 ± 0,25	49,5
Pallidum 107 (var. <i>pallidum</i>)	5,22 ± 0,21	5,02 ± 0,33	4,22	4,72 ± 0,27	48,6
Vakula (var. <i>pallidum</i>)	5,57 ± 0,29	6,42 ± 0,24	5,66	6,38 ± 0,34	49,4
Helios (var. <i>rikotense</i>)	5,52 ± 0,18	6,48 ± 0,18	5,62	6,29 ± 0,16	49,6
Ros' (var. <i>nutans</i>)	5,42 ± 0,21	6,26 ± 0,30	5,89	6,48 ± 0,18	49,7
Halychanyn (var. <i>pallidum</i>)	5,28 ± 0,26	6,54 ± 0,23	5,64	6,58 ± 0,21	48,9
HCP ₀₅	0,60	0,67	0,61	0,78	0,35

The breeding work continued. In hybridization two-row and six-row genotypes were involved, composite crosses and selections of desirable genotypes were carried out.

The first several six-row breeding lines of a dwarf type (50–60 cm against 85–90 for conventional varieties) were obtained from the cross Pallidum 107 x Ros'. (Control nursery, 5 m², 1995). But under drought conditions of the south of Ukraine those lines demonstrated more considerable incomplete seed set in the ear (from 30 to 70 %) than the tall genotypes. Some more years was needed — selections of desirable genotypes by the pedigree method for the following characteristics: normal viable pollen, a number of seminal roots, resistance to root rots and others traits. In 2002 the crosses were made again: Vakula x 91–67–2 (a semi-dwarf genotype), Helios x 91–67–2, 91–67–2 x Vakula, 91–67–2 x Helios. In 2007 in the control nursery around a hundred lines of a semi-dwarf type were studied. The best of them — 02–130–01, 02–130–09, 02–131–3, 02–131–5, 02–131–10, 02–131–13 — formed a large ear resistant to fragility, had good tillering capacity, were resistant to diseases, and the most important thing was that they formed normal viable pollen, and their yield was higher than the yield of Vakula and Helios (110–126 %).

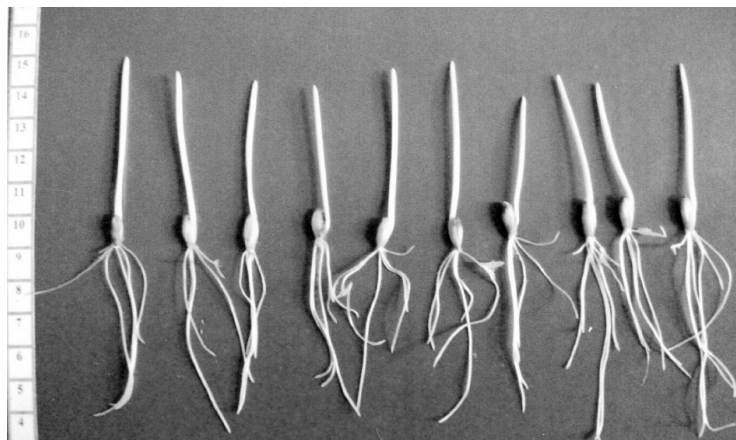


Fig. 1. Variety Muromets kept during 10 days in the thermostat at the temperature of 10°C in darkness

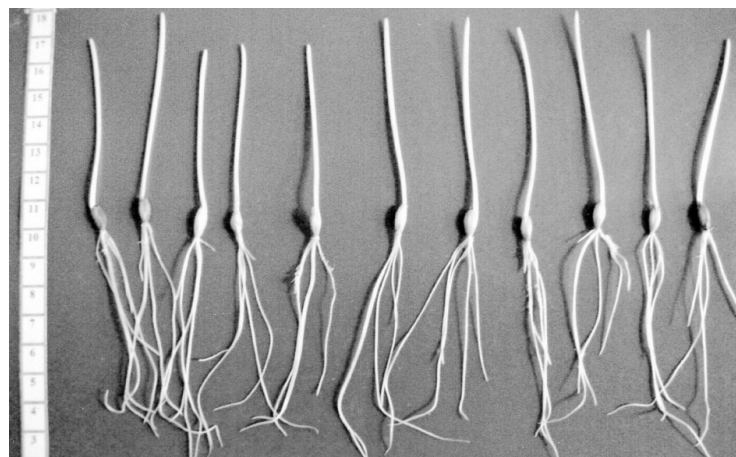


Fig. 2. Variety Pervenets kept 10 days in the thermostat at the temperature of 10°C in darkness

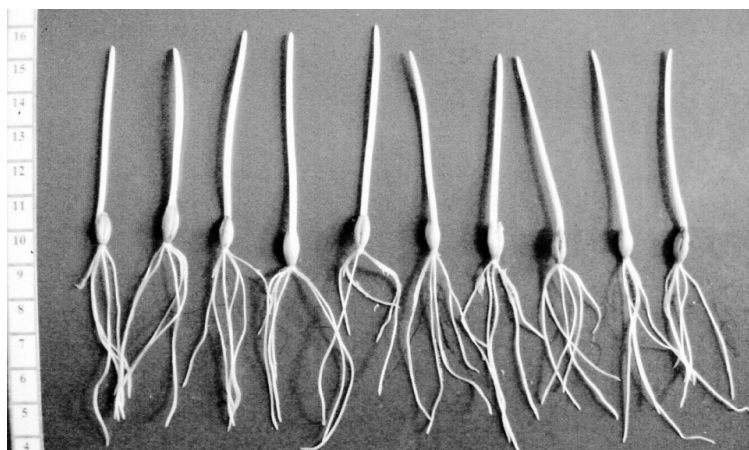


Fig. 3. Variety Halychany kept 10 days in the thermostat at the temperature of 10°C in darkness

In 2009 in the adaptation trial at the Khmelnytskyi Institute of *Industrial Agriculture* Production (Head of the Seed Production Department — V. V. Stepanchuk) when conventional farming practice was used the breeding line 02–131–5 yielded 6.83 t/ha and surpassed variety Helios by 40 % (!), and in dry year 2010 with the yield of 4.51 t/ha surpassed it by 30.2 %.

In 2010 the first in Ukraine six-row barley variety of semi-dwarf type developed for the Northern and Northwest regions of Ukraine under the name of Halychanyn was transferred to the State trials and since 2014 it will be registered in the State Register of Plants of Ukraine. In 2011–2013 in the Forest-Steppe and Polesie regions under dry conditions Halychanyn considerably surpassed in productivity other varieties. Halychanyn generates a developed root system and a developed coleoptile (table, fig. 4). It is a mid-ripening variety which has a long ear (50–70 grains) resistant to fragility, forms quite a large grain with thin hull. According to the Ukrainian Institute of Plant Varieties Examination Halychanyn is of brewing orientation. It is resistant to lodging and to the most prevailing diseases.



Fig. 4. Variety Halychanyn in dry year (PBGI, 2010)

We hope that Halychanyn growing by intensive farming technologies will find its place in the agricultural industry.

Discussion of the results. Our long-term studies of the entries of VIR barley world collection have revealed the following : by number of seminal roots the entries from Turkey, Afghanistan and Ethiopia k-6823, k-6927, k-6940, k-8946, k-8682, k-8855, k-8686, k-8692, k-8695, Jet (k-18703) significantly differ from our varieties.

The most number of seminal roots had the line SL-6823 (*var. nutans*) — 6–7 roots per plant against 4–5 in conventional varieties.

By the way, in 1985 in the entry SL-6823 the new gene **Un12** of complex resistance to smut was identified [10]. With the involvement of SL-6823 the

varieties **Prestyzh** (1995), **Het'man** (2001), **Khadgibey** (2004, Russia), **Ko-mandor** (2007), **Sviatohor** (2010), **Voevoda** (2012) were developed.

Unfortunately, in Ukraine almost nobody is engaged in the studies on the role of seminal roots and coleoptile length in barley breeding.

The authors express their gratitude to the research workers, engineers and laboratory assistants of the institute who assisted in carrying out this work: Petkova O. S, Garkavyi O. P, Perekhrest V. A, Kholodovskaya O. M, Feoktistov P. A, Pomond S. A. and others.

BIBLIOGRAPHY

1. Garkavyi P. F. etc. The breeding of six row spring barley with high resistance to lodging for intensive farming // Collected scientific articles of All Union PBGI «Genetics, breeding and seed production of field crops». — Odessa, 1976. — Issue XIII, 3–9, (in Russian).
2. Garkavyi P. F. Barley under intensive farming // Collected scientific articles of All Union PBGI. — Odessa, 1982, 5–9, (in Russian).
3. Linchevskiy A. A., Goncharuk N. A. The problems and results of six-row spring barley breeding under the intensive farming conditions // Collected scientific articles of All Union PBGI. — Odessa, 1982, 44–51, (in Russian).
4. Linchevskiy A. A., Goncharuk N. A. The morphological and biological features of six row and two row spring barley varieties under drought conditions // Collected scientific articles of All Union PBGI., 1983, 4 (50), 19–27, (in Russian).
5. Trofimovskaya A. Y. Barley (evolution, classification, breeding). — Leningrad: Kolos, 1972, 294 pages, (in Russian).
6. Danilchuk P. V. The features of root development in the major grain crops in relation to their productivity under the southern Ukraine conditions // Thesis, Dr. of Agricultural Sciences. — L.: VIR, 1975, (in Russian).
7. Loshak I., Logachev N. On some features and perspectives of breeding in the arid region of the northern Kazakhstan // Herald of Agricultural Science (Alma-Ata), 1967, № 2, 12–17, (in Russian).
8. Loshak I. F., Oleinik A. A. The role of the root types in determining spring barley yield // Proceedings of Northwest Agricultural Research Institute. — Leningrad, 1976, 27, 108–113, (in Russian).
9. Urinbaev T. Kh. The study of the barley initial lines for breeding for productivity and resistance to environmental stresses in Uzbekistan // Thesis, PhD (Agricultural Sciences). — Gallyaaral, 1979, (in Russian).
10. Kirdoglo E. K. Breeding and genetic studies on barley resistance to the most widespread diseases in Ukraine // Collected scientific articles of PBGI — NCSCI (in Ukrainian), Odessa, 2008, 12 (52), 58–75, (in Ukrainian).

Article received 07.12.2013.

УДК 633.16:631.527

Кірдогло Є. К., Поліщук С. С. Збірник наукових праць СГІ–НЦНС. 2013. Вип. 22 (62).

РОЛЬ ПЕРВИННОЇ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ У ФОРМУВАННІ УРОЖАЮ СЕРЕДНЬОРОСЛИХ І НАПІВКАРЛИКОВИХ СОРТІВ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ

У стійкості до ґрунтової посухи на ранніх етапах проростання зерна ключову роль відіграє первинна коренева система: кількість зародкових корінців, їхня довжина, маса сухої речовини корінців, а також довжина колеоптиля. Описані етапи і методи створення середньорослих сортів шестирядного ячменю Вакула і Геліос та напівкарликових Рось і Галичанин.

Таблиця — 1. Рисунки — 4. Бібліографія — 10.

УДК 633.16:631.527

Кирдогло Е. К., Полищук С. С. Сборник научных трудов СГІ–НЦНС. 2013. Вып. 22 (62).

РОЛЬ ПЕРВИЧНОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЯ СРЕДНЕРОСЛЫХ И ПОЛУКАРЛИКОВЫХ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

В устойчивости к почвенной засухе на ранних этапах прорастания зерна ключевую роль играет первичная корневая система: количество зародышевых корешков, длина, масса сухого вещества и длина колеоптиля. Описаны этапы и методы создания среднерослых сортов шестирядного ячменя Вакула и Гелиос и полуккарликовых сортов Рось и Галичанин.

Таблиця — 1. Рисунки — 4. Библиография — 10.

UDC 632.4:633.16:632.938

Ye. K. KIRDOGLO, Ph. D. (Agriculture), Senior Researcher,
PBGI–NCSCI, Odesa
e-mail: Kirdoglo@ukr.net

SPRING BARLEY RESISTANCE TO THE MOST WIDESPREAD DISEASES IN UKRAINE: BREEDING AND GENETICS ASPECTS

*To the memory of my teacher, an outstanding breeder
and an academician, Procopiy Fomich GARKAVYI
is devoted*

The problems of barley breeding for resistance to the most widespread diseases in Ukraine are discussed. The results of long-term studies on harmfulness of some diseases, genetics of resistance, the characterization of effective donors, the breeding methods and the results of developing the varieties with complex resistance to the diseases have been discussed.

Key words: smut diseases, powdery mildew, barley stripe, net blotch, brown rust virus, scald, barley yellow dwarf virus, yellow mosaic virus, harmfulness, genetics of resistance, plant breeding, grain quality.

Introduction. The spring barley varieties developed at the Plant Breeding and Genetics Institute (PBGI) are grown almost on 70 % of the area under this crop in Ukraine and Moldova, and about on 14 % in the Russian Federation. The major stability factor of barley grain production is the resistance of commercial varieties to pathogens of infectious diseases; therefore development of such varieties is traditionally the main objective of our breeding work. The old varieties developed at the institute between the thirties and the seventies of the last century were affected by smut, powdery mildew, rust, barley stripe and net blotch, but the varieties developed over the last 40 years are characterized by a genetically controllable resistance to the diseases. The varieties are resistant to lodging, more responsive to fertilizers; under the conditions of insufficient moisture supply in the south of Ukraine they better than other varieties realize high indexes of the potential yield and the quality of grain meant for forage and brewing beer.

Such results were reached by a purposeful systematic breeding work in the following directions: the study of specific and racial structure of the disease pathogens and their harmfulness; the creation of the infectious backgrounds and developing methods of artificial inoculation; the study of the genetics of the resistance as well as searching and developing reliable donors of resistance, development of special breeding methods.

History and the present. Since the early thirties of the last century Prokofiy Fomich Garkavyi begun his research activity in Odessa at the Ukrainian Plant Breeding and Genetics Institute. He was the pupil of two outstanding scientists of the last century — Andrey Afanasievich Sapegin and Nikolay Ivanovich Vavilov. The stage of scientific plant breeding has begun. For the first time in Ukraine the method of hybridization with the use of ecologically distant genotypes was used. At the same institute A. A. Sapegin for the first time in the world developed and began to apply the method of «variety repairing» [1]. Later on American scientists Harlan H. V. and Pope M. N. called it the method of backcrosses [2]. Such kind of research was offered by A. A. Sapegin to a young scientist P. F. Garkavyi in the preparation of his thesis. At the same time the *radiation-induced mutagenesis* began to be used, the important genetic studies on *growth habit*, resistance of plants to covered smut etc. were carried out. Various varieties of spring and winter barley meant for fodder, food and brewing for steppe and forest-steppe regions were developed.

The barley varieties developed by «the barley father of Soviet Union» P. F. Garkavyi over almost the time of half a century gradually occupied the major barley grown areas in Ukraine. Those varieties were also widely grown over the borders of our country: in Moldova, in the North Caucasus, in the Volga region, in the Ural Mountains region, in Kazakhstan, Kyrgyzstan, in the Far East. Over that period of time the yield capacity of barley varieties was more than doubled [3].

The smut diseases were considered as the most widespread and harmful among infectious diseases of cereal crops. To the middle of 19th century scientists considered smut fungi as the diseases of «degeneration» and called them «plague» [4–6]. In the beginning of the last century (1900–1914) in Russia only direct losses of grain from smut diseases were annually of 5682 thousand tons [7].

Thermal disinfection of seeds, sowing of cereal crops in early winter time and other practices were ineffective. Since the beginning of the 60's of the last century chemicals began to be applied. The most popular was Granosan, organic mercury-based preparation that was extremely toxic for people and animals.

In the 70's of the last century despite carrying out large-scale actions on chemical disinfection of seeds only direct losses of barley grain yield from loose smut were on the average of 14 % [8].

Currently, the chemical industry offers a variety of new, already «moderately toxic» preparations: Vitavax 200FF, Maxim Star, Vega, StyraX, Tebuzan Ultra and others.

The modern paleomycologists are of opinion that the pathogenic fungi including the smut ones which belong to the order of Ustilaginales appeared on the Earth 200–250 million years ago [9–11]. By the end of the 19th century in all the classifications the smut fungi were united under the name *Ustilago carbo Tul.* [12,13]. Later on A. Brefelda and N. I. Vavilov assumed that the

smut fungi are *highly specialized species* [13, 14]. The mycologists numbered about 900 species of smut fungi in the nature [7], but later on the assumption was disproved [15].

Material and methods. In Ukraine three species of barley smut diseases are spreaded: loose smut — *Ustilago nuda* (Jens.) Kell. et Sw., covered smut — *Ustilago hordei* (Pers.) Kell. et Sw., and false loose smut — *Ustilago nigra* (Tapke). The most widespread was considered loose smut.

The study of loose smut harmfulness which we carried out in the Steppe (Odessa, PBGI) and Forest-Steppe region (the experimental farm «Novoselovskoe» in Kotovsk district of Odessa region) revealed that the yield shortfall was due to the direct as well as the hidden losses. The hidden losses of two row barley varieties were 5–6 times more than direct ones, and six row varieties having maximum level of the direct losses of 3,2 % had the actual decrease in yield of 30 % and more comparing with the check variety. According to our observation such a high level of the hidden losses was caused by several factors: an increase in the rate of small seeds, a decrease in the field germination and tillring, a partial death of the plants during the growing season, a serious affect by some diseases [16].

An extensive study of a species and racial composition of the smut diseases began for the first time at the All-Union Research *Institute* of Plant Industry (VIR) in the beginning of 1960's by Prof. V. I. Krivchenko. Using the empirical testing sets the species and racial composition as well as the area of distribution of the smut diseases were determined; the methods of artificial inoculation were improved, the world collection was evaluated using an artificial inoculation; some entries resistant to smut were recommended to use in breeding [17].

A characteristic feature of biological reproduction of the smut fungi is their intraspecific and interspecific hybridization. Each new generation of the fungi is a complex heterogeneous population. As some species and physiological races of the smut fungi often parasitize in the tissue of the same plant the probability of the contact between them increases significantly, and therefore it plays a crucial role in the processes of race formation. It was proved that the virulence genes of the smut fungi hybrids were often identical and were inherited independently of other traits. It was assumed that false loose smut, which was described by V. E. Tapke in Canada in 1932, was the product of hybridization between loose and covered smut [15, 18–21].

False loose smut of barley is the pathogen with a dust-forming sorus therefore it is often confused with loose smut. In the stage of barley flowering the spores of the fungi fall on the ovary of the flower and then penetrates through the hull. The spores remain viable on the grain surface and even in the soil within 3–5 years. During this time a diploid parasitic mycelium is formed. This species considerably progresses and occurs in the populations of «dust-forming smut» in many regions of Ukraine, the Central Russia, Siberia and Kazakhstan [15, 21, 23–25].

According to our observations false loose smut on winter barley in Ukraine practically was completely replaced in the fungi population by covered and loose smut [20]. False loose smut affects 35 species of cultivated plants [15, 23]. In our studies (1981–1990) when 25 the most widespread barley varieties in Ukraine and Russia were inoculated with different smuts it was found that under the identical infectious load the infection rate of false loose smut was much higher than that of loose or covered smut [26].

Taking into account afore-mentioned as well as a high energy of reproduction and the migration ways of smut pathogens, it is necessary to acknowledge that a strategic direction of breeding for resistance to the smut diseases should be a complex resistance to all three smut species [27, 28].

The evaluation of the world collection of VIR revealed that the most number of entries resistant to the smut fungi was found among the local varieties from Ethiopia [17]. More detailed studies revealed that their resistance as a result of the associated evolution of a host plant and the pathogen is race specific and is inherited polygenically. Therefore, their use in the breeding program is quite problematic. In order to overcome the low productivity of the genotypes involved in the hybridization backcrosses and composite crosses should be used. But in this case there is always a jeopardy that the complex heterogeneous system of resistance will be «disintegrated» in the hybrid progeny into some weak genes and the resistance will be lost.

The universal representative of this group is a local variety from Ethiopia — Jet (k-18703, c. i. 967) which was introduced to Canada from the world collection of VIR in the early 1930's. In the beginning, in this variety one dominant gene of resistance designated as Un6 was identified. Later on, almost in 10 years, in the variety Jet one more gene — Un3 was revealed, and then some more genes of resistance to loose and covered smut were identified. D. L. Mumford and D. C. Rasmusson found out at Jet variety the reaction of «supersensitivity» that meant the following: when the first sprout with fungusmycelium in an apical cone perished completely from the node tillering a new tillers ratoon, however without parasitic mycelium [29].

Soon in Canada the first commercial varieties with resistance to loose smut were developed: Keystone (Un6), Paragon, Befarb, Kitchin, Bonanza, Conquest, Trent (Un3, Un6). Some similar varieties were also developed in the Western Europe: Harar (Italy), Djeddah, Emir (Netherlands), Edelmut (Germany) [30, 31].

The intensive searches of new sources of the resistance genes did not give positive results over many years. The resistance in the examined entries of the collection was identical to Jet variety or it was characterized by a weak immunological effect. Over 30 years the only donor of resistance was the barley variety Jet. Only in the end of 1960s in Canada in the entry of winter barley introduced from the Northern Caucasus (it was probably the variety Krasno-

darskiy 2929), a dominant gene was identified which suppressed the infection of all loose smut races in America. At first, this entry was named «Russian», and later on «Milton». The gene was designated as Un8 [32].

The analysis of references and our own results of the long-term study of an array of resistant genotypes (tabl.) enabled us to draw the following conclusions:

- the racial composition of smut fungi in different regions is not identical; a considerable quantity of the identified genes of resistance appeared to be not effective to a «local» smut in Ukraine;

- the resistance of the variety Jet to the populations of different smut species is controlled by the complex polygene system. The resistance to «local» loose, false loose and covered smuts, unlike the Canadian species, is inherited conjointly;

- the resistance of c. i.13664 (the spring genotype, a derivative of the variety Milton) to all the smut species is controlled by one independent dominant gene Un8;

- the linkage of the identified genes with any marker morphological traits was not found, except Un1 gene on chromosome 7HS of the variety Trebi [33] and Un8 gene on chromosome 1HL of the variety Milton [29]. The chromosomal localization of other genes remains still unclear;

- the resistance reaction of the entries from the VIR collection, namely k-3282, k-8682, k-8855, k-8686, k-8692, k-8695, k-8709, k-8710, k-8721, k-8731, k-8761, k-20141, is identical to the reaction of the variety Jet. These entries cannot be considered as donors of new genes of resistance, but undoubtedly they need to be examined [25, 26, 30–32];

- we identified some new genes of resistance in the entries k-8728 (Ethiopia) and l-6823 (Turkey).

Testing these sources in other regions of Russia (some European locations, Siberia) confirmed the results of our studies. Prof. V. I. Krivchenko recognized these entries as the donors which are of «extremely high immunologic type». The lysis of mycelium begins already in an embryo stage, in the first stage of pathogenesis. The new dominant genes are not allelic to the gene Un8, and are inherited independently. These genes were designated as Un11 and Un12 [17, 31].

The use in plant breeding the resistance of embryonic type has big prospects because it is beyond the theory of «associated evolution». In this case we probably deal with a product of «divergent evolution». Such resistance is race specific and monogenically inherited; it is simply controlled, and that allows using in breeding backcrosses and composite crosses. The varieties developed with involvement of Un8 and Un12 genes keep resistance to the smut diseases over 40 years.

In the breeding program, which we began in 1972 under the guidance of P. F. Garkavyi, the variety Jet and the entry c. i. 13664 were used as donors of the resistance.

Table

The efficiency of barley resistance genes to loose smut (PBGI, 1974–1987)

Source of resistance genes	Author	Gene symbol	Susceptibility level and reaction type on artificial inoculation, %	
			Plants	Germes
Trebi	Livingston J. E., 1942	Un1	S до 80	60–70
Missuri	Livingston J. E., 1942	Un2	S до 80	50–70
Ogalitsu	Schaller C. W., 1949	Un3	R(S) 0–40*	20–50
Dorsset	Schaller C. W., 1949	Un4	S до 100	50–60
X173–10–5–6–1	Schaller C. W., 1949	Un5	S до 70	40–50
Keystone	Scoropad W. P., Johnson L. P., 1952	Un6	R(S) 0–30*	30–40
Conquest	Moseman J. G., Metcalf D. R., 1969	Un3, Un6	R	30–50
Anoidium	Andrevs J. E., 1956	un7	S до 90	80–90
c. i. 13664	Metcalf D. R., 1966	Un8	R	0
OAC-21–1	Kozera W., 1979	Un9	S до 70	50–60
OAC-21–2	Kozera W., 1979	Un10	S до 70	50–60
L-8728 (nutans)	Garkavyi P. F., Kirdoglo E. K., 1980	Un11	R(M) 0–10*	0–10
L-6823 (nutans)	Garkavyi P. F., Kirdoglo E. K., 1985	Un12	R	0

A note: R — absolute resistance, M — incomplete resistance, S-susceptibility.

* The degree of infestation changes depending on the race of the fungus.

Due to the fact that these primitive genotypes was characterized by low grain productivity and other negative traits to develop the breeding material resistant to smut and possessing a complex of other economically valuable traits using simple crosses was impossible. Therefore, we developed the method of discontinuous backcrosses [27, 28].

We controlled the transfer of the resistance genes in the hybrid progeny after each cycle of crosses by inoculation the seeds of F₂ generation with the suspension of false loose smut spores and F₂ plants with loose smut spores during flowering using the vacuum method. The discontinuous backcross allowed to obtain the desirable results. Within F₂ plants a selection on morphological (approbation) traits of the recurrent variety was made; one ear from a plant was used for making a cross (backcross), and other two-three ears were inoculated by V. I. Krivchenko's methods. Then, by the resistance of F₃ «female» lines only those plants of F₁ BCⁿ were selected which were absolutely not affected by loose and false loose smut. Later on this method was approved and applied in other breeding institutions [17, 34].

For quite a short time (1972–1976) using a greenhouse (that allowed to grow up three generations per year) the analogues of varieties Yuzhnyi, Chernomoret, Odesskiy 36, Odesskiy 69, Odesskiy 70, Nutans 244 resistant to

smut were developed. In the sequel these lines were used as the secondary donors of the resistance. Simultaneously promising breeding lines with complex resistance to other diseases were developed.

Powdery mildew (*Erysiphegraminis* f.sp. *hordei* = *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*). It is widespread and quite harmful disease. In the regions with sufficient moisture supply the yield losses can reach 30 % and more. In the Western Europe, with more wet climate than in the Steppe region of Ukraine, powdery mildew is the most harmful disease of this crop. If the affection of the plants in the field by the disease reaches 20 % the plants should surely be treated with fungicide by spraying it on the plants.

In the European countries the big attention to the problem of barley resistance to powdery mildew has been paid over 100 years. The result of the first genetic experiments on the character of barley resistance to powdery mildew inheritance was published by F. Biffen in 1905 [35]. In many countries the study of the racial composition of the pathogen and identification of the resistance genes began. With the development of genetic research methods it became possible to ascertain their chromosomal localization. All this contributed to the development of resistant varieties.

The relationship between the host-plant and the pathogen are usually based on the race specific relations according to Harold Henry Flor *gene-for-gene theory* [36]. During the plant vegetation powdery mildew passes a few generations. The pathogen evolves much faster than new varieties are developed.

Therefore, the resistance of pure line varieties in 3–5 years often changed into considerable susceptibility of the varieties. If the distribution of varieties with identical genes of resistance was wider they faster lost the resistance, and the race of the fungus virulent for the varieties became more widespread. It was proved that the genes of virulence are kept and constantly accumulated in the fungus population. On the European continent over two hundred races of powdery mildew have already been registered. In the south of Ukraine the powdery mildew population numbers a hundred races. The ratio of races in the population changes over the years, but the overall virulence always remains at a high level [37, 38]. To resist against epiphytotic distribution of powdery mildew we should just have a lot of different resistant varieties.

For barley over 150 genes of resistance have already been described [39]. By means of molecular markers chromosomal localization was found for many of them. Resistance genes are almost in the whole genome: 1H, 2H, 4H, 5H, 6H, 7H linkage groups [40–44].

Our long-term experience in the breeding work convinced us that sufficiently reliable protection against powdery mildew can be obtained by a combination of several efficient genes in one genotype. It is not difficult to obtain such a combination in practical breeding since the resistance genes are in different linkage groups.

Therefore, the problem of barley breeding for the resistance to powdery mildew can be reduced to the following measures:

- the control over the changes of the pathogen racial composition, timely registration and study of new virulent races;
- the involvement in breeding different genetic sources of the resistance;
- hybridization for the purpose of combining several resistance genes in one genotype taking into account their chromosomal localization;
- the improvement of methods of an infectious background creation and the artificial inoculation.

The evaluation of the breeding material for resistance to powdery mildew in the field infectious background should be done twice: at the tillering and the earing stage. If the infection remains in small amounts only on the leaves of the lower layer such breeding lines should not be discarded. The experience of cultivation of such varieties by *agricultural producers* has shown that heterogeneous varieties with the low degree of the disease affection remain to be resistant for much longer time than homogeneous varieties. It happens due to the fact that the population of many races survives on the plants of the varieties which are heterogeneous by resistance, and for that reason the epiphytomy is not occurred for a longer period of time.

Barley stripe (*Helminthosporium gramineum* = *Pyrenophora graminea*) affects barley practically in the whole territory of Ukraine. However, the mass affection by the disease more often occurs in the central and the north-western regions. Barley stripe is especially dangerous when seedlings are affected: the roots blacken and rot (root rot), on the leaves the olive-red spots emerge, the tissue bursts lengthways into two or three parts and then dries up, the plants wither and perish. In the years with a cold, wet and long spring harmfulness of barley stripe reaches a considerably high level. However, according to our observations in the south of Ukraine the degree of the disease affection of spring barley is of 5–10 % and 30–35 % of winter barley.

The genetics of barley resistance to the pathogen is less studied than that to powdery mildew, nevertheless we have quite a wide choice of donors of the resistance. Among the old domestic varieties a high resistance to the disease possess the following varieties: Nutans 244, Nutans 518, Odesskiy 36, Pervenets', Visnyk, Nutans 778, Donetskiiy 4, Zernogradskiiy 73; among the new varieties — Hetman, Halaktyk, Halateia, Enei; among the European varieties — Mishka (France), Katarina, Thuringen (Germany), Ingrid (Denmark).

Resistance gene Rdg1 was identified in the variety Vada; Rdg2 gene — in the variety Perga and Express, and it was localized on the chromosome 7HS; Rdg3 gene was also identified [45, 46].

Net blotch (*Helminthosporium teres* = *Pyrenophora teres*) is not so dangerous as barley stripe is. It affects barley mainly during the stage of earing and grain filling. The degree of the affection in the south of Ukraine frequently does not exceed 10–15 %. The susceptible varieties sometimes can be affected up to 40–50 %. In the genetic studies the resistance of

barley to the pathogen was determined in the following linkage groups: 3H (Rpt1 gene), 1H (Rpt2 gene), 2H (Rpt3 gene), 7HL (Rpt4 gene), 6HS (Rtd gene) [47–49].

The following European varieties are highly resistant to the pathogen: Galleon (Rpt4 gene), km-1192, km-123, Zenith (Slovakia), NAD-685 (Poland), Atos (France). A high resistance to the pathogen possess our new varieties Prestyzh, Hetman, Halateia, Romantyk, Komandor, Enei and Sviatohor.

Scald (*Rhynchosporium secalis*) over the last 25 years became widespread in Ukraine. The disease affects barley, rye and a lot of cereal grass species. Just at the tillering stage watery spots of 0,5–2,0 cm size emerges on barley leaves, then the spots gradually dries up, darkens, surrounded by a yellowish or dark-red and often crenated border. When the disease affection is strong the leaves are completely dried up. Under favorable weather conditions for the disease the affection of barley plants in the field by the pathogen can be even stronger than by barley stripe or powdery mildew. A lot of commercial varieties from Europe, Belarus and Russia are highly susceptible to the disease. Resistant to the disease are the following varieties: Pervenets', Ityl', Odesskiy 111, Visnyk, Stalker, Halateia, Ekzotyk, Kharkovskiy 112, Donetskiiy 14, Larissa (Germany), Sladko, Amulet, Tolar (Czechia), Dolly, Morrison (Canada), Roland (Sweden).

In the genetic researches the resistance to this pathogen has already been studied quite well. 14 genes have already been located almost in all the chromosomes of barley genome [46, 51, 52]. On the chromosome 1H — Rrs14 gene; on the chromosome 3HS — Rrs1, Rrs3, Rrs4 genes; on the chromosome 4H — rrs6, rrs7, rrs8, Rrs9, Rrs10, rrs11, and Rrs12 genes; on the chromosome 6H — Rrs13 gene; on the chromosome 7HS — Rrs2 gene [45, 50, 51].

Leaf rust (*Puccinia hordei*) is the most harmful among the rust species. It is a specialized pathogen affecting spring barley in the temperate climate regions. After a warm winter and in cool weather in the spring as well as in the beginning of summer during the booting stage on leaves small, up to 1–2 mm, lightreddish-brown and later on black and reddish-brown pustules emerge, firstly at the top and then on underside of the leaf. The pustules are often arranged linearly. In susceptible varieties up to 70 % of the leaf area can be covered with pustules. In 2001 in the course of epiphytomy of the disease in the collection nurseries, where almost all the varieties of Ukraine and the most popular varieties of the Western Europe were studied, there was no resistant variety. Only some of our new varieties were resistant: Ityl', Halaktyk, Hetman.

By means of molecular markers 14 dominant genes of resistance to leaf rust have recently been localized. They are located almost on all the chromosomes of the genome [53–59]. In the variety Gull on the chromosome 1HS — Rph4 gene; in the variety Oderbrucker on the chromosome 2H — Rph1 gene; in the variety PI 355447 on the chromosome 2HL — Rph15 gene; in the variety

Magnif 102 on the chromosome 3HS — Rph5 gene; Rph6 gene was found in the variety Bolivia; Rph7 gene — in the variety Cebada Capa; on the chromosome 3HL — Rph10 gene in the variety Clipper C8; on the chromosome 5HL — Rph9 gene in the variety HOR 2596; on the chromosome 5HS — RphTR gene in the variety TR-306; Rph19 gene — in the variety Reka 1; on the chromosome 6HL — Rph11 gene in the variety Clipper C-67; on the chromosome 7HL — Rph3 gene in the variety Estate.

Virus diseases in the northwest and southwest regions of Ukraine also often cause significant damage to the crop in the field. Barley is susceptible to all the phytoviruses (there are over 40 of them), but the most harmful is **barley yellow dwarf virus (BYDV)** and **barley yellow mosaic virus (BYMV)**. They have similar external characters: yellowing of leaves, chlorosis, spotting, dwarfism, plant withering, but each virus species is strictly specific. For breeding first of all the degree of harmfulness, the way of migration and the development conditions matters. Viral diseases in Ukraine are primarily dangerous for winter barley. In some years the affection by the disease reached 70 %. For spring barley in the south of Ukraine the virus diseases are less harmful. The carriers of BYDV are different species of insects: aphids, leafhoppers, gout flies, barley leaf beetles. When mass reproduction of the insect-carriers takes place in warm wet autumn there is often a stronger affection of barley plants by BYDV. The barley plants of early sowing are affected by the virus disease several times stronger than the plants of early October sowing. In autumn the obvious damage of plants usually does not occur. Nevertheless, it is still important in due time to treat the plants (even before the seedlings emerge) against the insect-carriers with the insecticide of system action. If it is not done, with the beginning of the spring the plants of winter barley would suffer and can perish completely.

The breeding of barley genotypes resistant to BYDV is quite feasible. The dominant and recessive genes of resistance to BYDV are known, already identified and located [60–62]. Yd1 and Yd2 genes were identified in the Great Britain and Germany. The genes were transferred by backcrosses from the Ethiopian entries to the following varieties of winter barley: Asorbia, Brunhild, Banjo, Frances, Franca, Ganois Venus and spring barley: Corris, Shannon and Sutter. In France the varieties with Yd2 gene were also developed: Vixen, Naturel, Clarine.

The carrier of barley yellow mosaic virus is a soil fungus *Polymyxa graminis* which infects the roots of cereals. Fighting the virus using agricultural practices is almost ineffective, resistant varieties are needed.

In Japan and Germany the results on the study of the genes of resistance to BYMV have recently been published. In Germany a set of allelic recessive genes has been localized: on the chromosome 4HL — rym8 and rym9 genes; on the chromosome 4HS — rym11 gene; on the chromosome 3HL — rym4 and rym5 genes; on the chromosome 5HS — rym3 gene; on the chromosome 7HL — dominant Rym2 gene [63, 64].

Discussion of the results. The breeding program we developed which meant a stage-by-stage combination in one genotype of complex resistance to the pathogens of infectious diseases, tolerance to abiotic factors, high indexes of grain productivity and quality began quite quickly to give the desirable results (fig.).

The breeding work was carried out in quite a large volume, annually about 1000 cross combinations were made, about 8 thousand genotypes were studied in the breeding nurseries on the infectious background of powdery mildew and an artificial inoculation with loose, covered and false loose smuts. The hothouses covered with a polyethylene film and phytothrone greenhouses were used to grow up to three plant generations per year.

Our first variety of the steppe ecology **Pervenets'** that possessed the resistance to smut (Un8 gene), powdery mildew (Mla₁ and Ml_{at} genes), barley stripe and leaf rust, was registered in 1983 for growing in Rostov, Volgograd, Saratov, Oriol as well as in Bashkortostan and Tatarstan, in Khabarovsk, Primorskiy, Kamchatka and Amur regions. The variety was developed from the crosses (c.i. 13664 x Donetskiiy 4) x Odessky 36². The variety Pervenets' is characterized by high heat tolerance and produces a large smooth grain with increased protein (up to 18 %) and lysine (up to 5 %) content. In 1982 the USSR State Commission for Plant Variety Testing recognised the variety Pervenets' as the best variety by grain quality and it was the first to be included in the group of «extra valuable» varieties [65]. The grown area of the variety was over 800 thousand hectares and until recently it was grown in many regions of the Russian Federation.

In 1987 the variety **Visnyk** was registered for growing in Lipetsk region as «extra valuable» variety by grain quality. It was obtained from the similar cross combination and possessed the similar indexes of resistance to diseases, but it was more productive. In the late eighties it was grown on the area over 60 thousand hectares.

In developing the variety **Romantyk** the task was set to develop for Forest-Steppe region and Polesie a short stem variety resistant to diseases and lodging, meant for brewing and growing under farming practices of high-intensity, possessing yield potential not less than 8,0 t/ha. The variety Romantyk was developed using step by step hybridization (Pervenets' x Trumpf) x Sundence. In 1988 it was registered for growing in Vinnitsa, Khmel'nitskiy and Belgorod regions. In the early nineties it was grown on the area about 100 thousand hectares and was notable for resistance to smut and to the diseases that affect the stem and leaves.

The variety **Ityl'** is adapted to the conditions of Tatarstan and was developed from the cross Pervenets' x Donetskiiy 8. The variety has a large grain, it is heat tolerant and resistant to smut and other diseases. The variety considerably exceeded check varieties by its grain productivity which was over 7.2 t/ha. The USSR State Commission for Plant Variety Testing included the

variety in the group of «extra valuable» by grain quality. In 1991 it was registered for growing in Tatarstan, Chuvashiya, Mordovia and Mari republic.

On the basis of the resistance gene **Un12**, which we identified, as a result of composite backcrosses a short stem variety of intensive type **Prestyzh** resistant to smut diseases was developed. It was officially registered in Ukraine and Moldova in 1995. Its grown area in 2000 was over 200 thousand hectares.

Under the program of breeding varieties for the intensive farming practices in the regions with insufficient moisture supply from the cross (Druzhba x NAD-360) x Prestyzh a short stem variety **Hetman** meant for brewing was developed (in the Register of Ukraine and Moldova since 2001, in the Register of Russia since 2005) as well as the variety **Khadzhibei**, a sister line of the variety Het'man, (in the Register of Russia since 2003). High tillering combined with high cold and heat tolerance, resistance to lodging, and a complex resistance to diseases enable these varieties to produce up to 8,0 t/ha of smooth grain with thin hull.

Under the program of breeding varieties resistant to the changes of growing conditions from the cross Itil' x Odesskiy 115 the variety **Halaktyk** was developed. It has been in the Registers of Plant Varieties since 1999 for all the regions of Ukraine and Moldova, and meant for brewing. Since 2002 the variety has been the National check variety of Ukraine. The variety is characterised by high resistance to smuts, leaf and stem diseases (8–9 points), it is also resistant to lodging. Under favorable conditions in farming crop production the variety yields up to 8,0 t/ha. According to the State Statistics Service of Ukraine the grown area of the variety Halaktyk in 1995 was 131.3 thousand hectares.

A valuable by grain quality, an early maturing, having large grain variety **Halateia** was developed by the method of step by step hybridization of the steppe ecology varieties resistant to smut and other diseases. In the Register of Plant Varieties of Ukraine the variety Halateia has been since 1998 for growing in the Forest-Steppe region and Polesie, and since 2002 — for the Steppe region. Its productivity under farming conditions in the experimental farm «Bogunovskaya elita» (Ivanivka district of Odessa region) in 2001 was 8.9 t/ha (!). The variety is resistant to all smut species, barley stripe, net blotch, leaf rust, powdery mildew and scald (8–9 points).

For the conditions of insufficient moisture supply as a result of step by step hybridization with the involvement of the most heat tolerant domestic varieties of the steppe ecology the variety **Yuzhnyi** was developed. In the Register of Plant Varieties of Ukraine the variety has been since 2001. It is a *mid maturing variety* of medium high, resistant to diseases and having large grain.

Later on for Polesie and the Forest-Steppe regions of Ukraine the short stem varieties resistant to diseases and lodging were developed: **Selenit** (Ros' x Odesskiy 164) x Edem, in the Register since 2004; **Vodohrai** (Halaktyk x Mishka), in the Register since 2005; **Komandor** (Het'man x Mishka), in the Register since 2007; **Sviatohor** (Hetman x Tselinka), in the Register

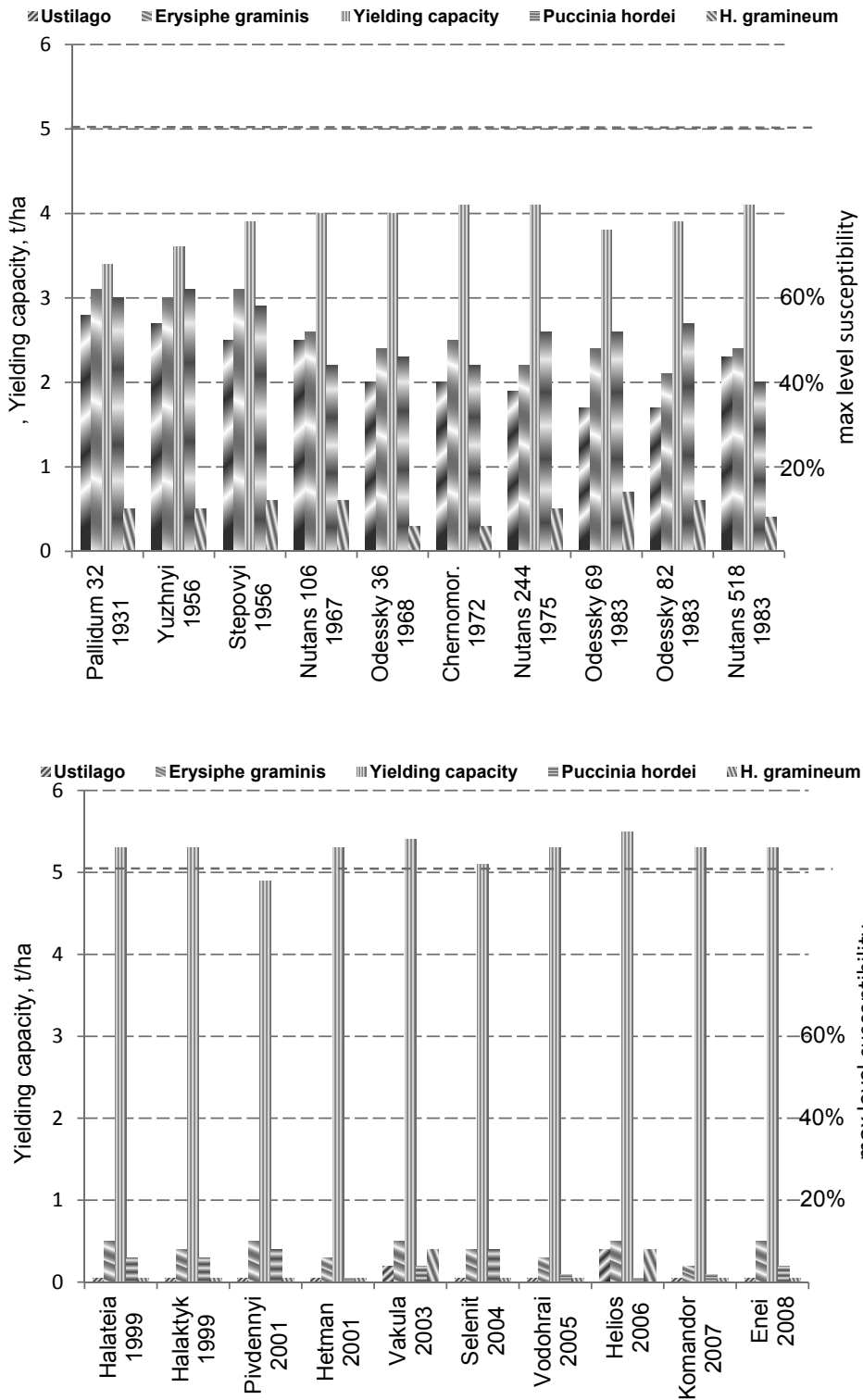


Fig. The average grain productivity (competitive trial, collection nursery, t/ha) and the degree of the affection by the pathogens of the infectious diseases of spring barley varieties on the infectious background (PBGI, 1999–2011)

since 2010; **Voievoda** (Hetmanx Linus), in the Register since 2012 for all the regions of Ukraine. If the recommended farming practices for growing these varieties are strictly adhered then without application of fungicides the varieties are capable to yield up to 8,5 t/ha.

For the arid Steppe regions of Ukraine from the cross Yuzhnyi x Slavianskiy-91 the «valuable by grain quality» variety **Enei** of steppe ecology was developed. In the Register of Plant Varieties of Ukraine the variety has been since 2008. It is heat tolerant, *mid maturing*, having large grain *variety*. The *variety* is resistant to smut, powdery mildew, leaf rust, barley stripe and net blotch.

The spring barley varieties developed at institute over the last 15 years are the best in Ukraine and Moldova, they are grown in many regions of Russia. Under the farming conditions the variety Halaktyk is noted for the yield stability. The variety Komandor is the national check variety for Forest-Steppe region and Polesie. By the results of the studies carried out by the laboratory of the technological evaluation of brewing properties (Khmelnitskiy town) of the «Obolon'» company the variety Sviatohor was recognised as the best brewing variety of Ukraine.

The breeding work continues. The modern European varieties, donors of new genes of resistance to diseases, are involved in hybridization.

The co-authors of above mentioned varieties in different years were P. F. Garkavyi, A. A. Linchevskiy, E. P. Shevchenko, L. A. Dubinina, O. P. Garkavyi, V. A. Perekhrest, V. P. Tarasiuk.

The author expresses a profound gratitude to the research workers, laboratory assistants and machine operators of the institute who assisted in carrying out this work.

BIBLIOGRAPHY

1. Sapegin A. A. Fresh thoughts in biology. A brief summary report for 10 years (1912–1922) of the Odessa Plant Breeding Station. — Public Farming Commissariat of Ukraine Publishers. — Odessa, 1922. — № 5, (in Russian).
2. Harlan, H. V. and Pope, M. N. The use and value of backcrosses in small grain breeding // J. of Heredity. — 1922. — № 13.
3. Garkavyi P. F. Barley under intensive agriculture // Collected scientific articles of All Union PBGI — Odessa, 1982, (in Russian).
4. Bary A. H. de. Untersuchungen über die Brandpilze. — Berlin, 1853.
5. Kyun Yu. G. The studies of Oscar Brefeld on smut fungi and their agricultural importance — Agriculture and Forestry. — 1884. — № 1, (in Russian).
6. Hoffmann H. über den Flugbrand, Ustilago carbo Tul. (Uredo segetum Pers.) — Bot. Untersuch. — Berlin, 1866.
7. Kalashnikov K. Ya. The protection of the cereal crops from smut — M. — L. : Agricultural Publishers, 1959, (in Russian).
8. Guseva N. N. The disease resistant varieties of agricultural crops in the crop protection — Moscow: Kolos Publishers, 1978, (in Russian).
9. Pilat A. Diversity and phylogenetic position of the Thelephoraceae — Evolution in the higher Basidiomycetes. — Univ. Tennessee Press, Knoxville, 1971.

10. Shwartsman S. R. The materials for the history of Kazakhstan microflora — Alma-Ata, 1962, (in Russian).
11. Karatygin I. V. The smut fungi — Leningrad, Nauka Publishers, 1981, (in Russian).
12. Brefeld O. Botanische Untersuchungen über Hefepilze. Untersuchungen aus dem Gesamtgebiete der Mikologie — Die Brandpilze I. — Leipzig, 1883.
13. Brefeld O. Neue Untersuchungen und Ergebnisse über die natürliche Infektion und Verbreitung der Brandkrankheiten der Getreides — Wachr. Klub. Landw. — Berlin, 1903. — № 446.
14. Vavilov N. I. The doctrine of plant immunity to infectious diseases — Theoretical principles of plant breeding — M. — L., 1935. Volume 1, (in Russian).
15. Levitin M. M., Fedorova I. V. The genetics of phytopathogenic fungi — Leningrad, 1972, (in Russian).
16. Kirdoglo E. K., Shevchenko E. P. The harmfulness degree of barley loose smut in the forest steppe region of Ukraine — Collected scientific articles of All Union PBGI, 1986. — № 1 (59), (in Russian).
17. Krivchenko V. I. The resistance of cereal crops to the pathogens of the smut diseases — Moscow: Kolos Publishers, 1984, (in Russian).
18. Tapke V. F. An undescribed loose smut of barley — Phytopathology. — 1932. — V. 22. № 10.
19. Tapke V. F. An effective and easily applied method of inoculating seed barley with covered smut — Phytopathology. — 1935. — V. 25. № 11.
20. Ruttle M. L. Studies on barley smuts and loose smut of wheat — Agr. Exp. Stat. Tech. — 1934. — Bull. 221, № 5
21. Konovalov V. P., Kirdoglo E. K. The effectiveness of winter barley seed disinfection from the smut pathogens — Collected scientific articles of All Union PBGI. — Odessa, 1981. — № 3 (41), (in Russian).
22. Kozhevnikova L. M. On the loose smut species in Voronezh region — Plant Protection. — 1970. — № 2, (in Russian).
23. Stepanovskikh A. S. The smut diseases of barley — Chelyabinsk, 1990, (in Russian).
24. Shirokov A. I., Paderina E. V. False loose smut of barley in Omsk region — Plant Protection. — 1979. — № 9, (in Russian).
25. Garkavyi P. F., Kirdoglo E. K., Garkavyi O. P. Barley resistance to the infectious pathogens in connection with the breeding tasks — Mycology and Phytopathology. — 1985. — № 19 (6), (in Russian).
26. Kirdoglo E. K. The breeding and genetic aspects of increasing barley resistance to the pathogens of smut and leaf and stem diseases. // Herald of Agricultural Science. — 1985. — № 1, (in Russian).
27. Kirdoglo E. K. Some points of barley breeding for resistance to loose smut — PhD Thesis., AUPBGI, Odessa, 1976, (in Russian).
28. Garkavyi P. F., Kirdoglo E. K. Methodical guidelines for the study of barley immunity to loose smut and the breeding of resistant varieties — AUPBGI, Odessa, 1980, (in Russian).
29. Mumford D. L., Rasmusson D. C. Resistance of barley to *Ustilago nuda* after embryo infection — Phytopathology. — 1963. — V. 53. № 2.
30. Person C. O., Cherewick W. I. Infection multiplicity in *Ustilago* — Canad. J. Genet., Cytol. — 1964. — V. 6. № 1.

31. Metcalfe D. R. Inheritance of loose smut. III. Relationships between the «Russian» and «Jet» genes for resistance and genes in 10 barley varieties of diverse origin — *Can. J. Plant Sci.* — 1966. — V. 46. № 5.
32. Franckowiak J. D., Reaction to *Ustilago nuda* 1 (loose smut) — *Barley Genetics Newsl.* — 1997. — 26:67.
33. Li C. D., Eckstein E., Lu M., Rosnagel B. G., Scoles G. J. Targeted development of a multiple-allele microsatellite marker associated with a true loose smut resistance gene in barley (*Hordeum vulgare*). — *Barley Genetics VIII. Australia, 2000.*
34. Paderina E. V. The use of the backcross method in barley breeding for resistance to smut diseases — *Breeding and seed production of cereal crops in the Western Siberia.* — Novosibirsk, 1981, (in Russian).
35. Biffen F. Mendel's law inheritance and wheat breeding // *J. Agric. Sci.* — 1. — 1905. — № 4/
36. Flor H. H. Genetic regulation of the host and parasite interaction in the diseases caused by the rust fungi // In the book «The Problems and Achievements of Phytopathology. — Moscow, 1962, (in Russian).
37. Sechnyak V. E. The resistance to powdery mildew of the barley varieties of the Black Sea Steppe region of Ukraine and the ways of their improvement — PhD Thesis., AUPBGI, Odessa, 1984, (in Russian).
38. Gavriliuk T. K., Dubinina L. O. The barley initial material for breeding for resistance to powdery mildew // *Collected scientific articles of the Irrigation Farming Institute of UAAS.* — Kherson, 1999. — № 2, (in Ukrainian).
39. Soggard B., Jørgensen J. H. *Barley Genet. Newsletters.* — 1982. — № 12.
40. Jørgensen J. H. Genetics of powdery mildew resistance in barley // *Crit. Rev. Plant Sci.* — 1994. — № 13.
41. Jørgensen J. H. Effect of three suppressors on the expression of powdery mildew resistance genes in barley // *Genome.* — 1996. — V. 39.
42. Collins N., Sadanandom A. et al. The Genetic and Molecular Basis of Disease Resistance to the Powdery Mildew Fungus in Barley. — *Barley Genetics VIII. Australia, 2000.*
43. Czembor H. J., Czembor J. H. Powdery Mildew Resistance in Barley Cultivars and Breeding Lines from the Polish Register. — *Barley Genetics VIII. Australia, 2000.*
44. Backes G., Kyjovska Z., Araja I., Jahoor A. Detection of Differences in New Alleles at the *Mla*-Locus of Barley (*Hordeum vulgare* L.) by Various Molecular Techniques. — *Barley Genetics IX. Brno, Czech Republic, 2004.*
45. Thomsen S. B., Jensen H. P., Jensen J., Skou J. P., Jørgensen J. H. Localization of a resistance gene and identification of sources of resistance to barley leaf stripe. — *Plant Breeding* 116, 1997.
46. Bulgarelli D. et al. Leaf Stripe Resistance in Barley: Marker Assisted Selection and Fine Mapping of the Resistance Gene *Rdg2a*. — *Barley Genetics IX. Brno, Czech Republic, 2004.*
47. Williams K. J. et al. Identification and mapping of a gene conferring resistance to the spot form of net blotch (*Pyrenophora teres* f. *maculata*) in barley. — *Theor. Appl. Genet.*, 99. — 1999.
48. Mannen O., Kalendar R. et al. Application of BARE-1 retrotransposon markers to the mapping of a major resistance gene for net blotch in barley. — *Molecular Genetics and Genomics*, 264. — 2000.

49. Gupta S. et al. Gene Distribution and SSR Markers Linked with Net Type Net Blotch Resistance in Barley. — Barley Genetics IX. Brno, Czech Republic, 2004.
50. Schweizer G. F. et al. RFLP markers linked to scald (*Rhynchosporium secalis*) resistance gene Rh2 in barley. — Theor. Appl. Genet., 90, 1995.
51. Schweizer G. F. et al. Mapping of *Rhynchosporium secalis* resistance genes in barley. — Barley Genetics VIII. Australia, 2000.
52. Cakir M. et al. Identification of a New Adult Plant Resistance Gene for Scald (*Rhynchosporium secalis*) in Barley. — Barley Genetics IX. Brno, Czech Republic, 2004.
53. Franckowiak J. D. et al. Recommended allele symbols for leaf rust resistance genes in barley. — Barley Genet. Newsl. 27, 1996.
54. Borovkova I. G. et al. Identification and mapping of a leaf rust resistance gene in barley line Q21861 // Genome. — 1997. — № 40.
55. Borovkova I. G., Steffenson B. J. Chromosomal location and genetic relationship of leaf rust resistance genes Rph 9 and Rph 12 in barley. — Phytopathology. — 1998. — № 88.
56. Drescher A. et al. High-Resolution Mapping of the Rph 16 Locus in Barley. — Barley Genetics VIII. Australia, 2000.
57. Castro A. et al. Pyramiding Quantitative and Qualitative Resistance to Barley Stripe Rust. — Barley Genetics IX. Brno, Czech Republic, 2004.
58. Falk A. Positional Cloning of the Rph15 Disease Resistance Gene. — Barley Genetics IX. Brno, Czech Republic, 2004.
59. Marcel T. C., Niks R. E. Molecular Dissection of a QTL Region for Partial Resistance to Barley Leaf Rust. — Barley Genetics IX. Brno, Czech Republic, 2004.
60. Gouis, J. Le et al. Breeding for Barley Yellow Dwarf Virus Tolerance Using Controlled Field Test and Molecular Markers. — Barley Genetics VIII. Australia, 2000.
61. Ruge B. et al. Introgression and Mapping of Novel Resistance Genes from the Secondary Gene pool of Barley, *Hordeum bulbosum*. — Barley Genetics IX. Brno, Czech Republic, 2004.
62. Friedt W., Ordon F. Breeding for Virus Resistance of Barley: Amalgamation of Classical and Biotechnological Approaches. — Barley Genetics IX. Brno, Czech Republic, 2004.
63. Konishi T. Proposed gene symbols for resistance to Barley Mild Mosaic Virus (BaMMV) in barley. — Barley Genet. Newsl. — 2000. — 30.
64. Werner K. et al. Strategies for «Pyramiding» Resistance Genes Against the Barley Yellow Mosaic Virus Complex Based on Molecular Markers and Dh-Lines. — Barley Genetics VIII. Australia, 2000.
65. Fedin M. A. Varietal resources of the USSR and the directions of their further improvement. — Plant Breeding and Seed Production. — 1982. — № 5, (in Russian).

УДК 632.4:633.16:632.938

Кірдогло Є. К. Збірник наукових праць СГІ–НЦНС. 2013. Вип. 22 (62).

СТІЙКІСТЬ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ ДО НАЙБІЛЬШ ПОШИРЕНИХ В УКРАЇНІ ХВОРОБ ЦІЄЇ КУЛЬТУРИ: СЕЛЕКЦІЙНІ ТА ГЕНЕТИЧНІ АСПЕКТИ

Обговорюються проблеми селекції ячменю на стійкість до найбільш поширених в Україні хвороб. Наводяться результати багаторічних досліджень шкодочинності ряду захворювань та генетики стійкості, характеристика ефективних донорів, методи і результати створення сортів з груповою стійкістю до хвороб.

Таблиця — 1. Рисунки — 2. Бібліографія — 65.

УДК 632.4:633.16:632.938

Кірдогло Е. К. Сборник научных трудов СГІ–НЦНС. 2013. Вып. 22 (62).

УСТОЙЧИВОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ К НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫМ БОЛЕЗНЯМ ЭТОЙ КУЛЬТУРЫ В УКРАИНЕ: СЕЛЕКЦИОННЫЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Обсуждаются проблемы селекции ячменя на устойчивость к наиболее распространенным в Украине болезням. Приводятся результаты многолетних исследований вредоносности ряда заболеваний и генетики устойчивости, характеристика эффективных доноров, методы и результаты создания сортов с групповой устойчивостью к болезням.

Таблица — 1. Рисунок — 1. Библиография — 65.

УДК: 633.11:575

Г. О. ЧЕБОТАР, канд. біол. наук, наук. співр.,
С. В. ЧЕБОТАР, д-р біол. наук, чл.-кор. НААН, пров. наук. співр.,
І. І. МОЦНИЙ, канд. біол. наук, пров. наук. співр.,
В. І. ФАЙТ, д-р біол. наук, заст. дир. ін-ту,
Ю. М. СИВОЛАП, акад. НААН, д-р біол. наук,
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: gchebotar@rambler.ru ; faygen@ukr.net

ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТІВ *Rht*-ГЕНІВ ЗА КОМПЛЕКСОМ БІОЛОГІЧНИХ ТА АГРОНОМІЧНИХ ОЗНАК ПШЕНИЦІ В ШИРОКО- І ВУЗЬКОРЯДНОМУ ПОСІВАХ

*Проведено порівняння ефектів алелів генів короткостебловості на біологічні і агрономічні ознаки у ліній-аналогів відомих сортів півдня України в широко- та вузькорядному посівах. Ефекти *Rht*-генів на ряд ознак, детектовані в широкорядному посіві, неоднозначно змінювалися у вузькорядному. Так, за сумарним продуктивним кущенням, масою зерен з підгонів та рослини, масою тисячі зерен, числом зерен з підгонів відмінності між аналогами, визначеними в широкорядному посіві, у вузькорядному нівелювалися. Виявлено достовірні ефекти взаємодії генотип – середовище за ознаками: висота рослин, довжина головного колоса, кількість колосків у колосі, кількість фертильних та стерильних колосків у колосі, маса зерен з підгонів та рослини, дата цвітіння.*

Ключові слова: пшениця, гени короткостебловості, кількісні ознаки, взаємодія генотип – середовище.

Вступ. У генетико-селекційних дослідженнях агрономічних ознак пшениці найчастіше використовують вузько- та широкорядний посіви. Широкорядні посіви застосовуються в селекційних розсадниках для вирощування гібридів F_1 та для прискореного розмноження нових сортів. У них кожна рослина розвивається в умовах «крайового ефекту», що дозволяє їй більш повно реалізувати потенційні можливості; при цьому економиться насіння, прискорюється розмноження високоякісного посівного матеріалу, пестициди замінюються механізованою обробкою міжрядь, значно підвищується стійкість рослин до вилягання [1]. У вузькорядних посівах більш рівномірно розміщуються рослини, проте нерідко погіршуються якість посіву та умови проростання насіння. Додаткові проблеми — потреба у застосуванні більш металомістких сівалок з ускладненою конструкцією сошника і значне вилягання рослин [1]. Селекціонери стверджують, що закономірності, отримані стосовно агрономічно важливих ознак у широкорядному та вузькорядному посівах, суттєво відрізняються [2].

За даними трирічних досліджень, виконаних у широкорядному посіві, гени короткостебловості (*Rht*), окрім прямого впливу на висоту рослин [3], мають плейотропні ефекти на низку біологічних та агрономічних ознак пшениці, окрім кількості фертильних колосків [4]. За наявності *Rht*-генів у генотипі спостерігається зменшення довжини колоса та стебла, кількості продуктивних стебел та збільшення щільності колоса. Кількість колосків з колоса зменшується за рахунок стерильних (крайніх недорозвинutih) колосків. Зростання кількості зерен з колоса у моно- та дигенних карликів забезпечується за рахунок озернення колоска.

За даними австралійських дослідників [5], у вузькорядному посіві наявність *Rht*-генів асоціювалася зі збільшенням індексу врожайності (на 11 %), збільшенням кількості зерен (6 % з м²) та врожаю зерна (9 % з га), а також з незначним зменшенням загальної біомаси (1 % з га). Алельна різниця за генами *Rht8* (алелі *c* та *d*) та *Rht-D1* (*a* та *b*) не впливала на кількість колосів з м², а носії *Rht8c* та *Rht-D1b* характеризувались більшою кількістю зерен з колоса, ніж носії *Rht8d* та *Rht-D1a* алелів відповідно. В Україні дослідження змін біолого-агрономічних показників рослин проводили на рекомбінантно-інбредних лініях від схрещування сортів Одеська 16 х Безоста 1, які різнились за алелями гена *Rht8* [6, 7]. Проте дослідження ефектів інших ідентифікованих за молекулярними маркерами алелів генів короткостебловості у порівнянні з високорослими формами в ділянковому посіві не проводили.

Мета роботи — провести порівняння ефектів *Rht*-генів на агрономічні ознаки ліній-аналогів відомих сортів півдня України з ідентифікованими генами короткостебловості в широко- та вузькорядному посівах.

Матеріали та методи. Матеріалом для дослідження слугували короткостеблові лінії-аналоги, що різняться за алелями генів короткостебловості: Кооператорка К-90, Кооператорка К-70, Одеська 3 К-75, Одеська 51 К-73, Степняк 3 і Степняк 2К, рекурентні батьки (Кооператорка, Одеська 3, Одеська 51, Степняк 1, Степняк 2), один з донорів *Rht*-генів (Карлик 1 № UA0102183 за каталогом НЦГРРУ ІР ім. В. Я. Юр'єва). Лінії-аналоги створено у 90-х роках минулого століття В. В. Хангільдіним (в СГІ–НЦНС, м. Одеса) шляхом схрещування сортів Кооператорка, Одеська 3, Одеська 51, Степняк 1 з донорами генів короткостебловості: Одеська напівкарликова чи Краснодарський карлик 1 та 6-кратного безкросування рекурентними формами [8].

За допомогою молекулярних маркерів до генів короткостебловості *Rht8*, *Rht-B1*, *Rht-D1* та до гена чутливості до фотоперіоду *Ppd-D1* [9, 10] визначено, що лінії Кооператорка, Одеська 3, Степняк 1 є носіями генів *Rht8a*, *Rht-B1a*, *Rht-D1a*, *Ppd-D1b*; лінії Кооператорка К-90, Степняк 3 та Одеська 51 — *Rht8c*, *Rht-B1a*, *Rht-D1a*, *Ppd-D1a*; Кооператорка К-70 та Одеська 51 К-73 — *Rht8c*, *Rht-B1e*, *Rht-D1a*, *Ppd-D1a*; Одеська 3 К-75, Карлик 1 — *Rht8c*, *Rht-B1b*, *Rht-D1a*, *Ppd-D1a*; Степняк 2 — *Rht8x*, *Rht-B1a*, *Rht-D1a*, *Ppd-D1a*; Степняк 2К — *Rht8c*, *Rht-B1a*, *Rht-D1b*, *Ppd-D1a*.

Зазначені лінії вирощували в 2011 році в широко- та вузькорядному посівах на полі СГП. Дослід закладався по чорному пару єдиним блоком у трьох повтореннях. Насіння сіяли в оптимальні строки ручною сажалкою на дворядкових ділянках завдовжки 1 м з площею живлення окремої рослини $30 \times 10 \text{ см}^2$ (широкорядний) або сівалкою ССФК-7 на ділянках 3 м^2 з розрахунку по 500 схожих зерен на 1 м^2 (вузькорядний). Агротехніка — типова для півдня України, підкормку аміачною селітрою ($\text{N } 30 \text{ кг/га}$) проводили навесні по таломерзлому ґрунту. Дані агрономічних ознак у широкорядному посіві збирали з усіх рослин ділянки, за виключенням крайніх. У вузькорядному посіві відбирали по 25–30 рослин з середини ділянки для структурного аналізу.

Визначали наступні ознаки: «дата колосіння» (ДК, дні з початку травня), «висота рослини» (ВР, см), «довжина головного колоса» (ДГК, см), «продуктивне кущення різних ярусів» ($\text{ПК}_1, \text{ПК}_2, \text{ПК}_3$) та «сумарне продуктивне кущення» (ПК, шт.), «кількість колосків у головному колосі» (ККК, шт.), «кількість стерильних (крайніх недорозвиннутих) колосків» (КСК, шт.), «кількість фертильних колосків» (КФК, шт.), «кількість зерен у головному колосі» (ЗК, шт.), «маса зерна з головного колосу» (МЗК, г), «кількість зерен з підгонів» (ЗП, шт.), «маса зерен з підгонів» (МЗП, г), «маса 1000 зерен» (МТЗ, г), «кількість зерен з рослини» (ЗР, шт.), «маса зерен з рослини» (МЗР, г), «щільність колоса» (ЩК, шт./см), «озерненість колоска» (ЗКк).

Досліджували дані методом двофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) за допомогою програмного пакета Statistica 7 (Statsoft 2005). Для проведення аналізу сформовано матрицю даних з середніми значеннями для кожної повторності різних типів посіву 2011 року. При обрахунках дисперсійного комплексу градації факторів «Тип посіву» і «Лінія» вважали випадковими, оскільки у першому випадку вони відображають вплив умов середовища, а в другому — генотип лінії в широкому розумінні, як усю сукупність її генів [11], що не мають логічної послідовності. Достовірність різниць визначали за НІР відповідного рівня значимості для відповідного фактора або взаємодії [12]. Методом однофакторного дисперсійного аналізу розраховували НІР між лініями в кожному типі посіву.

Для визначення параметрів статистичної оцінки взаємодії генотип — середовище (ВГС) та їхньої біологічної інтерпретації обчислювали коефіцієнт кореляції рангів R_{GxE} (за формулою Спірмена) між одними і тими ж генотипами в різних умовах вирощування. При цьому R_{GxE} розраховували лише для тих ознак, у яких ефекти ВГС були достовірно доведені дисперсійним аналізом. При визначенні рівня ВГС залежно від величини і знаку R_{GxE} застосовували запропоновану В. П. Герасименко [13] шкалу, згідно з якою взаємодія відсутня при $R_{\text{GxE}} = 1$; $0,7 \leq R_{\text{GxE}} \leq 1$ — взаємодія низька, симілярність реакцій генотипів на умови висока; $0,5 \leq R_{\text{GxE}} \leq 0,7$ — взаємодія середня, симілярність середня, хаотичність середня;

$0 \leq R_{GxE} \leq 0,5$ — взаємодія висока, симілярність низька, хаотичність висока;
 $-0,5 \leq R_{GxE} \leq 0$ — взаємодія висока, симілярність відсутня, хаотичність висока, різнонаправленість низька;
 $-0,7 \leq R_{GxE} \leq -0,5$ — взаємодія висока, симілярність відсутня, хаотичність середня, різнонаправленість середня;
 $-1 \leq R_{GxE} \leq -0,7$ — взаємодія висока, симілярність відсутня, хаотичність низька, різнонаправленість висока.

Для розрахунку коефіцієнтів генотипової кореляції (R_G) за Пірсоном проведено переутворення за Скуридіним та Багінською [14] для усунення впливу екологічної складової.

Згідно з даними [15], зима 2010/11р. характеризувалась нестійкою погодою внаслідок впливу циклонів та атмосферних фронтів. Максимальна температура повітря у зимовий період підвищувалась до $10-15^\circ$ (грудень), мінімальна опускалась до -17°C (лютий). Незначна висота сніжного покриву або його відсутність сприяли промерзанню ґрунту, що негативно позначилося на рослинах пшениці. Рання весна характеризувалась різкими змінами температур та незначною кількістю опадів. На початку літа погодні умови були дуже неоднорідні, у першій декаді червня спостерігалася нехарактерна для цієї пори спекотна погода, що різко змінилась у другій та третій декадах червня внаслідок впливу активних атмосферних фронтів. Температура повітря різко знизилася (рис. 1), випали грозові дощі, місцями сильні зливи, що призвело до суттєвого вилягання високорослих ліній.

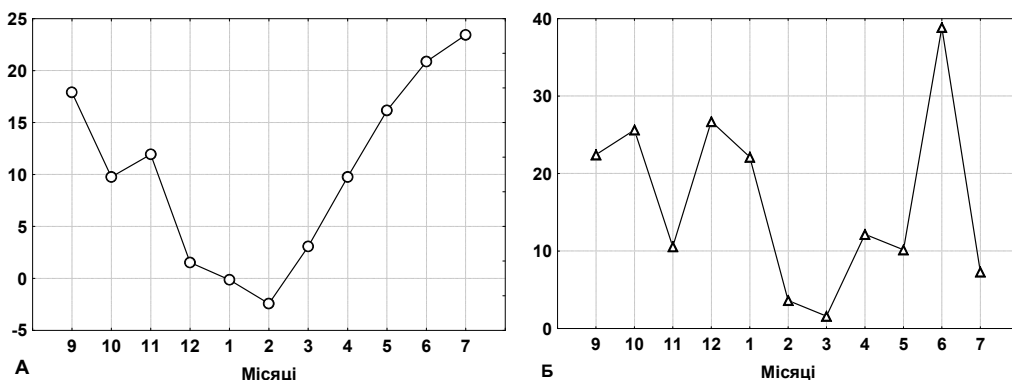


Рис. 1. Метеорологічні умови 2010–2011 року: А — середньомісячна температура; Б — сума опадів за місяць

Результати та їх обговорення. Двохфакторним дисперсійним аналізом виявлено достовірний вплив факторів «Тип посіву» та «Лінія», а також їхньої взаємодії на ДК, ВР, ДГК, ККК, КФК, КСК, ЩК (табл. 1).

Для ознак PK_1 , PK_2 , PK_3 та МТЗ достовірним був лише вплив фактора «Тип посіву», а для ПК, ЗК, ЗКк, МЗК, ЗП — і фактор «Лінія». Густота розміщення рослин впливає на всі ознаки незалежно від ліній, що підкреслює сильний вплив умов вирощування в різних типах посіву. Різниці між градаціями за фактором «Лінія» в основному зумовлені ідентифіко-

ваними нами генами з сильними ефектами, проте окрім прямого впливу генотипу ліній на ознаки, можливий опосередкований вплив через кореляції з ВР або ДГК. В той же час для МЗП, ЗР, МЗР достовірним виявився вплив фактора «Тип посіву», а також взаємодії факторів «Тип посіву» та «Лінія», остання відображає ефекти ВГС. Наявність достовірної ВГС, що впливає на ознаки ДК, ВР, ДГК, ККК, КСК, КФК, ЩК, МЗП, ЗР, МЗР, свідчить про те, що стосовно цих ознак у вузькорядному посіві ми спостерігали одну тенденцію, а в широкорядному — дещо іншу. Наприклад, лінія Степняк 2 (*Rht8x Ppd-D1a*) характеризувалась достовірно вищою ВР у широкорядному посіві, ніж її батьківська форма Степняк 1 (*Rht8a Ppd-D1b*), проте в ділянковому посіві ця тенденція змінилася на протилежну (рис. 2А, табл. 2). Кількісно ефекти ВГС стосовно кожної ознаки виражені коефіцієнтами рангової кореляції (R_{GxE}) між різними посівами (табл. 2, 3).

Таблиця 1

Результати дисперсійного аналізу, отримані при дослідженні ліній-аналогів у 2011 р.

Ознака	Джерело варіації, mS			
	«Тип посіву» (df=1)	«Лінія» (df=11)	взаємодія «Тип посіву» x «Лінія» (df=11)	похибка (df=44)
ДК	2,55*	9,2***	1,4**	0,45
ВР	1256,3***	2321,1***	115,3***	10,6
ПК ₁	8,19***	0,03	0,04	0,13
ПК ₂	300,86***	1,48	1,05	0,87
ПК ₃	122,66***	0,51	0,44	0,33
ПК	978,5***	3,19*	2,55	1,3
ДГК	75,22***	1,8***	0,47***	0,08
ККК	95,84***	4,90***	0,72***	0,19
КФК	355,0***	4,72***	0,89**	0,28
КСК	81,93***	1,37***	0,28*	0,14
ЗКк	9,79***	0,12***	0,03	0,02
ЩК	177,58***	18,5***	1,57**	0,54
ЗК	9852,4***	53,4***	15,5	10,1
МЗК	11,32***	0,17***	0,05	0,03
ЗП	1318142***	4827*	4235	2128
МЗП	965,31***	9,66	7,21**	2,55
ЗР	1555914***	4786	4562*	2263
МЗР	1185,7***	11,1	8,2**	2,9
МТЗ	279,72*	81,1	55,0	67,6

Примітки: * — достовірно при $P=0,05$; ** — достовірно при $P=0,01$; *** — достовірно при $P=0,001$.

Висока симілярність реакцій генотипів на умови вирощування та низький рівень ВГС характерний для ознак ВР, ДГК, ЩК, КСК, ДК. Це пояснюється тим, що відмінності між лініями головним чином обумовлені алейним складом генів короткостебловості, що прямо впливає на ознаки ВР та ДГК.

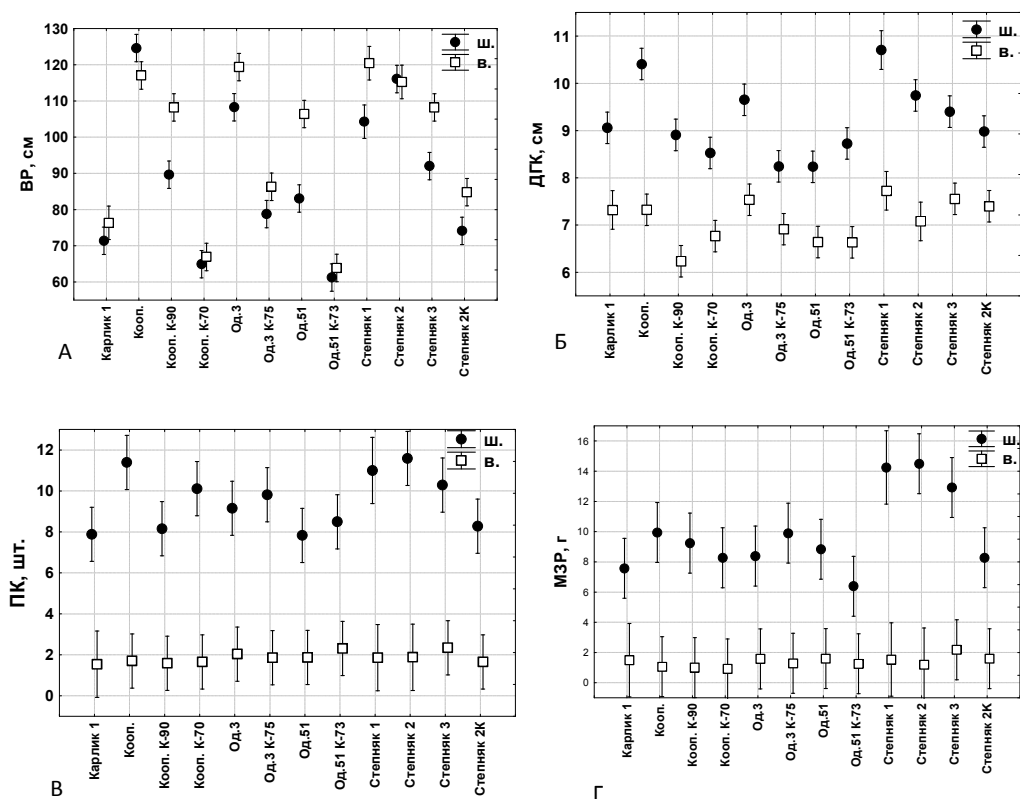


Рис. 2. Висота рослин — ВР (А), довжина головного колоса — ДГК (Б), загальне продуктивне кущення — ПК (В) та маса зерна з рослини — МЗР (Г) залежно від генотипу лінії та типу посіву ($x \pm t_{0,05} S_x$); ш. — широкорядний посів, в. — вузькорядний посів

Наявність мажорного гена нечутливості до фотоперіоду *Prpd-D1a* у короткостеблових форм, який призводить до більш раннього цвітіння, обумовлює однаправленість реакцій за ДК. Середній рівень ВГС та середня симілярність реакцій генотипів на умови різних типів посіву спостерігалися за ознаками ККК, КФК, що може бути пов'язано з опосередкованим впливом *Rht*-генів через кореляції з ВР або ДГК. Високий рівень ВГС, низька симілярність та хаотичність реакцій виявлена для ознак МЗП та МЗР, а за ЧЗР простежується хаотичність та низька різноспрямованість.

Помірні позитивні кореляції в широкорядному посіві (табл. 4) достовірні між ККК, КСК, ЗП, МЗП, ЗР, МЗР, МТЗ, ПК, ДК та ВР. В той же час в ділянковому посіві з ВР достовірно помірно позитивно корелювали лише КСК та ДК, а помірні негативні кореляції детектовані з ознаками ЗК та ЗКк.

В обох типах посіву не виявлено достовірних кореляцій ВР з КФК, що підтверджує дані, отримані за три роки в широкорядному посіві [4], що високорослі рослини характеризуються більшою кількістю стерильних колосків, проте кількість фертильних колосків не залежить від наявності генів короткостебловості та залишається стабільною.

Таблиця 2

Середні значення ознак ліній-аналогів та рекурентних форм у широко- та вузькорядному посівах

Лінія	ДК		ВР		ПК ₁		ПК ₂		ПК ₃		ПК		ЗП		МЗП		ЗР		МЗР		МТЗ	
	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.
Карлик 1	18	19	71	76	1,9	1,0	3,8	0,4	2,1	0,2	7,9	1,5	259,2	12,9	6,0	0,4	318,0	48,6	7,6	1,5	23,2	30,8
Кооператорка	21	21	125	117	2,0	1,0	5,4	0,4	4,0	0,3	11,4	1,7	325,0	13,4	8,5	0,3	373,9	39,7	9,9	1,1	25,7	42,8
Кооператорка К-90	19	19	90	108	1,9	1,0	4,1	0,5	2,2	0,1	8,2	1,6	274,9	11,2	7,5	0,3	329,6	35,5	9,2	1,0	27,7	28,6
Кооператорка К-70	19	19	65	67	1,8	1,0	4,9	0,5	3,4	0,1	10,1	1,7	316,9	13,2	6,8	0,3	372,9	42,6	8,3	0,9	22,6	21,6
Одеська 3	23	23	108	119	1,7	1,1	4,8	0,6	2,6	0,3	9,2	2	259,0	23,3	6,9	0,7	309,9	53,2	8,4	1,6	27,3	28,8
Одеська 3 К-75	19	19	79	86	1,7	1,1	5,4	0,5	2,6	0,3	9,8	1,9	332,7	19,3	8,2	0,4	392,1	54,9	9,9	1,3	24,4	23,3
Одеська 51	21	20	83	106	1,5	1,1	3,7	0,6	2,7	0,2	7,8	1,9	231,1	20,2	7,0	0,6	282,1	52,1	8,8	1,6	30,5	30,6
Одеська 51 К-73	20	20	61	64	1,9	1,2	3,8	0,8	2,7	0,4	8,5	2,3	231,1	25,8	5,0	0,6	281,4	54,0	6,4	1,3	23,1	34,2
Степняк 1	23	20	104	120	1,7	1,1	5,6	0,5	3,7	0,2	11,0	1,9	375,3	18,4	12,2	0,6	430,2	47,7	14,3	1,5	32,6	32
Степняк 2	20	20	116	115	1,8	1,1	6,6	0,7	3,2	0,1	11,6	1,9	394,5	15,9	12,6	0,4	447,2	40,6	14,5	1,2	31,8	29,1
Степняк 3	21	20	92	108	1,8	1,2	5,5	0,9	3,0	0,2	10,3	2,3	344,6	32,2	10,9	1,1	399,2	60,8	12,9	2,2	31,3	34,6
Степняк 2К	21	19	74	85	1,6	1,1	4,0	0,4	2,7	0,2	8,3	1,7	247,5	14,3	6,5	0,5	301,8	47,5	8,3	1,6	27,3	37,4
Середнє	20	20	89	98	1,8	1,1	4,8	0,6	2,9	0,2	9,5	1,9	299,3	18,3	8,2	0,5	353,2	48,1	9,9	1,4	27,1	31,2
НІР _{0,05} (фактор лінія)	1	1	5,6	4,9	—	—	—	—	—	—	2,4	—	100,9	—	3,5	—	—	—	3,7	—	4,4	—
НІР _{0,05} (фактор посів)	0,31		1,5		0,2		0,4		0,3		0,5		21,3		0,7		22		0,8		3,79	
R _{GxE} (df=11)	0,74*		0,94*		—		—		—		—		—		0,15		-0,17		0,08		—	

Примітки: ш. — широкорядний посів; в. — вузькорядний посів; * — достовірно при P=0,05.

Таблиця 3
Середні показники ознак головного колоса лійній-аналогів та рекурентних форм в широко- та вузькорядному посівах

Лінія	ДГК		ККК		КФК		КСК		ЗКк		ЗК		МЗК		ЩК	
	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.	ш.	в.
Карлик 1	9,1	7,3	20,2	18,7	20,1	16,8	0,1	1,9	2,9	2,1	58,7	35,7	1,6	1,1	21,4	24,2
Кооператорка	10,4	7,3	21,9	18,4	20,8	14,9	1,1	3,4	2,3	1,8	48,9	26,3	1,4	0,7	20,1	23,9
Кооператорка К-90	8,9	6,2	21,1	18,4	20,4	15,0	0,7	3,5	2,7	1,6	54,7	24,3	1,7	0,7	22,6	28,0
Кооператорка К-70	8,5	6,8	22,3	19,5	21,5	16,6	0,8	2,9	2,6	1,8	56,0	29,4	1,5	0,7	25,1	27,4
Одеська 3	9,7	7,5	23,7	20,4	21,9	17,1	1,8	3,3	2,3	1,7	50,9	29,9	1,5	0,9	23,6	25,8
Одеська 3 К-75	8,2	6,9	21,6	20,0	21,5	17,5	0,2	2,6	2,8	2,0	59,3	35,6	1,7	0,9	25,1	27,6
Одеська 51	8,2	6,6	21,3	20,0	20,7	16,9	0,6	3,1	2,4	1,9	51,0	31,9	1,9	1,0	24,8	28,7
Одеська 51 К-73	8,7	6,6	20,2	17,7	19,9	15,1	0,2	2,6	2,5	1,9	50,3	28,1	1,4	0,7	22,0	25,3
Степняк 1	10,7	7,7	22,7	19,4	22,2	17,0	0,5	2,4	2,5	1,7	54,9	29,3	2,1	1,0	20,3	23,9
Степняк 2	9,7	7,1	20,4	17,9	19,5	13,9	0,9	4,0	2,7	1,8	52,6	24,7	1,9	0,8	20,0	23,9
Степняк 3	9,4	7,6	21,7	19,4	21,5	17,3	0,2	2,2	2,5	1,7	54,6	28,6	2,0	1,0	22,1	24,5
Степняк 2К	9	7,4	20,5	18,4	19,8	15,9	0,7	2,4	2,7	2,1	54,2	33,2	1,8	1,1	21,8	23,5
Середнє	9,2	7,1	21,5	19,0	20,8	16,2	0,7	2,9	2,5	1,8	53,9	29,8	1,7	0,9	22,4	25,7
НІР _{0,05} (фактор лінія)	0,5	0,4	0,6	0,8	0,7	1,0	0,7	0,8	0,3	0,5	-	3,8	0,3	0,2	1,4	0,9
НІР _{0,05} (фактор посів)	0,13		0,2		0,24		0,3		0,1		1,5		0,1		0,34	
R _{GxE} (df=11)	0,73*		0,61*		0,66*		0,75*		-		-		-		0,82*	

Примітки: ш. — широкорядний посів; в. — вузькорядний посів; * — достовірно при P=0,05.

Таблиця 4

Генотипові кореляції між ознаками у вузько- та широкорядному посіві

Пари ознак		ККК	КФК	КСК	ЗКк	ЩК	ЗК	МЗК
ВР	в.	0,23	-0,05	0,46*	-0,47*	-0,13	-0,34*	0,12
	ш.	0,43*	0,21	0,47*	-0,14	-0,23	-0,31	0,11
ДГК	в.	0,33	0,43*	-0,34	0,15	-0,73*	0,32	0,48*
	ш.	0,29	0,27	0,13	-0,12	-0,59*	-0,07	0,17
Пари ознак		ЗП	МЗП	ЗР	МЗР	МТЗ	ПК	ДК
ВР	в.	0,05	0,18	-0,07	0,18	0,17	0,03	0,47*
	ш.	0,39*	0,52*	0,36*	0,50*	0,33*	0,47*	0,46*
ДГК	в.	0,32	0,37*	0,37*	0,46*	0,03	0,28	0,35*
	ш.	0,45	0,50*	0,43*	0,48*	0,27	0,55*	0,54*

Примітка: * — достовірно при $P=0,05$.

Недостовірні негативні кореляції між ВР та ЩК як у вузько-, так і в широкорядному посіві підтверджують компактизацію колосу, яка відбувається під дією *Rht*-генів [4].

У вузькорядному посіві простежені помірні позитивні генотипові кореляції КФК та МЗК з ДГК, хоча в широкорядному посіві такий зв'язок був недостовірний, також не спостерігали кореляцій між цими ознаками та ВР.

Загалом, у вузькорядному посіві лінії були вищі, ніж у широкорядному, окрім Кооператорки, де спостерігали протилежну тенденцію, і лінії Степняк 2, відмінності між якими за ВР були невірогідні. Також вони характеризувались меншою ДГК, ПК, ККК, КФК, ЗК, ЗКк, ЗП, ЗР, більшою КСК, ЩК та МТЗ у порівнянні з рослинами, вирощеними в широкорядному посіві. В обох типах посіву спостерігали достовірні відмінності за ВР у рослин дикого типу, одно- та двогенних карликів, які ранжовані відповідно. Відмінності між лініями, які спостерігалися в широкорядному посіві за ознаками ПК, ЗП, МЗП, МЗР, у вузькорядному нівелювалися (табл. 2, рис. 2 В та Г). Достовірних відмінностей між лініями за ЗР не спостерігали ні в широкорядному, ні у вузькорядному посівах, проте тенденції були різноспрямовані.

ДГК була більшою у ліній без генів короткостебловості як у широко-, так і у вузькорядному посівах (табл. 3, рис. 2 Б). Цікаво, що у вузькорядному посіві довжина колоса у Карлика 1 (*Rht8c Rht-B1b*), Степняка 3 (*Rht8c*) та Степняка 2К (*Rht8c Rht-D1b*) була на рівні високорослих ліній Кооператорка, Одеська 3, Степняк 1. У той же час на генетичному фоні сорту Одеська 3 лінія з двома генами короткостебловості характеризувалася достовірно меншою ДГК, ніж її високорослий аналог як у вузько-, так і в широкорядному посіві.

Хоча лінія Одеська 51 К-73 (*Rht8c Rht-B1e*) у широкорядному посіві мала достовірно більшу ДГК, ніж її рекурентна форма, проте у вузькорядному посіві ці лінії не розрізнялись. На генетичному фоні сорту Кооператорка рекурентна лінія мала більшу ДГК, ніж обидва її короткостеблові аналоги в обох варіантах посіву. В широкорядному посіві ДГК була більша, хоча і не достовірно, у Кооператорки К-90 (*Rht8c*), ніж у Коопера-

торки К-70 (*Rht8c*, *Rht-B1e*), а у вузькорядному посіві навпаки (табл. 3). Схожі зміни відбувалися і з лініями на генетичному фоні сорту Степняк. Так, лінія Степняк 2, яка в широкорядному посіві не відрізнялась за ДГК від лінії Степняк 3 і була достовірно більшою за Степняк 2К. У вузькорядному посіві ця лінія характеризувалася найменшою ДГК на генетичному фоні сорту Степняк, достовірно від Степняк 2К не відрізнялася, але мала достовірно меншу ДГК за лінії Степняк 3 та Степняк 1. Такі розбіжності можуть свідчити про вплив не тільки визначених генів короткостебловості, а й генетичного фону, оскільки вони детектовані на двох з чотирьох досліджених у роботі генетичних фонів.

Загалом ККК у вузькорядному посіві зменшувалася. Лінія з двома генами короткостебловості Одеська 51 К-73 (*Rht8c Rht-B1e*) характеризувалася меншою ККК, ніж Одеська 51 (*Rht8c*), незалежно від типу посіву. Лінії Одеська 3 (без *Rht*-генів) та Одеська 3 К-75 (*Rht8c Rht-B1b*) за цією ознакою не розрізнялися у вузькорядному посіві, хоча в широкорядному лінія Одеська 3 К-75 характеризувалася меншими параметрами за цією ознакою. У широкорядному посіві лінія Кооператорка не відрізнялась від Кооператорки К-70 за ККК, а лінія Кооператорка К-90 мала достовірно менше значення цієї ознаки. У вузькорядному посіві лінія Кооператорка К-70 характеризувалась достовірно більшою ККК, ніж її аналоги, які не відрізнялись між собою. В посівах обох типів лінія Степняк 2 характеризувалась ККК на рівні Степняка 2К, яка була меншою, ніж у Степняк 1 та Степняк 3. В той же час у вузькорядному посіві останні дві лінії не відрізнялись, а в широкорядному лінія Степняк 1 мала достовірно більшу ККК. Перелічене вище підтверджує наявність неоднакових тенденцій в обох типах посіву.

Кількість стерильних колосків значно збільшувалася у вузькорядному посіві. Проте при порівнянні ліній між собою у вузькорядному посіві наявність двох генів короткостебловості призводила до дещо меншої КСК, хоча і не достовірно. Лінія Степняк 2 характеризувалася найбільшою КСК, за якою достовірно відрізнялася від своїх аналогів. У широкорядному посіві достовірні відмінності за КСК спостерігалися між Одеською 3 та Одеською 3 К-75, двогенний карлик характеризувався меншим значенням цієї ознаки.

Логічно, що у зв'язку зі зростанням КСК та ЩК у вузькорядному посіві зменшується КФК (табл. 3). На генетичному фоні сорту Кооператорка лінія Кооператорка К-70 мала більшу КФК, ніж більш високорослі форми на цьому ж генетичному фоні незалежно від типу посіву. Лінії Одеська 3 та Одеська 3 К-75 за цією ознакою не розрізнялися. На генетичному фоні сорту Одеська 51 наявність *Rht-B1e* алелю призводила до достовірного зменшення КФК у посівах обох типів. На генетичному фоні сорту Степняк лінії Степняк 1 та Степняк 3 в посівах обох типів характеризувалися більшою КФК, ніж їхні аналоги. Хоча в широкорядному посіві лінії Степняк 2 та Степняк 2К не розрізнялися, у вузькорядному достовірно меншу КФК мав Степняк 2.

Лінії у вузькорядному посіві мали достовірно менше ЗК, ніж в широкорядному, а в останньому за цією ознакою не розрізнялися. У вузькорядному посіві лінії з двома генами короткостебловості загалом мали більшу ЗК, ніж високорослі форми, за виключенням ліній на генетичному фоні сорту Одеська 51. За МЗК у вузькорядному посіві короткостеблові аналоги не відрізняються від високорослих форм, лише лінія Одеська 51 К-73 має достовірно меншу МЗК, ніж її аналог Одеська 51, ця тенденція також простежується в широкорядному посіві.

Загалом МТЗ була вищою у рослин у вузькорядному посіві, проте достовірних різниць між лініями, на відміну від широкорядного посіву, не детектовано. У широкорядному посіві лінії з двома генами короткостебловості характеризувалися меншою МТЗ, ніж їхні більш високорослі форми. Такі ж відмінності за МТЗ ми спостерігали протягом трьох років досліджень цих ліній у широкорядному посіві.

Висновки. Виявлені достовірні відмінності між проявом ознак залежно від типу посіву. Зростання врожаїв, отримане за рахунок введення *Rht*-генів, пов'язано саме з їхньою прямою дією — зниженням висоти рослин, яке підвищує стійкість рослин до вилягання.

Ефекти *Rht*-генів на висоту рослини, дату колосіння, довжину, кількість фертильних та стерильних колосків з головного колоса та загалом кількість колосків з головного колоса, масу зерен з підгонів та рослини, число зерен з рослини, детектовані в широкорядному посіві, неоднозначно змінювалися у вузькорядному. Відмінності між лініями в широкорядному посіві за ознаками «сумарне продуктивне кущення», «маса зерна з підгонів та з рослини», «маса тисячі зерен», «число зерен з підгонів» нівелюються у вузькорядному.

За ознаками «висота рослин», «довжина головного колоса», «кількість колосків у колосі», «кількість фертильних та стерильних колосків у колосі», «маса зерен з підгонів та рослини», «дата цвітіння» виявлені достовірні ефекти взаємодії генотип — середовище. При цьому щодо висоти рослин спостерігається середня симілярність реакцій генотипів на зміну типу посіву без суттєвої зміни рангів. Стосовно ознак головного колоса (довжина, кількість стерильних колосків і дата цвітіння) виявлена висока симілярність ($R_{G \times E} = 0,73^* \dots 0,75^*$) реакцій генотипів на умови; для ознак «щільність колосу», «кількість фертильних та загальна кількість колосків у колосі» — середня односпрямованість ($R_{G \times E} = 0,61^* \dots 0,69^*$), а ознак рослини (число зерен з рослини, маса зерен з підгонів та рослини) — хаотичність реакцій ($R_{G \times E} = -0,17 \dots 0,15$).

Маса тисячі зерен залежала від умов середовища (типу посіву) і у вузькорядному посіві не була пов'язана з наявністю генів короткостебловості в генотипі, а в широкорядному — лінії з двома генами короткостебловості характеризувалися меншою МТЗ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чистилин Г. В. Способы посева интенсивных сортов озимой пшеницы при разных нормах высева семян на темно-серых лесных почвах ЦЧЗ: Автореф. дис. ... канд. с.-х. н. — Курск, 1997. — 20 с.
2. Чекалін М. М., Тищенко В. М., Баташова М. Є. Селекція та генетика окремих культур: Навчальний посібник. — Полтава: ФОРМОВИД С. В., 2008. — 368 с.
3. Чеботарь Г. А., Мощный И. И., Чеботарь С. В., Сиволап Ю. М. Прямые эффекты генов короткостебельности на генетическом фоне известных сортов пшеницы юга Украины // Цитология и генетика. — 2012. — Том 46, № 6. — С. 44–52.
4. Чеботарь Г. А., Чеботарь С. В., Мощный И. И., Сиволап Ю. М. Плейотропные эффекты гиббереллин-чувствительных и нечувствительных генов короткостебельности мягкой пшеницы в условиях Причерноморья // Генетика. — 2014 (в печати).
5. Rebetzke G. J., Bonnett D. G., Ellis M. H. Combining gibberellic acid-sensitive and insensitive dwarfing genes in breeding of higher-yielding, sesqui-dwarf wheats // Field Crops Res. — 2012. — Vol. 127. — P. 17–25.
6. Chebotar S. V., Fayt V. I., Borner A. Pyramiding of dwarfing genes in the winter bread wheat varieties from the South Ukraine // EWAC Newsletter. — 2008. — P. 64–68.
7. Файт В. И., Чеботарь С. В., Мокану Н. В., Пилипенко М. В. Эффекты аллелей гена *Rht8* по агрономическим признакам у озимой мягкой пшеницы в условиях степи юга Украины // Цитология и генетика. — 2007. — Т. 41, № 2. — С. 30–36.
8. Хангильдин В. В. Создание аналогов старых селекционных сортов как метод консервации генов адаптивности для использования в селекции // Мат. II совещания «Изогенные линии и генетические коллекции». — Новосибирск: ИЦИГ СО РАН, 1993. — 194 с.
9. Чеботарь Г. А., Чеботарь С. В., Мощный И. И., Лобанова Е. И., Сиволап Ю. М. Молекулярно-генетический анализ линий-аналогов мягкой пшеницы, различающихся по высоте растений // Вісник Одеського національного університету. — 2009. — Т. 14, вип. 8. — С. 61–71.
10. Чеботар Г. О., Мощный И. И., Чеботар С. В., Сиволап Ю. М. Вплив алелів генів короткостебловості та гена *Ppd-D1* на агрономічні ознаки м'якої пшениці // Збірник СГІ–НЦНС. — 2010. — Вип. 16 (56). — С. 148–160.
11. Лобашев М. Е. Генетика: Учебник. — 2-е изд. — Л.: ЛГУ, 1967. — 752 с.
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. — М.: Колос, 1973. — 336 с.
13. Герасименко В. П. Оцінка взаємодії генетичних факторів з умовами зовнішнього середовища у дев'яти сортів тритикале дисперсійним та кореляційним методами // Аграрний вісник Причорномор'я: Зб. наук. праць. — Одеса: ОДСГІ, 2004. — Вип. 26, ч. 2. — С. 161–166.
14. Скурыдин Г. М., Багинская Н. В. Новый подход в корреляционном анализе количественных признаков [Электронный ресурс] // Сб. тр. конф., посвященной 90-летию со дня рождения А. А. Ляпунова. 8–11 октября 2001 г. — Новосибирск, 2001. — Режим доступа: <http://www-sbras.nsc.ru/wc/Lyap2001/>.
15. Інформаційний щорічник щодо активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів на території України за даними моніторингу ЕГП — Київ: Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2012. — 105 с.

Надійшла 14.11.2013 р.

UDC 633.11:575

Chebotar G. O., Chebotar S. V., Motsnyy I. I., Fayt V. I., Sivolap Yu. M.
Collected scientific articles of PBGI-NCSCI (in Ukrainian). 2013. Issue 22 (62).

EFFECTS OF RHT-GENES ON BIOLOGICAL AND AGRONOMICAL TRAITS OF WHEAT IN WIDE ROWS AND PLOTS

Different types of sowing have a diverse impact on plant growth and productivity. Thus, the effects of alleles of dwarfing genes in analogue-lines of well known varieties in southern Ukraine were investigated in wide rows and plots. The aim of our work was to compare the effects of the *Rht*-genes on agronomically important traits of winter bread wheat in two different types of sowing.

As a material were used analogue-lines created in the 1990th by V. V. Khangildin on the genetic background of historically well known varieties such as: Kooperatorka, Odesskaya 3, Odesskaya 51, Stepnyak in PBGI. The lines are genetically different in plant height and contain different alleles of the dwarfing genes (Chebotar et al., 2010).

Plants were grown in the field of PBGI in 2011 in wide rows and in 3 m²plots. The data analysis was performed with two-factor analysis of variance (ANOVA) using the software package Statistica 7 (Statsoft 2005). The reliability of differences was determined by LSD of appropriate level of significance for each factor or their interaction (Dospheov, 1973). The correlation coefficient of ranks $R_{G \times E}$ (by Spearman) was used to detect a statistical estimation of genotype x environment interaction between the same genotypes in different growing conditions. To calculate the genotypic correlation coefficients (R_G) by Pearson the data were converted by Skurydin and Baginskaya (2002) to eliminate the effects of environmental components.

In general, the plants grown up in the plots were higher than in the wide rows except Kooperatorka, for which the opposite trend was observed. Line Stepnyak 2 does not significantly differ by plant height in both types of sowing. The plants grown in the plots were characterized by lower main spike length, productive tillering, number of spikelets in the main spike, number of kernels in the main ear, number of kernels from the secondary ears, number of kernels per plant, higher number of sterile spikelets, main spike density and 1000 kernels weight compared with the plants grown in the wide rows. In both types of sowing significant differences were observed for plant height in wild-type plants, one- and two-gene dwarfs, at the same time the ranks were remained. The differences between lines observed in wide rows for productive tillering, number and weight of kernels from the secondary ears and from the plant were leveled off in the plots. Significant differences between the lines by the number of kernel per plant were observed both in the plots and in the wide rows, but the trends were different.

We found significant differences between the manifestation of traits, depending on the type of sowing. Increase of yields obtained by the introduction of *Rht*-genes is associated with their direct effect — a reduction in plant height, which increases the plant resistance to lodging.

Effects of *Rht*-genes on plant height, heading date, length, number of fertile and sterile spikelets in the main spike, general number of spikelets in the main spike, grain weight from secondary ears and plants, the number of grains per plant, detected in wide rows varied in plots. Differences between the analogue-lines and the recurrent forms by total productive tillering, kernels weight from the secondary ears and from the plant, 1000 kernels weight, and number of kernels from the secondary ears detected in wide rows were leveled in plots.

The significant effects of genotype-environment interaction were revealed for plant height, flowering date, main spike length, number of spikelets per ear, number of fertile and sterile spikelets per ear, grain weight from secondary ears and plants. Average similarity of the genotype reactions on changes of sowing type were observed for plant height, without significant changes of ranks. High similarity of the genotype reactions on changes of sowing type were observed for the main ear features such as length, number of sterile spikelets and flowering date ($R_{G \times E} = 0,73 * \dots 0,75 *$). For the traits: ear density, number of spikelets per ear, number of fertile spikelets per ear the middle unidirectional reactions were detected ($R_{G \times E} = 0,61 * \dots 0,69 *$). Number of grains per plant, weight of kernels from the secondary ears and plants were characterized by chaotic effects of genotype-environment interaction ($R_{G \times E} = -0,17 \dots 0,15$).

Weight of 1000 kernels depended on environmental conditions (such as type of sowing) and in the plots was not associated with the presence of the dwarfing genes in the genotype. In wide rows the lines with two dwarfing genes were characterized by lower 1000 kernels weight than semi dwarf or wild type plants.

Tables — 4. Figures — 2. Bibliography — 15.

УДК 633.11:575

Чеботарь Г. А., Чеботарь С. В., Моцный И. И., Файт В. И., Сиволап Ю. М. Сборник научных трудов СГІ–НЦНС. 2013. Вып. 22 (62).

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТОВ *Rht*-ГЕНОВ ПО КОМПЛЕКСУ БИОЛОГИЧЕСКИХ И АГРОНОМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПШЕНИЦЫ В ШИРОКО- И УЗКОРЯДНОМ ПОСЕВАХ

Проведено сравнение эффектов аллелей генов короткостебельности на биологические и агрономические признаки у линий-аналогов известных сортов юга Украины в широко- и узкорядном посевах. Эффекты

Rht-генов на ряде признаков детектируемых в широкорядном посеве неоднозначно менялись в узкорядном. Так, различия между линиями по суммарному продуктивному кущению, массе зерен с подгона и растения, массе тысячи зерен, числу зерен с подгонов, определенные в широкорядном посеве, в узкорядном нивелировались. Выявлены достоверные эффекты взаимодействия генотип — среда по признакам высота растений, длина главного колоса, количество колосков в колосе, количество фертильных и стерильных колосков в колосе, масса зерен с подгона и растения, дата цветения.

Таблицы — 4. Рисунки — 2. Библиография — 15.

UDC 577.2:631 [633.111:664.64.016.8]

O. O. KOLESNYK, Junior Researcher, S. V. CHEBOTAR, Dr. Sc. (Biology), Senior Researcher, Corresponding-Member of NAAS, Yu. M. SYVOLAP, Dr. Sc. (Biology), academician of NAAS, Head of Depart., V. M. TSEVMA, Senior Researcher, O. M. KHOKHLOV, Ph. D., Head of lab., M. A. LITVINENKO, Dr. Sc. (Agriculture), academician of NAAS, Head of Depart., PBGI–NCSCI, Odesa
e-mail: emerald-olga@ukr.net

THE COURSES OF NURSERIES CONTROL AND VARIETY INVESTIGATION SYSTEMS FOUNDED ON MOLECULAR MARKERS

Principles of molecular marker systems for breeding and varieties investigation needs were analyzed on model experimental data. The key features of such systems are minimally required number of markers, sets of varieties used as 'localized etalons', and dedicated analytic instruments ready for enhancement. Attention is paid to improve discriminant ability of these systems. UPOV recommendation to use 8 MS markers is considered as not sufficient.

Key words: molecular markers, microsatellite analysis, variety investigation, identification, winter bread wheat.

Introduction. Molecular markers are considered to be an indispensable tool of modern genetic research because of their clear manifestation of genetically determined differences in varying environmental conditions and relative simplicity combined with accessibility of the analysis.

Over the past three decades, the total number of the proposed molecular markers reached such a level, which makes it possible to construct high density genetic maps [1, 2]. A large set of markers is being used in fine genetic studies nowadays [3–5], but for the most purposes of the current breeding such a detailed analysis is excessive both in substance and expenditures. Insufficient elaboration of approaches to optimize molecular markers systems of identification and variety control in some way holds back the widespread introduction of the latter into practice of variety investigation. Hence the importance of the problem comes up in the headline of this article.

Material and methods. As a model example there were selected results of our research of 49 lines picked out under the «ear-row» scheme from soft winter wheat varieties bred by the Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigation using 17 microsatellite loci, the part of which was given in the guidelines on the differentiation and identification of wheat varieties and was used in our previous researches [6, 7]. This outlines the range of applications: the model simulates the operation with monomorphic varieties or with the clean lines of composed varieties,

i. e. the final stages of breeding, seed nurseries, dedicated collections and so on. It is assumed that in consequence of breeding these varieties are adapted to the conditions of a certain region, i. e. the genetic basis of such varieties is respectively narrowed compared to the complete gene pool of the culture.

The choice of the microsatellite loci (MS) is dictated by their advantages over other molecular markers that are used in the studies of genetic polymorphism of wheat varieties. Particularly they attract by relative simplicity and accessibility of their analysis, by large number of the mapped loci that uniformly cover the entire genome of *T. aestivum* L., by significant polymorphism, and co-dominant nature of their inheritance [1, 2, 8]. MS analysis attracts also by the opportunity to conduct research of DNA isolated from individual genotypes and by its developed technical basis for the implementation of this method. Also it was foreseen by the research plan to study conditions of application of the approaches for all markers at all, including non-molecular markers.

The list of the selected markers is given in Table 1. It should be noted that some MS-markers can detect additional loci on other chromosomes (they are shown in parentheses), but these additional loci are characterized generally by different size of the alleles which are not investigated in our research.

For the analysis of the data there were used the software tools Excel 2010, FileMaker 12.0, Statistica 6.0.

Results and discussion. Optimizing of the number and composition of the markers. During the research of all 49 wheat lines using 17 MS loci there were revealed 110 alleles with, on the average, 6.5 alleles (Table 1). Theoretically this system is able to identify up to $1,925 \times 10^{13}$ alleles uniquely, i. e. about 20 trillion of all the possible combinations of alleles, what is many orders greater than the potential number of all varieties in the world. PIC (*polymorphism information content*) indicates a significant amount of «polymorphic» information in loci.

The represented data indicates that the system of the 17 MS markers would be excessive for the differentiation of a relatively small set of varieties (of about 50). Due to the large amount of diverse information, which should be taken into the account, it is impossible to be bound by purely formal rules of screening of the minimally required set of markers, so it is somewhat empirical process.

Altogether there were formed three sets of markers. First set was composed of loci with the highest number of alleles, further the primary right was given to the index of polymorphism PIC (set 2). All the remaining markers went into the third set. The composition of the three sets of markers is given in Table 2, marked with ordinal numbers from Table 1.

The marker locus number 15 (*Xgwm408*) had to be included in all three sets, the identification without it would not be complete. The same reason was for including the marker locus number 2 (*Xgwm095*) in the composition of set 2 and set 3. The cumulative curves of the number of uniquely identified varieties for all three sets are shown in Figure 1; the curve for set 3, composed of eight markers which detect the least polymorphic loci, was the shallowest one.

Table 1

The quantitative composition of alleles in the studied loci

№	Locus	Cromosome	Alleles	PIC
1	Xgwm186	5A	9	0,68
2	Xgwm095	2A	5	0,64
3	Xgwm357	1A	7	0,76
4	Xgwm18	1B(4B)	5	0,74
5	Xgwm190	5D	2	0,46
6	Xgwm3	3D(2D)	7	0,82
7	Xgwm165/l	4D(4A, 4B)	5	0,71
8	Xgwm155	3A	10	0,84
9	Xgwm437	7D	4	0,55
10	Xgwm389	3B	7	0,82
11	Xgwm325	6D	11	0,81
12	Xgwm44	7D(4A)	6	0,62
13	Xbarc126	7D	9	0,74
14	Xwmc405	7D(1D, 5B, 5D, 7A)	6	0,61
15	Xgwm408	5B	7	0,64
16	Xgwm577	7B	5	0,62
17	Taglgap	1B	5	0,50

Table 2

The composition of the minimized set of markers

Name	The composition of the selected markers	Alleles/marker	PIC/marker	A theoretical number of combinations
Set 1	1, 3, 8, 11, 13, 15	8,8	0,745	436.590
Set 2	2 , 4, 6, 7, 10, 15	6,0	0,727	42.875
Set 3	2 , 5, 9, 12, 14, 15 , 16, 17	5,0	0,580	252.000

Through numerical modeling it was found that the marker system which would be able to identify uniquely at least 99.99 % of varieties must «recognize» the number of allelic combinations of about 2 orders of magnitude greater than the number of the analyzed varieties. The real difference between the theoretical number of combinations given in Table 2 and the number of the identified lines (49) was of 3–4 orders of magnitude. The main reason for this large discrepancy lies in very uneven distribution of alleles in each of the studied loci. Consequently the combinations of the «minor» alleles are very low-probable and within small subsets of varieties (50–100 samples) simply not occur. Thus, for the pairs of loci *Xgwm155/Xgwm325* there were found no lines which combine alleles 129, 135, 137, 139, 141, 143 bp from the first locus (*Xgwm155*) and 115, 120, 128, 134, 138 bp — from the second one (*Xgwm325*) (Fig. 2). The larger part of these alleles has a frequency under 10 %, respectively the probability of their combinations is below 1 %. It is also likely that the probability of some combinations may deviate from the theoretically expected due to the formation of the co-adapted associations

of alleles of genes or of alleles of loci. The possibility of that arises from the genetic proximity of varieties originated from one breeding center, caused by joint descent from a number of precursor varieties, and also by systematic selection in the same natural conditions, using identical plant breeding criteria. Although the microsatellite loci could not display selectivity, though the data on regional differences [9–12] and the association with a number of breeding traits [13–17] suggest otherwise. This may be due to «canalization» — the selective fixation of only certain combinations of alleles and eliminating of «undesirable» combinations from some eco-niches.

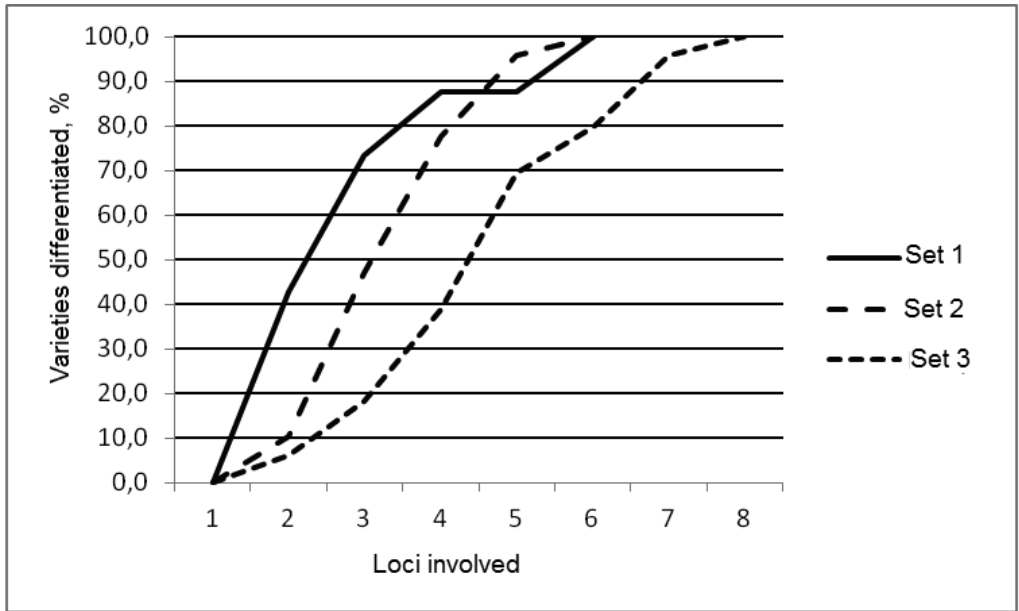


Fig.1. The rise of the separation ability of the marker system at step by step including of markers

Alleles of Xgwm155	Alleles of Xgwm325									
	115	120	128	134	138	142	144	146	148	150
129						■ 1				
135							■ 1			
137							■ 1			
139							■ 3	■ 1	■ 1	
141							■ 3		■ 1	
143							■ 2	■ 2		
145	■ 1		■ 3				■ 4	■ 1	■ 1	
147	■ 1		■ 2		■ 1		■ 2	■ 1		
149	■ 3	■ 2		■ 1	■ 1		■ 2	■ 3		■ 1
152	■ 1						■ 1	■ 1		

Fig. 2. The distribution of allele combinations studied in 49 lines by two marker loci (Xgwm155 and Xgwm325) in numerical and graphical modes

At first glance, the obtained results (the possibility of reducing the number of markers to 6–8 SSRs) are in good agreement with the recommendation

of UPOV about using 8 microsatellite markers [18]. However, please note that our results were obtained on the lines of the 49 varieties of close breeding origin while the regulations of UPOV should apply to much wider range in both quantitative and qualitative meanings. In the light of the above considerations it appears that the optimal number of markers during the official registration of new varieties should be slightly higher.

Selection of reference varieties. For practical reasons it is handy to have a compact work collection that is «localized», i.e. is consisted of varieties adapted to the certain region and contains in all the necessary alleles required for unique identification. This task was one of the goals of present investigation and as a result practically acceptable solutions were found. It should be noted that the outcome result depended on the action sequence. Out of the total 49 lines two sets were picked out, each containing all 110 alleles that were found in the investigated 17 loci. The first (minimal) set consists of 26 lines, and the second (35 lines) differs from the first one by relatively higher proportion of rare alleles. Formed in the present study the sets will later become the basis of the specialized collections of reference lines. Collections will be implemented into practice of variety investigation, and the composition of them will be improved.

The tools for the results analysis. For set of monomorphic varieties (lines) the key indicators which characterize the degree of difference/similarity between them are the total number of the same / different alleles, and also by which loci pairs of varieties are similar or different. Such information was the foundation at optimizing of both marker sets and at selection of the potential reference varieties. Table 3 shows a fragment of the similarity matrix of the examined lines which is denoted by the number of loci (out of the total their number, 17) which carry the same alleles. (The full matrix even for a such relatively small set of objects is too cumbersome to bring in the article). Each element of the matrix contains the result of generalization of 17 pairs of comparisons. In general, to fill out the entire table it was needed to perform about 40,000 operations of comparison (as matrix is symmetric — 20,000) and summarize them. With the growth of the quantity of analyzed varieties the scope of calculations increases with the rapid pace proportionally to the square of the samples number. To avoid the unproductive «manual» work dedicated tool for Excel environment was designed. It runs the cycle of calculations for each of the varieties automatically, only leaving the formation of the final table to be made «manually». The algorithm of the entire work could be used to develop fully automatic applications.

The tables of similarity (differences) can be subjected to further analysis without even additional preparation. It was verified by conducting the cluster analysis by software package Statistica, ver. 6.0 (Fig. 3).

Another important task in the context of this paper is the identification of the unknown samples by the results of the analysis of a certain set of markers. The general principle is simple — to find the appropriate row in the previously

Table 3

The fragment of the similarity matrix – the number of loci with identical alleles for 17 studied MS markers

Varieties	Hospodynia	Skarbnytsia	Kosovytsia	Antonivka	Zamozhnist'	Blahodarka odes'ka	Misiia odes'ka	Dal'nyts'ka	Yednist'	Kiriia	Liona	Kuial'nyk
Hospodynia	17	8	7	5	6	5	7	5	5	9	5	12
Skarbnytsia	8	17	7	7	7	7	7	6	4	6	7	9
Kosovytsia	7	7	17	8	7	6	7	9	4	6	10	8
Antonivka	5	7	8	17	7	6	6	6	5	4	5	6
Zamozhnist'	6	7	7	7	17	8	6	7	6	7	8	6
Blahodarka odes'ka	5	7	6	6	8	17	7	6	4	6	9	7
Misiia odes'ka	7	7	7	6	6	7	17	5	6	7	7	8
Dal'nyts'ka	5	6	9	6	7	6	5	17	9	8	7	6
Yednist'	5	4	4	5	6	4	6	9	17	4	6	5
Kiriia	9	6	6	4	7	6	7	8	4	17	7	9
Liona	5	7	10	5	8	9	7	7	6	7	17	7
Kuial'nyk	12	9	8	6	6	7	8	6	5	9	7	17

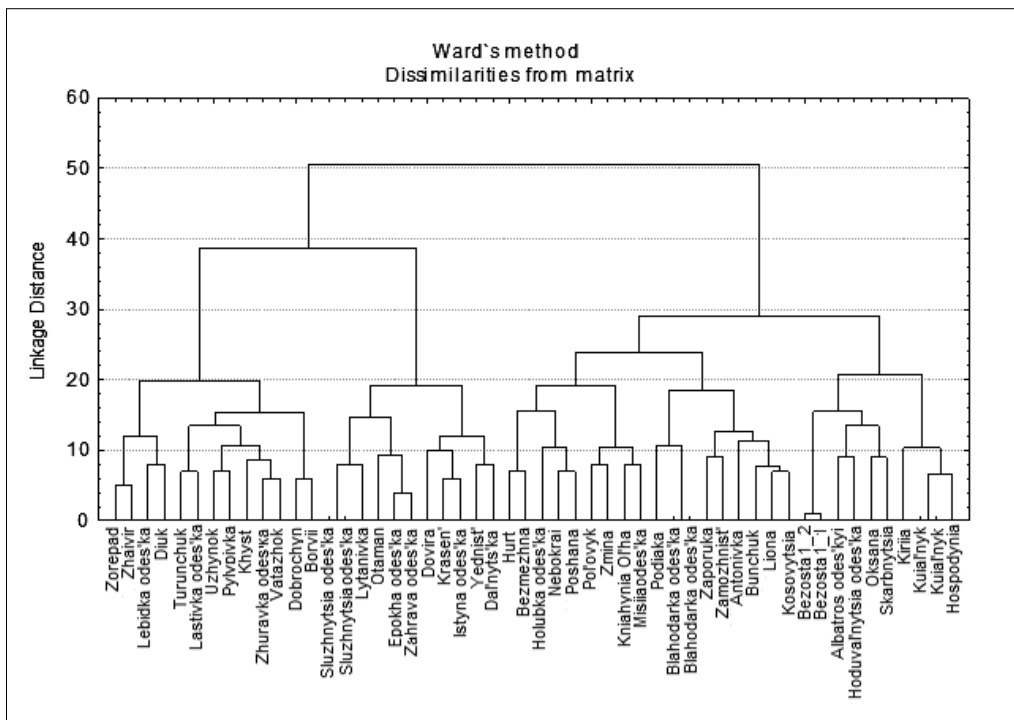


Fig. 3. Cluster analysis of the degree of difference between varieties by 17 MS markers

compiled «reference» table. However, at number of samples as well as markers, it is better to apply here computer technologies. Screenshot of template, which we prepared in Excel, is shown in Figure 4. In present case it is set up to work with 6 markers from set 1. Two different algorithms were prepared for this task. The first one (Dx) requires for identification the complete identity of the allelic composition of the given sample to the certain row of the reference table, and the second (Dbp), which was designed specifically for the analysis of MS markers, permits deviations no more than 1 pair of nucleotides in determining of the size of amplification products no more than in three or four of the six loci. In both cases, the result «0» in the corresponding row of the reference table means the complete coincidence. The procedure returns the catalog number and variety name in a special row of results. Any quantity of varieties which are the closest ones to the given variety under both criteria can be identified after sorting and then the results can be transferred to a separate table for further examination.

		Xgwm186	Xgwm3	Xgwm325	Barc126	Xgwm357	Xgwm408		0,27
		Loc01	Loc08	Loc11	Loc13	Loc03	Loc15		
40	Zhaivir	107	147	146	138	125	188		
RegN	Name	Loc01	Loc08	Loc11	Loc13	Loc03	Loc15	Dbp	Dx
40	Zhaivir	107	147	146	138	125	188	0,0	0
44	Zorepad	102	145	146	138	125	188	0,3	2
4	Antonivka	102	147	144	156	128	188	3,6	4
41	Zhuravka odes'ka	102	152	146	156	125	188	3,7	3
61	Uzhynok	102	145	128	142	128	188,192	3,8	6
56	Pol'ovyyk	102	149	144	156	119	188,192	3,9	6
21	Sluzhnytsia od.	102	145	150	156	134	188,192	4,5	6
6	Blahodarka od.	125	143	144	146	116	188,192	4,9	6
24	Zmina	102	137	144	156	134	188	5,3	5
28	Albatros odes'kyi	113	147	144	160	121	192	5,6	5
38	Dobrochyn	102	147	128	156	125	188,192	6,7	4
33	Vatazhok	102	145	128	156	125	188,192	6,8	5
8	Dal'nyts'ka	107	145	148	164	125	188	6,8	3
15	Bunchuk	125	139	144	156	125	188	7,2	4

Fig. 4. The result of identification of tested sample (fully corresponds to variety Zhaivir) in the environment of Excel 2010

For work not with individual samples, but with their sets the similar tool is easy to build in the database management system (DBMS). The results of the identification of number of samples carried out by means of DBMS FileMaker are shown in Figure 5. Here was also implemented the algorithm of identification of samples by the index of Dbp, which was previously tested and tuned up in Excel.

As noted above, the tools were developed so that they could work not only with MS, but also with other molecular, biochemical and even morphological markers. Depending on the situation, it may only be needed some adaptation

of input data through their conversion to an acceptable form. This feature has been successfully tested by us on the example of the published data of the results of electrophoresis of grain store proteins gliadin and glutenin [19, 20], i. e. protein markers *Gli* and *Glu*, which at one time were implemented in practice of official identification of USSR varieties [21], and were recommended later by UPOV [22]. It should be noted that these protein markers show disadvantage compared to MS markers by the resolution ability. For example, in research [20] of 75 variety lines 16 individual lines were not clearly identified — despite the fact that the analysis was based on all 10 of the available protein loci. It was impossible to distinguish variety Viktoriia odes'ka from variety Pysanka, each of which consists of 4 lines. The mentioned above is resulted by the fact that the composition of the gluten-forming proteins is under to strong selection pressure during intense screening by the technological quality of grain. That is why, in spite of the existing rich genetic polymorphism in wheat only a limited number of alleles and their combinations are implemented in varieties of PBGI. Thus, from Table 1, shown by the same authors, it could be defined that within the material studied by them 3.7 alleles were fallen on 1 locus on the average, and the mean value of PIC index amounted 0.480. According to these indices *Gli* and *Glu* markers are less powerful comparing even to the least informative MS markers selected from our set 3 (Table 2).

Input	Loc01	Loc08	Loc11	Loc13	Loc03	Loc15	RegN	Name
KCB_021	102	145	150	156	134	188.192	21	Sluzhnytsia odes'ka
KCB_022	113	141	148	164	134	188.192	22	Hoduval'nytsia od.
KCB_023	139	141	144	164	128	188.192	23	Istyna odes'ka
KCB_024	102	137	144	156	134	188	24	Zmina
KCB_025	135	135	144	164	134	188	25	Dovira
KCB_026	102	139	144	164	128	188	26	Krasen'
KCB_027	102	145	146	166	125	188	27	Otaman
KCB_028	113	147	144	160	121	192	28	Albatros odes'kyi
KCB_031	113	149	120	166	123	185	31	Bezmezna
KCB_032	139	149	134	156	125	188.192	32	Borvii

Fig. 5. The result of identification of 10 tested samples in DBMS of FileMaker 12.0

The approaches we developed on MS markers are easy to adapt to the new markers, if any would be offered. Created within our investigation tools or their algorithms could be integrated to the general computerized systems of the traffic control of seeds in the breeding, seed industry and other institutions.

Conclusions

1. The approaches to optimize the number and composition of molecular markers for variety investigation needs, control of breeding and seed nurseries were developed. There were formed out of 17 PCR markers three mini-

mized sets, which are close by their differential ability, each of which assesses 6–8 loci and is able to distinguish varieties related by the origin of the same breeding centre. The system recommended by UPOV concerning 8 MS markers for wheat may be insufficient in certain situations in spite of hundreds of thousands combinations of alleles theoretically possible for that quantity of mapped loci. A lot of mentioned combinations actually fall out because of a very low probability of their realization and this condition significantly limits the number of varieties that could be uniquely identified.

2. The empirical algorithms of creation of the compact collections of reference lines were developed; and two sets of candidate varieties were created, the minimal and the extended ones consisting of 26 and 35 varieties, respectively, each of which includes all 110 alleles from 17 studied loci.

3. The algorithms and tools for semi-automatic computerized analysis of variety investigation data were created: a) for constructing of a matrix of similarity/difference; b) for individual/group identification of the unknown samples; tools were tested in environments of spreadsheets (Excel) and database management systems (FileMaker).

BIBLIOGRAPHY

1. Röder M. S., Korzun V., Wendehake K., Plaschke J., Tixier M.-H., Leroy P., Ganal M. A microsatellite map of wheat // *Genetics*. — 1998. — V. 149. — P. 2007–2023.
2. Somers D. J., Isaac P., Edwards K. A high-density microsatellite consensus map for bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Theor. Appl. Genet.* — 2004. — V.109. — P.1105–1114.
3. Sourdille P., Singh S., Cadalen T., Brown-Guedira G. I., Gay G., Qi L., Gill B. S., Dufour P., Murigneux A., Bernard M. Microsatellite-based delation mapping system for the establishment of genetic map physical map relationships in wheat // *Funct. Integr. Genomics*. — 2004. — V. 4. — P. 12–25.
4. Malysheva-Otto L. V., Ganal M. W., Röder M. S. Analysis of molecular diversity, population structure and linkage disequilibrium in a worldwide survey of cultivated barley germplasm (*Hordeum vulgare* L.) // *BMC Genetics*. — 2006. 7:6 <http://www.biomedcentral.com/1471-2156/7/6>
5. Schnurbusch T., Paillard S., Fossati D., Messmer M., Schachermayr G., Winzeler M., Keller B. Detection of QTLs for *Stagonospora glume blotch* resistance in Swiss winter wheat // *Theor. Appl. Genet.* — 2003. — V. 107. — P. 1226–1234.
6. Identification and registration of the genotypes of soft wheat, barley, sunflower by analyzing the microsatellite loci / Yu. M. Sivolap, S. V. Chebotar, M. S. Bal'vins'ka, N. E. Kozhukhova, A. E. Solodenko, V. V. Volkodav // *Methodical guidelines*. — Odesa, 2004. — 14 p.
7. Kolesnyk O. O., Chebotar S. V., Khokhlov O. M., Sivolap Yu. M. Differentiation of the modern winter wheat varieties of South Ukraine by the allelic composition of microsatellite loci // *Zbirnyk naukovykh prats of PBGI — NCSCI*. — Odesa, 2012. — Issue. 19 (59). — P. 47- 59.
8. Pestsova E. Isolation and mapping of microsatellite markers specific for the D genome of bread wheat / E. Pestsova, M. W. Ganal, M. S. Röder // *Genome*. — 2000. — V. 43, No. 4. — P. 689–697.

9. Röder M. S., Wendehake K., Korzun V. et al. Construction and analysis of a microsatellite-based databasa for European wheat cultivars // *Theor. Appl. Genet.* — 2002. — V. 106, No. 1. — P. 67–73.
10. Chebotar S. V, Röder M. S., Börner A., Sivolap Yu. M. Characterisation of Ukrainian bread wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm by using microsatellite markers // *Byul. of State Nikitsky Botanical Garden, Yalta.* — 2002. — Vol. 85. — P. 8–11.
11. Landjeva S., Korzun V., Ganeva G. Evaluation of genetic diversity among Bulgarian winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties during the period 1925–2003 using microsatellites // *Genet. Resour. Crop. Evol.* — 2006. — V. 53, No. 8. — P. 1605–1614.
12. Dreisigacker S., Zhang P., Warbutron M. L., Van Ginkel M., Hoisington D., Bohn M., Melchinger A. E. SSR and pedigree analyses of genetic diversity among CIMMIT wheat lines targeted to different megaenvironments // *Crop Sci.* — 2004. — V. 44, No. 2. — P. 381–388.
13. Korzun V., Röder M. S., Ganal M. W. et al. Genetic analysis of the dwarfing gene (Rht 8) in wheat. Part I. Molecular mapping of Rht8 on the short arm of chromosome 2D of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Theor. Appl. Genet.* — 1998. — V. 96, No. 8. — P. 1104–1109.
14. Prasad M., Kumar N., Kulwal P. M. et al. QTL analysis for grain protein content using SSP markers and validation studies using NILs in bread wheat // *Theor. Appl. Genet.* — 2003. — V. 106, No. 4. — P. 659–670.
15. Spielmeyer W., Sharp P. J., Lagudah E. S. Identifications and validation of markers linked to board-spectrum stem rust resistance gene *Sr2* in wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Crop Science.* — 2003. — V. 43, No. 1. — P. 333–336.
16. Anderson J. A., Stack R. W., Liu S. et al. DNA markers for *Fusarium head blight* resistance QTLs in two wheat populations // *Theor. Appl. Genet.* — 2001. — V. 102, No. 8. — P. 1164–1168.
17. Brbaklic L., Trkulja D., Kondic-Spika A., Treskic S., Kobiljski B. Detection of QTLs for important agronomical traits in hexaploid wheat using association analysis // *Czech J. Genet. Plant Breed.* — 2013. — V. 49, No. 1. — P. 1–8.
18. UPOV/Inf/18/1 Possible use of molecular markers in the examination of distinctness, uniformity and stability (DUS). — UPOV, 2011. — 26 p.
19. Černý J., Šašek A. Bílkovinné signální geny pšenice obecné. — ÚZPI, Praha, 1996. — 94 p.
20. Rybalka O. I., Chervonis M. V., Litvinenko M. A. Genetic heterogeneity of wheat variety of Odessa breeding by allelic composition of GLI/GLU- loci // *Vestnik agrarnoi nauky.* — 2008. — № 2. — P. 54–59.
21. Methodical materials of State Commission on variety investigation of crops at the Ministry of Agriculture of the USSR. — Moscow, 1984. — 68 p.
22. TG/3/11 Corr. Corrigendum to guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. — UPOV, 1996. — 30 p.

Article received 30.10.2013.

УДК 577.2:631[633.111:664.64.016.8]

Колесник О. О., Чеботар С. В., Сиволап Ю. М., Цевма В. М., Хохлов О. М., Литвиненко М. А. Збірник наукових праць СГІ–НЦНС. 2013. Вип. 22 (62).

ШЛЯХИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМ СОРТОВИВЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ РОЗСАДНИКІВ ЗА МОЛЕКУЛЯРНИМИ МАРКЕРАМИ

На модельному матеріалі досліджено шляхи конструювання оптимальних систем ідентифікації сортів за молекулярними маркерами для потреб селекції та сортовивчення. Ключовими елементами таких систем є добір мінімально необхідної кількості маркерів, створення «локалізованої» колекції сортів-еталонів, розробка інструментів аналізу даних з можливістю їхнього розширення. Приділяється увага підвищенню роздільної здатності цих систем. Критично аналізуються рекомендації UPOV.

Таблиця — 3. Рисунки — 5. Бібліографія — 22.

УДК 577.2:631 [633.111:664.64.016.8]

ПУТИ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМ СОРТОИЗУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ РАССАДНИКОВ ПО МОЛЕКУЛЯРНЫМ МАРКЕРАМ

Колесник О. А., Чеботарь С. В., Сиволап Ю. М., Цевма В. Н., Хохлов А. Н., Литвиненко Н. А. Сборник научных трудов СГІ–НЦНС. 2013. Вып. 22 (62).

На модельном материале исследованы пути конструирования оптимальных систем идентификации сортов по молекулярным маркерам для задач селекции и сортоизучения. Ключевыми элементами таких систем являются подбор минимально необходимого количества маркеров, создание «локализованной» коллекции сортов-эталонов, разработка инструментов анализа данных, возможность их расширения. Уделяется внимание повышению разрешающей способности этих систем. Критически анализируются рекомендации UPOV.

Таблицы — 3. Рисунки — 5. Библиография — 22.

УДК 683.15:631.524:575.113:542.1

А. А. БЕЛОУСОВ, д-р биол. наук, зав. лаб.,
В. М. СОКОЛОВ, чл.-кор. НААН, дир. ин-та,
Ю. М. СИВОЛАП, акад. НААН, д-р биол. наук, зав. отд.
СГИ–НЦНС, Одесса
e-mail: belanat@ukr.net

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДНК-МАРКЕРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ И ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

Освещены разработанные в Селекционно-генетическом институте принципы отбора в популяциях кукурузы локусов ценных количественных признаков с помощью ДНК-маркеров. Показано, что 2-локусная система SSR-маркеров оказалась наиболее эффективной для генетического улучшения популяции по важным агрономическим признакам — продуктивности и высоте растения, длине зерновки. На основе генетически улучшенной популяции разработан метод прогнозирования важных фенотипических параметров популяции следующей генерации, сформирован генофонд маркированных линий. На их основе созданы первые в Украине гибриды кукурузы с использованием технологии молекулярных маркеров: один из них — гибрид Диалог, зарегистрирован в 2009 году, второй — Диалог 300 проходит государственное сортоиспытание с 2012 года.

Ключевые слова: кукуруза, ДНК-маркеры, линии, популяции, гибриды.

Введение. Потребности современного агрорынка гибридных семян кукурузы ставят перед селекционерами задачи значительного ускорения селекционного процесса и повышения его эффективности. Выведение большого количества новых линий, создание на их основе гибридов, их последующая оценка требуют затрат значительных ресурсов. Важным шагом на пути ускорения селекционного процесса и частичного решения других поставленных задач стало использование гаплоидной технологии создания новых линий и коммерческих гибридов кукурузы [1, 2].

Одним из путей повышения эффективности селекционного процесса является улучшение популяций, в том числе и дигаплоидных, по частоте локусов ценных количественных признаков (QTL) [3, 4, 5]. На основе таких генетически улучшенных в короткий срок популяций можно создавать ценные инбредные линии с улучшенными агрономическими признаками и высокопродуктивные гибриды кукурузы [6].

Задача нашего исследования — показать, что: 1) маркерный отбор в популяции инбредных рекомбинантных линий (ИРЛ) позволяет обес-

печить за один цикл отбора значительное ее генетическое улучшение; 2) обосновать разработанный метод прогнозирования уровня важных фенотипических параметров в популяции последующей генерации; 3) представить фенотипические параметры инбредных линий, созданных на основе улучшенной популяции; 4) охарактеризовать гибриды кукурузы, впервые созданные в Украине с использованием современных MAS-технологий, которые уже зарегистрированы или проходят государственное испытание.

Материалы и методы. Исходным материалом служила расщепляющаяся гибридная популяция (ГК26 x Мо17) F_2 , исходные родительские линии ГК 26 и Мо 17, а также линии-тестеры: Од308 МВ, Од329 и Од221 МВ. При отборе в популяции целевыми служили в частности такие признаки: зерновая продуктивность растения, высота растения, длина зерновки. Для детекции полиморфизма ДНК использовали маркеры SSR-типа. Методика выделения ДНК, амплификации SSR-локусов и все последующие алгоритмы описаны в ранее опубликованных исследованиях [6, 7].

Результаты исследования. Обобщающим результатом многолетних исследований являются сформулированные положения об эффективности отбора на основе разработанной маркерной системы: 1) лучшим типом является кодоминантные SSR-маркеры; 2) маркер в наибольшей степени выполняет свои функции, когда находится в гомозиготном состоянии; 3) сцепленные маркерные локусы являются хорошим инструментом для решения данной задачи; 4) залогом успешного функционирования всей маркерной системы является корректное определение селекционной ценности маркерных аллелей путем вычисления и сравнения их «селективного веса» [7]. Отбор QTL в популяциях F_2 – F_3 на основе SSR позволил получить значительный генетический эффект в популяции 1-го цикла отбора, в особенности по признакам: продуктивность растения, высота растения и длина зерновки (табл. 1).

После 7–8 лет инбридинга в маркерной популяции первого цикла отбора С1-М было получено около 200 инбредных рекомбинантных линий с хорошими агрономическими признаками и высокой комбинационной способностью. Характеристика лучших из них представлена в таблице 2.

Фенотипические и генотипические параметры лучших маркированных линий превышают аналогичные показатели исходных родительских форм, которые отличаются хорошими агрономическими свойствами и высокой комбинационной способностью. Генофонд маркированных линий был тщательно оценен в топкроссных скрещиваниях с тестерами разных гетерозисных групп. В течение нескольких лет ежегодно изучали 450–500 тестерных гибридов в разных почвенно-климатических зонах. На завершающем этапе — экологическом испытании лучшие гибриды изучали в 8 экологических точках страны (табл. 3).

Таблица 1

Сдвиг и генетический прирост маркерной популяции (С1-М) после одного цикла маркерного отбора по признакам «высота растения», «длина зерновки», «продуктивность растения», 2003–2004 гг.

Статистический показатель	Популяция		Ответ популяции	
	Со	С1-М	R	$\Delta G, \%$
Высота растения, см				
$X \pm S\bar{x}$	123 \pm 1,65	135,1 \pm 1,23	12,1 ^{***}	9,1
S	16,2	13,6		
Lim	115–131	130–140		
Длина зерновки, см				
$X \pm S\bar{x}$	1,4 \pm 0,03	1,46 \pm 0,02	0,06	3,9
S	0,27	0,23		
Lim	1,2–1,5	1,4–1,5		
Продуктивность растения, г				
$X \pm S\bar{x}$	48,4 \pm 3,36	57,2 \pm 1,37	8,8 ^{**}	16,1
S	29,6	21,9		
Lim	30,2–59,0	47,0–64,3		
, * — существенно при $P \leq 0,01$ и $P \leq 0,001$ соответственно				

Таблица 2

Гено-фенотипическая характеристика лучших маркированных линий (ЛМ), 2010–2011 гг.

Линия	Высота раст., см	Урожайность, т/га	Диаметр початка, см	Длина зерновки, см	Урожайность зерна	
					ОКС	варианса СКС
ГК 26	158	1,76	3,0	1,92	2,18	3,28
Мо17	173	2,01	3,0	1,45	1,99	3,65
ЛМ245/113	161	1,59	2,83	1,51	1,78	3,98
ЛМ268/111	170	1,67	3,02	1,8	3,19	3,47
ЛМ326/122	159	1,89	3,01	1,99	1,33	3,28
ЛМ163/113	172	1,92	3,12	2,0	2,29	3,10
ЛМ282/114	174	2,11	3,41	1,96	1,01	4,72
ЛМ45/412	176	2,17	3,02	2,01	3,19	6,34
НСР ₀₅	5,5	0,09	0,11	0,08		

Лучшим гибридом в зоне Степи оказался ОБМ 377, который по урожаю зерна превысил национальный стандарт и другие тесткроссы. В благоприятных условиях Лесостепи почти все изученные гибриды существенно превысили стандарт. Однако по всем 8 точкам Степи и Лесостепи только 3 гибрида (ОБМ 377, ОБМ 383, ОБМ 380) в среднем достоверно превысили стандарт по урожайности зерна.

На базе лучшего из изученных в широком экологическом испытании простого гибрида ОБМ 377 получен простой модифицированный ги-

брид, который под названием Диалог был передан в государственное сортоиспытание. В 2008 году Диалог — первый в Украине гибрид, полученный с использованием технологии ДНК-маркеров, был занесен в Государственный реестр сортов растений [8].

Таблица 3

Средний (по 8 экологическим точкам) урожай зерна гибридов кукурузы, полученных на основе отбора линий в популяции С1-М с использованием молекулярных маркеров, 2010–2011 гг.

Гибрид	Урожай зерна, т/га		Среднее		
	Степь (5 пунктов)	Лесостепь (3 пункта)	урожай зерна, т/га	отклонение от стандарта	
				т/га	%
ОБМ 377	6,22	9,06	6,93	0,5	7,2
ОБМ 378	5,87	8,59	6,55	0,12	1,8
ОБМ 379	5,56	10,0	6,67	0,24	3,6
ОБМ 380	5,92	9,24	6,75	0,32	4,7
ОБМ 381	5,64	9,23	6,53	0,1	1,5
ОБМ 382	5,67	7,88	6,22	-0,21	-3,4
ОБМ 383	6,05	9,38	6,88	0,45	6,5
ОБМ 384	5,88	8,76	6,60	0,17	2,6
ОБМ 385	5,93	8,15	6,48	0,05	0,8
ОБМ 386	6,04	8,59	6,67	0,24	3,6
Хмельницкий, стандарт	6,12	7,38	6,43	–	–
НСР ₀₅	0,3	0,69		0,32	

Таблица 4

Характеристика гибрида кукурузы Диалог по данным государственного сортоиспытания при занесении его в Государственный реестр, 2008 г.

Признак, показатель	Гибрид Диалог	Национальный стандарт
Урожайность, т/га	8,09	6,65
Гарантированная прибавка:	–	–
т/га	1,44	–
%	21,2	–
НСР ₀₅	0,48	–
Вегетационный период, дней	133	134
Уборочная влажность, %	26,7	27,6
Выход зерна, %	78,6	78,9
Высота растения, см	226	242
Устойчивость к засухе, балл	8,8	8,3
Устойчивость к полеганию, балл	9,0	8,5
Устойчивость к пузырчатой головне, балл	9,0	9,0
Содержание белка, %	9,6	10,1
Содержание крахмала, %	73,5	73,7

Представленные данные свидетельствуют о том, что новый гибрид, полученный с использованием инновационной MAS-технологии, значительно (на 21,2 %) превышает стандарт по урожайности зерна, а также по устойчивости к засухе и болезням. Кроме того, у него более низкая уборочная влажность зерна — важная составляющая энергосберегающей технологии.

Последующая работа по селекционному использованию генетического потенциала созданных маркированных линий позволила получить серию новых высокопродуктивных гибридов. Лучший из них под названием Диалог 300 был передан на государственное испытание в 2012 году.

Обсуждение. Результаты проведенного исследования, как и работы других авторов, показывают, что современные MAS-технологии могут успешно использоваться для генетического улучшения популяций как одного из наиболее важных источников современных исходных селекционных материалов. В нашем исследовании с использованием системы микросателлитных маркеров наибольший селекционный сдвиг популяции оказался по признакам «высота» и «продуктивность растения» — 9,1 и 16,1 % при малом объеме популяции ($N=200$) и, что особенно важно, при относительно низких значениях коэффициента наследуемости в узком смысле, $h^2=0,29$ и $0,37$ соответственно. Эти данные согласуются с результатами Hospital et al. [9], Moreau et al. [10] и Moreno-Gonzales [11], которые путем компьютерного моделирования показали зависимость эффективности маркерного отбора от соотношения таких параметров, как размер популяции, уровень коэффициента наследуемости и др.

Выводы. Несмотря на определенные успехи, применение MAS-технологий в селекционной практике весьма ограничено, особенно в Украине. Stromberg et al. [12] сообщил о положительных результатах сравнения продуктивности обычных тесткроссов и аналогичных MAS-продуктов. Представленные результаты исследования показывают, что использование ДНК-маркеров может быть эффективным для генетического улучшения популяций как наиболее важного источника создания инбредных или дигаплоидных линий кукурузы. Популяции, улучшенные даже в результате одного цикла маркерного отбора, могут успешно использоваться для получения ценных линий и создания на их основе высокопродуктивных гибридов. Практические результаты наших исследований — первые в Украине гибриды кукурузы, созданные с использованием молекулярных маркеров, Диалог и Диалог 300, первый из которых зарегистрирован, а второй успешно проходит государственное сортоиспытание, — подтверждают эту возможность.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ

1. Schmidt W. Hybridmaiszucht bei der KWS SAAT AG. Bericht über die 54. Tagung der Vereinigung der Pflanzzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 2003, Gumpenstein. — 2004. — P.1–6.
2. Seitz G. The use of doubled haploids in corn breeding. In; Proceedings of the 41st annual Illinois corn Breeders' School, 2005. Urbana-Champaign. — 2005. — P. 1–7.
3. Доменюк В. П., Белоусов А. А., Сиволап Ю. М. Маркерний аналіз кількісних ознак кукурудзи при допомозі ISSR-ПЦР // Генетика. — 2002. — Т. 38, № 10. — С.1370–1378.
4. Белоусов А. О., Сиволап Ю. М., Соколов В. М., Доменюк В. П. Спосіб прогнозування рівня розвитку кількісних ознак у популяціях злакових культур. — Патент на винахід № 86180. Бюл. Держреєстра пат. України. — 2009. — № 7. — 9 с.
5. Букреева Н. І., Белоусов А. О., Сиволап Ю. М. Кластерно-кореляційний аналіз популяцій рекомбінантних ліній і гібридів кукурудзи на основі SSR-ПЛР // Вісник ОНУ. — 2011. — Т.16, вип. 6. — С. 21–31.
6. Belousov A. A., Sokolov V. M., Sivolap Yu. M., Domennyuk V. P., Storcheus N. I. Heterosis level of maize hybrids developed by using DNA technologies // Acta Agronomica Hungarica 54. — 2006. — P. 389–396.
7. Сиволап Ю. М., Соколов В. М., Белоусов А. О., Доменюк В. П. Генетичне поліпшення популяцій кукурудзи шляхом добору за ДНК-маркерами локусів кількісних ознак: Методичні рекомендації. — Одеса, 2003. — 12 с.
8. Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні. — 2009.
9. Hospital F., Moreau L., Lacoudre F., Charcosset A., Gallais A. More on the efficiency of marker-assisted selection // Theor. Appl. Genet., 95. — 1997. — P. 1181–1189.
10. Moreau L., Charcosset A., Hospital F., Gallais A. Marker-assisted selection efficiency in populations of finite size // Genetics. — 1997. — 148. — P. 1353–1365.
11. Moreno-Gonzales J. Molecular marker and heterosis. In: Melchinger A. E., Coors J. G.(eds), The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. Proc. of an intern. Symp., CIMMYT, Mexico, 1997. — 1999. — P. 257–268.
12. Stromberg L. D., Dudley J. W., Rufener G. K. Comparing conventional early generation selection with molecular marker assisted selection in maize // Crop Sci. — 1994. — 34. — P.1221–1225.

Поступила 13.11.2013 г.

UDC 683.15:631.524:575.113:542.1

Belousov A. O., Sokolov V. M., Sivolap Yu. M. Collected scientific articles of PBGI-NCSCI (in Russian). 2013. Issue 22 (62).

USING DNA-MARKERS FOR DEVELOPING OF THE MAIZE INBRED LINES AND HYBRIDS

In the paper the principles for selection of the valuable QTL in maize population by DNA markers have been presented. The task was to estimate the efficiency of DNA-marker technology for intrapopulation selection and study the hybrid performance, produced from marker-derived inbreds. Marker assisted selection and subsequent selfing of selected progenies were conducted for 17 quantitative traits on the base of F₂(GK 26 x Mo 17) population. Among the different kind of DNA markers simple sequence repeat (SSR) markers have been used to identify QTL, responsible, in particular, for plant productivity, plant height, grain height. The DNA extraction, SSR genotyping and QTL analysis were conducted in accordance with the procedure, described by Sivolap et al. (2003), Belousov et al. (2006).

Some models of marker systems were developed. Two locus system on the base of linked SSR-markers in homozygous condition proved to be the most effective. The genetic improvement population effect (ΔG) on the base of this marker system type ranged from 9.1 up to 17.6 % depends on phenotypic trait, h^2 level and some other conditions. On the base of the proposed selection model the foretell method of population QTL level development was elaborated. It will be able to predict the level development of the evaluable traits in the next generation (Белоусов и др., 2009).

After six cycles the best marker genotypes inbreeding in the C1-M population, nearly 200 recombined inbred lines (RILs) were derived and tested for general and specific combining ability. For this purpose they were crossed with 3 testers unrelated to the genotype of the initial population and belonging to varies heterotic gropes. About 500 hybrids were estimated for grain productivity and the heterosis level. On the final stage — ecological trials, the best hybrids were tested in 8 ecological locations, which covered through the Steppe (5 locations) and Forest steppe (3 locations) zones of Ukraine. Only one testcross hybrid — ОБМ 377 outyielded significantly standard in Steppe zone. However, in the Forest-Steppe 6 hybrids significantly exceeded the check on average over all testing locations. The maximum yield was exhibited by two hybrids — ОБМ 386 (10.61 t/ha) and ОБМ 383 (10.38 t/ha). Nevertheless, on average over all locations of both zones the best testcross was ОБМ 377. It proved to be the most adaptable hybrid and showed the highest level of competitive heterosis (7.2 %).

On the base of the testcross ОБМ 377 the single modified hybrid was made and submitted to the state variety tasting. As a result of the success-

ful trial new hybrid under commercial name «Dialog» was put into the State Register in 2008 year as the first hybrid of maize in Ukraine, created by using the DNA-marker technology. The subsequent work on breeding applying of the elaborated MAS-procedure and created the marker line genetic potential gave it possible to breed a variety of the new high productive hybrids. The best of them under the title «Dialog 300» was passed to the state variety testing in 2012 year.

Tables — 4. Bibliography — 12.

УДК 683.15:631.524:575.113:542.1

Белоусов А. О., Соколов В. М., Сиволап Ю. М. Збірник наукових праць СГП–НЦНС. 2013. Вип. 22 (62).

ВИКОРИСТАННЯ ДНК-МАРКЕРІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ САМОЗАПИЛЕНИХ ЛІНІЙ І ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ

Висвітлені розроблені в СГП–НЦНС принципи добору в популяціях кукурудзи локусів цінних кількісних ознак за допомогою ДНК-маркерів. Показано, що 2-локусна система SSR-маркерів виявилась найбільш ефективною для генетичного поліпшення популяції ($\Delta G = 9,1-16,1\%$) за основними агрономічними ознаками - продуктивністю і висотою рослини, довжиною зернівки. На основі генетично поліпшеної популяції розроблено метод прогнозування важливих фенотипових параметрів популяції наступної генерації, сформовано генофонд маркованих інбредних ліній. На їхній основі створені перші в Україні гібриди кукурудзи з застосуванням технології молекулярних маркерів: один з них - гібрид Діалог, зареєстрований у 2008 році, другий - Діалог 300, проходить державне сортовипробування з 2012 року.

Таблиці — 4. Бібліографія — 12.

UDC 631.527:633.34

G. D. LAVROVA,
Ph. D. (Biology), Leading Researcher, Odesa
e-mail: bobovi.sgi@ukr.net

THE EVALUATION OF NEW ADVANCED SOYBEAN LINES WITH INCREASED PROTEIN CONTENT UNDER THE CONDITIONS OF THE SOUTH STEPPE OF UKRAINE

The F_4 – F_6 progeny from four soybean crosses were evaluated in 2011–2013 under the extremely drought conditions. Forms with high yield, seed weight and protein content 40–42 % were obtained. According to regression analysis both stable for yield and responsive to environmental changes soybean lines have been determined. The widest range of valuable experimental strains has been obtained by crossing the cultivars Medeya and VIR 5048.

Key words: soybeans, yield, drought resistance, experimental strains, protein content, seed weight.

Introduction. Soybean production in Ukraine is increasing from year to year. In 2012 its harvest was 2 410 210 tons that is 143 800 tons more than in 2011 [1].

Ukraine has reached the ninth position in the world by soybean growing area. Soybeans are grown almost in all regions of our country, so high yielding varieties are required for every environment. (In 2013 the State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine included 130 soybean cultivars, from which 89 have been developed in our country).

Previous years have been characterized with high air temperatures and frequent periods of drought during the soybean vegetation. Rough changes of climatic factors unfavourably influence the plant growth and yield formation. Such weather conditions necessitate the availability of highly adapted varieties that are resistant to limiting factors and responsive to favourable ones. Especially it refers to the food type varieties with increased protein content that often perform less yield comparing to high-oil cultivars under droughty environment of the South Steppe of Ukraine.

The aim of our research was to develop genetically variegated material for breeding soybeans with improved seed quality. The obtained experimental strains have been estimated for the performance and stability of the yield, which is the main economical index that determines the propagation of a new variety.

Materials and methods. For obtaining breeding material of hybrid origin we made crosses of previously selected parental forms with economically valuable traits performed in the south Steppe of Ukraine [2,3,4,5].

This paper presents the data about yield, seed weight and protein content of the F_4 – F_6 progeny developed from four crosses. The parental forms are:

1) two highly-productive varieties Medeya (with average protein content) and VIR 5048 (high protein, large seeds);

2) two average protein varieties Delta (high yield) and Valyuta (stable yield under different environments);

3) a drought-resistant experimental strain L-2 (from Orel, Russia) with average protein, high oil content and increased number of pods per node and seeds per pod, and a highly productive variety Kyivska 98 with high protein content and increased number of pods and seeds per plant;

4) a high protein strain ms_1 Tonica x Tokyo x K-4937 (PBGI, Odessa) with increased number of pods per node and seeds per pod and a low protein, high oil variety Kiszelniska.

The national standard Yatran' (an adapted variety, responsive to favourable conditions) and Arcadia odes'ka (a drought-resistant, high protein variety with high crop stability) have been chosen as check cultivars.

The plants were grown in 2011, 2012 and 2013. Individual plots consisted of one 1,5 m row and were spaced 45 cm apart. Forty-five viable seeds were planted per row. The experimental strains were evaluated for yield, seed size (the weight of 1000 seeds), protein and oil percentage. The analysis of variance and the statistical analysis were made according to B. O. Dospiekhov [6]. The regression coefficient (b_i) was calculated according to S. A. Eberhart and W. A. Russell [7]. Best strains were selected every year, beginning from the F_3 generation. The PBGI biochemical laboratory performed protein and oil content determinations in 2010 and 2011 (F_4 and F_5 seeds) according to common used methods.

Results and discussion. The weather conditions in the years of investigation were different (table 1) but the droughts in August repeated every year. There were no rains in April and May 2012 and in May 2013, too. Under such conditions the yield of soybeans decreased greatly (for example, the variety VIR 5048 produced in average only 104,7g/m² seeds in 2011–2013 (table 2) comparing to more favourable years 2004–2006, when its yield was about 253 g/m² [3]). However, the extremely dry conditions helped to select valuable drought resistant breeding material.

According to G. T. Selianinov and S. A. Sapozhnikova [8] HTC in summer period above 1,6 characterizes extremely humid zones, from 1,6 to 1,3 — forest humid zones, 1,3–1,0 — Forest-Steppe (lack of humidity), 1,0–0,7 — Steppe (droughty zones), 0,7–0,4 — dry Steppe (extremely dry zones), below 0,4 — near desert and desert zones.

The best yield was produced by lines 25993/13 and 25994/13 descending from the cross Medeya x VIR 5048 (table 2). These breeding lines were 59,5 and 34,0 % superior to standard varieties by yielding performance. They belong to intensive type cultivars, i.e. respond to more favourable conditions with a significant yield supplement (their b_i is 2,73 and 2,38 respectively). Line

25993/13 is superior in yield to both standard and parental varieties. Plants of these lines have large seeds (1000-seed weight is 180 and 183 grams) whereas their protein percentage reached 40,4 and 40,7 %. It is important that their seed weight is quite stable (the regression coefficient of seed weight is 0,22 and 0,38 respectively). Among the lines with stable seed yield ($b_i \leq 1$) strains 25989/13, 25991/13, 25992/13, 25995/13 and 25998/13 performed the best results. Lines 25991/13 and 25992/13 had the same yield as the standards while the yielding performance of strains 25988/13, 25989/13 and 25995/13 exceeded the check varieties by 22.5, 10.6 and 19.6 %. Their 1000-seed weight ranged from 192,3 to 210,7 g (table 3). Line 25997/13 had the largest seeds in this cross (239,3 g/1000 seeds), which significantly exceeded both standard and parental varieties. This line is stable ($b_i = 0,38$), has the same yield as Arcadia odes'ka and the average protein and oil percentage (38,9 and 19,9 % respectively). It can be used as a source of large seed weight in further crosses.

Table 1

The meteorological factors during soybean vegetation (2011–2013)

4 Factor	Year	Month					Sum	HTC* (hydro-thermic coefficient)
		April	May	June	July	August		
Rainfall, mm	2011	28,5	27,5	92,6	25,1	3,0	176,7	0,62
	2012	9,0	55,5	28,3	10,8	14,0	117,7	0,37
	2013	39,1	4,8	49,1	79,6	3,6	176,2	0,58
	Average	34,0	39,0	42,0	49,0	34,0	198,0	0,75
Air temperature, °C	2011	9,7	16,3	20,9	23,5	22,4	2867,1	
	2012	10,9	19,4	22,4	25,7	24,0	3141,1	
	2013	11,2	19,1	21,9	23,1	23,9	3042,1	
	Average	9,0	15,1	19,4	21,4	21,2	2640,7	

*- $HTC = (\sum \text{rainfall} / \sum \text{active temperatures}) - 10$.

The highest protein content has also been observed among the progeny from the cross Medeya x VIR 5048 (table 3). It ranged from 41,2 to 41,6 in the seeds of strains 25988/13, 25989/13, 25990/13 and 25991/13.

The progeny from the crosses Delta x Valyuta and L-2 x Kyivska 98 haven't exceeded the yield of standard or parental varieties. The yield of hybrid lines from the cross [ms₁Tonica x Tokyo x K-4937] x Kiszelniska didn't exceed the yield of standard varieties and only two of them, 26002/13 and 25999/13, were 12,9 and 15,2 % superior to the best parental form.

Experimental lines from the cross Delta x Valyuta were superior in seed weight to the best parent Delta for 6,3–26,6 %. Such enlargement can be explained with transgressions of the genes that are responsible for seed size since neither of the parental varieties has large seeds. In this cross lines 26011/13, 26013/13 and 26014/13 had the highest seed weight (187.7, 183.3 and 189.0 grams).

Table 2

Yield stability of the best experimental strains of soybean (F_4 - F_6) and their parental forms

Variety, line	Yield, g/m ²				b _i
	2011	2012	2013	Mean	
Yatran', standard	148,1	25,1	50,5	74,6	2,37
Arcadia odes'ka, standard	92,7	41,2	57,5	63,8	1,01
♀ Medeya	106,7	38,5	134,8	93,3	1,53
♂ VIR 5048	163,0	88,9	62,2	104,7	1,32
Line 25986/13	130,4	32,6	135,6	99,5	2,10
—«— 25987/13	34,8	25,2	139,3	66,4	0,48
—«— 25988/13	99,3	39,3	135,6	91,4	1,38
—«— 25989/13	102,2	47,4	97,8	82,5	1,16
—«— 25990/13	75,6	11,1	83,0	56,6	1,40
—«— 25991/13	83,0	56,3	72,6	70,6	0,54
—«— 25992/13	84,4	28,1	105,2	72,6	1,26
—«— 25993/13	163,0	34,8	159,3	119,0	2,73
—«— 25994/13	152,6	36,3	111,1	100,0	2,38
—«— 25995/13	59,3	45,2	163,0	89,2	0,57
—«— 25996/13	51,1	30,4	65,9	49,1	0,48
—«— 25997/13	73,3	54,8	67,4	65,2	0,38
—«— 25998/13	102,2	43,7	117,0	87,6	1,29
♀ Delta	177,8	40,0	102,2	106,7	2,75
♂ Valyuta	74,1	55,2	47,4	58,9	0,33
Line 26011/13	63,7	28,9	39,3	44,0	0,75
—«— 26013/13	40,0	35,6	42,2	39,3	0,10
—«— 26014/13	27,7	32,6	43,0	34,4	-0,07
—«— 26016/13	99,3	44,4	19,3	54,3	0,97
—«— 26017/13	47,4	34,1	11,9	31,1	0,19
—«— 26019/13	48,9	26,7	34,1	36,6	0,44
♀ L-2 (Orel)	111,0	40,5	68,9	73,5	1,40
♂ Kyivska 98	121,5	33,1	54,8	69,8	1,72
Line 25976/13	24,8	35,6	34,1	31,5	-0,21
—«— 5977/13	85,9	34,8	64,4	61,7	1,04
—«— 25979/13	43,0	23,7	51,9	39,5	0,44
—«— 25983/13	36,0	19,3	75,6	43,6	0,46
♀ ms ₁ Tonica x Tokyo x K-4937	51,9	30,0	66,7	49,5	0,51
♂ Kiszelniska	103,7	20,7	14,8	46,4	1,54
Line 26002/13	70,7	40,7	56,3	55,9	0,60
—«— 26003/13	36,3	5,9	28,9	23,7	0,63
—«— 26005/13	37,0	19,3	44,4	33,6	0,40
—«— 25999/13	123,5	21,5	25,9	57,0	1,93
LSD ₀₅				45,0	

Table 3

Protein percentage and 1000-seed weight of the best experimental strains of soybean (F_4 – F_6) and their parental forms

Variety, line	Protein content, %			1000-seed weight (mean of the years 2011–2013), g
	2010	2011	Mean	
Yatran', standard	37,5	38,7	38,1	140,0
Arcadia odes'ka, standard	39,4	39,6	39,5	132,0
♀ Medeya	37,9	37,6	37,8	155,7
♂ VIR 5048	39,7	40,2	40,0	202,7
Line 25986/13	39,7	39,0	39,4	180,7
–«– 25987/13	39,7	39,2	39,5	188,3
–«– 25988/13	42,0	41,1	41,6	202,7
–«– 25989/13	42,0	40,6	41,3	205,3
–«– 25990/13	42,0	40,5	41,3	178,7
–«– 25991/13	42,0	40,4	41,2	210,7
–«– 25992/13	40,3	38,6	39,5	204,3
–«– 25993/13	39,0	41,7	40,4	188,0
–«– 25994/13	41,3	40,1	40,7	183,3
–«– 25995/13	40,3	41,1	40,7	191,3
–«– 25996/13	40,6	39,9	40,3	168,3
–«– 25997/13	38,0	39,5	38,8	239,3
–«– 25998/13	38,0	39,7	38,9	192,3
♀ Delta	38,9	39,1	39,0	149,3
♂ Valyuta	37,6	40,3	39,0	118,7
Line 26011/13	37,0	39,2	38,1	187,7
–«– 26013/13	38,3	39,4	38,9	188,3
–«– 26014/13	39,3	40,3	39,8	189,0
–«– 26016/13	38,7	39,5	39,1	162,7
–«– 26017/13	39,2	39,3	39,3	158,7
–«– 26019/13	39,2	38,9	38,6	169,3
♀ L-2 (Orel)	36,7	38,3	37,5	136,0
♂ Kyivska 98	39,8	40,2	40,0	112,7
Line 25976/13	38,3	36,7	37,5	120,0
–«– 5977/13	37,7	36,1	36,9	133,3
–«– 25979/13	40,3	39,6	40,0	128,0
–«– 25983/13	40,3	39,6	40,0	116,3
♀ ms ₁ Tonica x Tokyo x K-4937	42,3	41,0	41,7	101,3
♂ Kiszelniska	32,3	35,2	33,8	142,0
Line 26002/13	37,9	38,7	38,3	116,3
–«– 26003/13	39,0	38,8	38,9	110,0
–«– 26005/13	37,9	38,6	38,3	142,0
–«– 25999/13	38,3	40,0	39,2	123,0
LSD ₀₅			1,6	29,9

Most of the Medeya x VIR 5048 progeny had 1000-seed weight above 200 grams. Four lines (25989/13, 25991/13, 25992/13 and 25994/13) exceeded the best parent VIR 5048 (202,7 g) by 0,8–18,1 %. Progeny from the crosses L-2 x Kyivska 98 and [ms₁Tonica x Tokyo x K-4937] x Kiszelniska had average seed size as to their parental forms.

The lines with the highest protein content occurred in the cross Medeya x VIR 5048 and most of them were superior to the best parent VIR 5048 (40 %) in the two years of research (table 3). Some strains from the cross Delta x Valyuta exceeded the protein percentage (39 %) of parental varieties.

Experimental lines from the crosses L-2 x Kyivska 98 and [ms₁Tonica x Tokyo x K-4937] x Kiszelniska haven't exceeded the protein percentage of their parents, although two lines from the cross L-2 x Kyivska 98 have reached the index of the best parent (40 %). The difference between protein percentages of parental forms was 2,5 % in this cross, while it was much greater in the cross [ms₁Tonica x Tokyo x K-4937] x Kiszelniska (7,9 %). Thus, it can be suggested that to obtain high-protein progeny, at least one of the parental forms must have high protein content, while the other — high or average one.

Conclusions. The research resulted in obtaining experimental strains with the combination of increased yield, high protein content and large seeds. They are:

- two highly productive lines 25993/13 and 25994/13 with high protein content from the cross Medeya x VIR 5048, which are responsive to favourable growing conditions;
- line 25997/13 (Medeya x VIR 5048) that can be a source of large seed size and yield stability;
- some transgressive forms with increased seed weight from the cross Delta x Valyuta.

Most experimental strains with high protein content have been obtained from crossing high protein varieties with average protein forms (the crosses L-2 x Kyivska 98 and Medeya x VIR 5048). Some Medeya x VIR 5048 lines were superior in protein content to the parental varieties and had 41–42 % of protein in seeds.

The strain tests were conducted in the extremely drought conditions so the obtained breeding material can be characterized as drought-resistant.

BIBLIOGRAPHY

1. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
2. Sichkar V. I., Lavrova G. D., Ganzhelo O. I. Evaluation of initial material for breeding drought-resistant cultivars in the south Steppe of Ukraine // Irrigation Farming. — Kherson, «Aylant», 2009. — Issue 51. — P. 144–151.
3. Lavrova G. D. Studies on soybean samples from the national collection with the aim of the use in large-sized cultivar breeding // Plant Genetic Resources. — Kharkiv, 2008. — № 6. — P. 56–62.

4. Sichkar V. I., Lavrova G. D., Ganzhelo O. I., Khorsun I. A. Variability of yield and protein content in soybean seeds in the south Steppe of Ukraine // Zbirnyk naukovykh prats (Collected scientific articles in Ukrainian) of PBGI — NCSCI. — Odessa, 2011. — Issue 18 (58). — P. 68–80.
5. Khorsun I. A., Lavrova G. D., Sichkar V. I. Purposeful selection of parents for developing a new soybean initial breeding material // Zbirnyk naukovykh prats (Collected scientific articles in Ukrainian) of PBGI — NCSCI. — Odessa, 2010. — Issue 15(55). — P. 39–51.
6. Dospiekhov B. A. Methods of field experiments. — M.: Agropromizdat. — 1985. — 351p.
7. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. — 1966. — V. 6, № 1. — P. 36–40.
8. Chirkov Yu. I. Agrometeorology. — L: Gidrometeoizdat. — 1986. — 296 p.

Article received 30.10.2013.

УДК 683.15:631.524:575.113:542.1

Лаврова Г. Д. Збірник наукових праць СГП–НЦНС. 2013. Вип. 22 (62).

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРСПЕКТИВНИХ ЛІНІЙ СОЇ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ БІЛКА В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

В екстремальних посушливих умовах 2011–2013 років було проаналізоване потомство четвертого-шостого покоління чотирьох гібридних комбінацій сої. Виділені високоврожайні та крупнонасінні форми з вмістом білка у межах 40–42%. За результатами регресійного аналізу визначені екологічно пластичні та стабільні за урожайністю селекційні лінії. Найбільше цінного вихідного матеріалу одержали від схрещування сортів Медея і ВІР 5048.

Таблиці — 3. Бібліографія — 8.

УДК 631.527:633.34

Лаврова Г. Д. Сборник научных трудов СГІ–НЦНС. 2013. Вып. 22 (62).

**ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛИНИЙ СОИ
С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БЕЛКА В УСЛОВИЯХ
ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ**

В засушливых экстремальных условиях 2011–2013 годов проанализировали потомство четвертого–шестого поколений четырех гибридных комбинаций сои. Выделены высокоурожайные крупносемянные формы, содержащие 40–42 % белка. По результатам регрессионного анализа определены экологически пластичные и стабильные по урожайности селекционные линии. Наибольшее количество ценного исходного материала получено при скрещивании сортов Медея и ВИР 5048.

Таблицы — 3. Библиография — 8.

УДК 633.18:581.1.051

К. А. ШАРГОРОДСКАЯ, лабор.,

С. А. ИГНАТОВА, д-р биол. наук, зав. лаб., СГІ–НЦНС, Одесса,

Д. В. ШПАК, канд. с.-х. наук, зав. отд., Ин-т риса НААН, Херсонская обл.

e-mail: biophyta@mail.ru

ОЦЕНКА СОЛЕТОЛЕРАНТНОСТИ ПРОРОСТКОВ РИСА В КУЛЬТУРЕ IN VITRO

Рассматриваются исследования по определению солетолерантности у сортов и гибридов риса. Выявлены различия у изученного материала по указанному признаку.

Ключевые слова: *рис, солеустойчивость.*

Введение. Высокая биологическая продуктивность риса и качество его зерна указывают на позитивную роль селекции в развитии данной культуры. Разработаны параметры моделей сортов интенсивного типа, растения которых способны были усваивать повышенные дозы азота, обладать устойчивостью к полеганию, осыпанию, поражению вредителями и фитопатогенами и образовывать зерновку с высоким выходом крупы. В селекции риса уделяется особое внимание созданию растений нового типа, характеризующихся короткой и мощной соломиной, укороченными и прямостоящими листьями, стабильной урожайностью зерна, синхронностью его созревания и однородностью, величиной зерна и его технологическими качествами [1].

Одно из основных направлений селекции риса в Украине — создание раннеспелых высокопродуктивных сортов, устойчивых к засоленным почвам [2, 3]. Исследованиями последних лет установлено, что по солеустойчивости рис уступает многим культурам, в том числе пшенице. Засоление, особенно хлоридное, тормозит все ростовые процессы риса и отрицательно влияет на развитие его вегетативных и генеративных органов [1].

Первым этапом в создании солеустойчивых форм является выделение исходных, элитных по указанному признаку растений. Следующий этап селекции — гибридизация устойчивых к солям форм с продуктивными, обладающими ценными хозяйственными признаками.

Площади засоленных почв имеют тенденцию к постоянному и существенному увеличению в результате вторичного засоления, которое интенсивно наблюдается при орошении и расширяется в дальнейшем [4]. Г. В. Удовенко [5] исследовано на солеустойчивость 23 культуры, среди которых рис занимает восьмое место, уступая пшенице, ячменю и пяти видам кормовых трав. Имеются данные, что рожь и овес также превос-

ходят рис по этому признаку [6]. Сравнительно высокая солеустойчивость этой культуры может быть объяснена отсутствием фона адаптации и выживания при вымывании солей из почвы.

Учёными Международного института риса [7] выявлен аддитивный и доминантный эффект генов солеустойчивости. Длина побегов, содержание кальция и натрия в их сухой массе и корнях показывают значительный аддитивный эффект с высокой степенью наследуемости. Селекция на эти признаки необходима для создания солеустойчивых сортов риса.

Цель данной работы — изучение способности зрелых семян различных генотипов риса к прорастанию в растворах солей NaCl и Na₂SO₄ (1,7 и 2,0 %).

Задачи:

- тестирование генотипов риса на способность формировать проростки под действием растворов сульфата и хлорида натрия с концентрациями 1,7 и 2,0 %;
- выявление наиболее солетолерантных форм риса и получение урожая.

Материалы и методы исследования. Материалом для настоящей работы служили зрелые семена 14 генотипов риса (*Oryza sativa* L.) коллекции Института риса НААН: 6 сортов — Курчанка, Виконт, Агат, Онтарио, Престиж, Премиум и 8 гибридов (F₂) — Престиж×Янтарь (№ 1), Престиж×Виконт (№ 2), Малыш×Виконт (№ 3), Престиж×Юпитер (№ 4), Славянец×Виконт (№ 5), Престиж×Адмирал (№ 6), Престиж×Аметист (№ 7), Престиж×Лидер (№ 8).

В исследовании использованы следующие методы:

- метод определения свободного пролина в муке из зрелых семян 14 образцов риса;
- метод проращивания зерен риса на фоне селективных факторов.

В качестве селективных факторов использованы растворы солей NaCl и Na₂SO₄ (1,7 и 2,0 %). В качестве контроля применялась дистиллированная вода. Результаты эксперимента обрабатывались статистически.

В начале работы было определено содержание свободного пролина как косвенного показателя устойчивости к стресс-факторам в зрелых семенах различных образцов риса в отделе биохимии СГИ — НЦСС.

Работа проводилась в нестерильных условиях. На дно каждой чашки Петри помещали фильтровальную бумагу, наливали растворы хлоридных и сульфатных солей и в качестве контроля — дистиллированную воду. В каждую чашку помещали одинаковое число зерен риса и выдерживали 3 суток в темноте в термостате при температуре 26–28 °С. После этого чашки ставили на выращивание при фотопериоде 16/8 при такой же температуре на 10 суток для получения зеленых проростков. По истечении срока подсчитывали процент образования зеленых проростков, способных прорасти в растворах солей, а также средней длины глав-

ного корня и надземной части проростков. Данные измерений обрабатывали статистически с применением программы Microsoft Excel. Выросшие проростки были высажены в сосуды с землей в зимний период и перенесены в климатическую камеру (16/8; $t=24-25^{\circ}\text{C}$) для получения урожая и дальнейшей работы.

Результаты исследования и их обсуждение. Был проведен биохимический анализ содержания свободного пролина в зрелых зернах сортов и гибридов риса, который показал различное количество данной аминокислоты у образцов (табл. 1).

Таблица 1

Содержание свободного пролина у сортов и гибридов риса, мг, %

Сорт/гибрид	Содержание пролина, мг, %
Курчанка	2,80±0,016
Виконт	2,61±0,015
Агат	2,58±0,006
Престиж	2,33±0,011
Премиум	2,11±0,014
Онтарио	—*
Престиж х Юпитер	2,84 ± 0,087
Престиж х Янтарь	2,67 ± 0,16
Престиж х Лидер	2,66 ± 0,066
Престиж х Аметист	2,64 ± 0,04
Престиж х Виконт	2,55 ± 0,18
Малыш х Виконт	2,55 ± 0,1
Славянец х Виконт	2,48 ± 0,12
Престиж х Адмирал	2,37 ± 0,097

Примечание: * — не исследовано.

Определено, что больше всего пролина содержалось в муке зрелых зерен у сортов Курчанка, Виконт, Агат, а у гибридов — Престиж х Юпитер, Престиж х Янтарь, Престиж х Лидер, Престиж х Аметист.

Способность генотипов риса образовывать 10-дневные проростки на фоне солей NaCl и Na₂SO₄ с концентрациями 1,7 и 2,0 % показана в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что наиболее солеустойчивыми были проростки сорта Виконт и гибрида Славянец×Виконт, выдерживающие максимальную концентрацию 2,0 % NaCl. Проростки остальных сортов и гибридов — Курчанка, Агат, Престиж, Премиум, Престиж×Янтарь, Малыш×Виконт, Престиж×Юпитер — показали слабую устойчивость к селективному фактору.

Таблицы 3 и 4 показывают, как хлоридные и сульфатные соли натрия оказывают отрицательное воздействие на среднюю длину главного корня и надземной части проростков риса. В результате влияния используемых солей происходило постепенное уменьшение морфометрических параметров проростков с увеличением их концентрации.

Таблиця 2

Образование зеленых проростков риса в контроле и в растворах солей различной концентрации, %

Сорт/гибрид	Контроль	1,7 % NaCl	2,0 % NaCl	1,7 % Na ₂ SO ₄	2,0 % Na ₂ SO ₄
Курчанка	70,00±10,25	50,00±11,18	0,00±0,00	50,00±11,18	45,00±11,12
Виконт	90,00±6,71	50,00±11,18	35,00±10,67	90,00±6,71	90,00±6,71
Агат	85,00±7,98	50,00±11,18	5,00±4,87	70,00±10,25	50,00±11,18
Онтарио	60,00±10,95	15,00±7,98	0,00±0,00	70,00±10,25	30,00±10,25
Престиж	95,00±4,87	35,00±10,67	10,00±6,71	95,00±4,87	75,00±9,68
Премимум	100,00±0,00	55,00±11,12	5,00±4,87	75,00±9,68	25,00±9,68
Престиж×Янтарь	100,00±0,00	55,00±11,12	20,00±8,94	75,00±9,68	50,00±11,18
Престиж×Виконт	100,00±0,00	30,00±10,25	0,00±0,00	85,00±7,98	75,00±9,68
Малыш×Виконт	100,00±0,00	70,00±10,25	20,00±8,94	70,00±10,25	60,00±10,95
Престиж×Юпитер	75,00±9,68	55,00±11,12	0,00±0,00	70,00±10,25	60,00±10,95
Славянец×Виконт	95,00±4,87	50,00±11,18	25,00±9,68	90,00±6,71	50,00±11,18
Престиж×Адмирал	80,00±8,94	20,00±8,94	0,00±0,00	80,00±8,94	55,00±11,12
Престиж×Аметист	30,00±10,25	15,00±7,98	0,00±0,00	25,00±9,68	25,00±9,68
Престиж×Лидер	25,00±9,68	0,00±0,00	0,00±0,00	15,00±7,98	10,00±6,71

Таблиця 3

Средняя длина главного корня 10-дневных проростков, мм

Сорт/гибрид	Контроль	1,7 % NaCl	2,0 % NaCl	1,7 % Na ₂ SO ₄	2,0 % Na ₂ SO ₄
Курчанка	57,21±6,05	2,70±0,42	0	4,67±1,12	5,00±0,42
Виконт	42,22±3,19	4,70±0,78	1,29±0,18	14,61±1,86	6,17±0,35
Агат	62,53±6,43	2,70±0,55	0	5,29±0,60	2,00±0,42
Онтарио	65,00±6,62	2,73±2,63	0	5,21±0,48	2,68±0,54
Престиж	53,47±4,95	3,64±0,73	0	7,58±0,68	4,50±0,77
Премиум	65,10±7,60	2,77±0,55	0	10,74±1,31	2,90±0,71
Престиж×Янтарь	64,58±7,66	3,73±0,57	1,75±0,48	5,87±0,64	3,15±0,97
Престиж×Виконт	68,35±6,64	5,08±1,20	0	2,87±0,45	4,59±0,36
Малыш×Виконт	59,55±6,37	4,54±0,69	0,75±0,14	6,50±0,61	4,36±0,75
Престиж×Юпитер	50,67±8,22	6,18±1,30	0	1,93±0,25	2,83±0,30
Славянец×Виконт	65,47±7,49	2,75±0,93	1,10±0,24	8,00±0,64	1,80±0,25
Престиж×Адмирал	32,87±5,03	2,13±0,59	0	2,09±0,36	1,73±0,37
Престиж×Аметист	73,50±12,44	1,67±0,67	0	2,40±0,60	1,50±0,45
Престиж×Лидер	65,00±13,76	0	0	2,00±0,58	0

Таблиця 4

Средняя длина надземной части 10-дневных проростков, мм

Сорт/гибрид	Контроль	1,7 % NaCl	2,0 % NaCl	1,7 % Na ₂ SO ₄	2,0 % Na ₂ SO ₄
Курчанка	53,21±5,21	6,40±1,08	0	12,11±1,62	19,40±1,26
Виконт	47,28±2,55	8,10±0,74	4,00±0,31	29,94±1,48	20,89±1,42
Агат	56,00±3,64	7,64±0,89	0	19,36±1,34	17,50±1,12
Онтарио	39,67±2,65	5,00±1,53	0	23,14±1,92	18,17±1,60
Престиж	39,58±1,91	4,29±0,52	0	17,95±1,08	14,73±1,67
Премиум	35,85±2,96	9,27±1,02	0	24,40±2,08	14,60±2,62
Престиж×Янтарь	54,30±5,42	7,45±0,81	6,25±0,85	24,20±1,96	12,80±1,42
Престиж×Виконт	46,25±4,02	8,17±0,98	0	29,40±0,97	21,24±1,49
Малыш×Виконт	44,95±3,43	10,29±0,54	6,50±0,65	23,42±2,43	20,71±1,86
Престиж×Юпитер	48,33±4,39	10,09±1,02	0	25,21±2,29	22,00±1,80
Славянец×Виконт	55,89±4,69	8,40±1,13	6,40±1,12	25,50±1,95	18,40±1,19
Престиж×Адмирал	43,27±3,69	7,25±0,25	0	22,44±1,55	18,00±1,76
Престиж×Аметист	56,67±3,12	8,67±1,33	0	18,80±2,13	17,60±2,32
Престиж×Лидер	60,60±4,53	0	0	15,33±2,60	14,50±3,50

Нижеприведенные гистограммы наглядно показывают ингибирующее воздействие солей NaCl и Na₂SO₄ различных концентраций по сравнению с контролем на прорастание семян риса. Испытанные концентрации NaCl оказывали достоверное влияние на рост проростков у всех сортов и гибридов риса в отличие от Na₂SO₄. Среди наиболее солетолерантных к 2,0 % NaCl генотипов оказались сорта Виконт, Агат, Престиж, Премиум и гибриды Престиж×Янтарь, Малыш×Виконт, Славянец×Виконт.

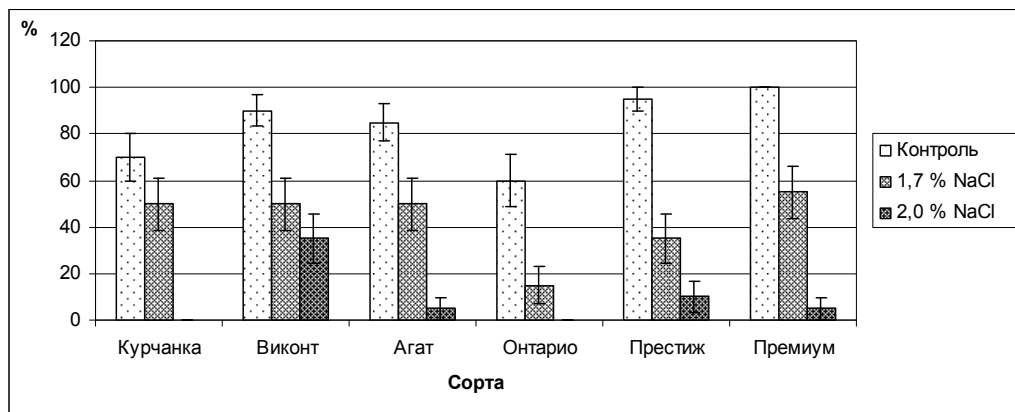


Рис. 1. Влияние NaCl на прорастание зерен у сортов риса

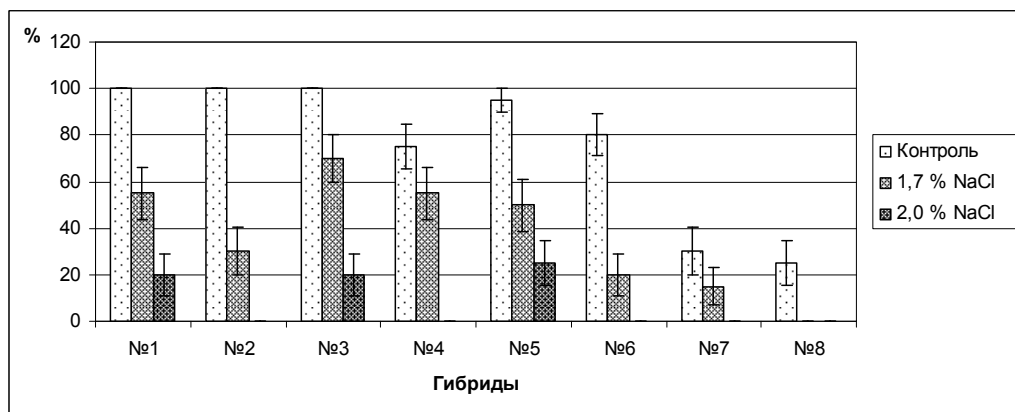
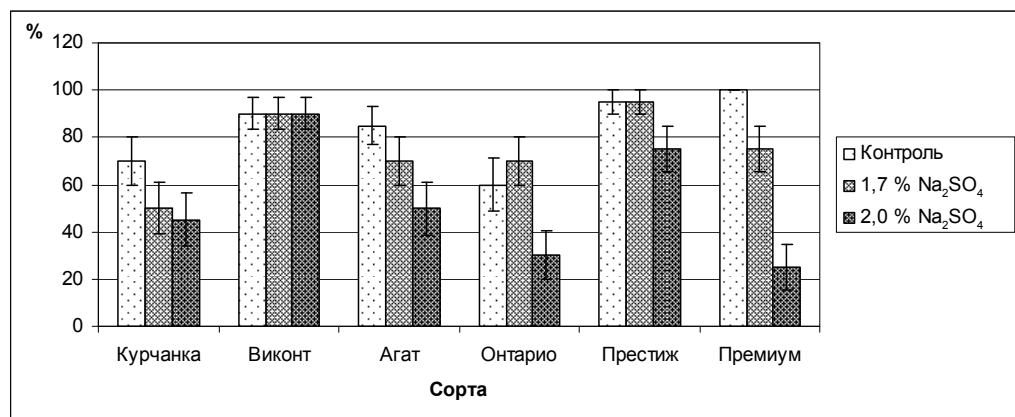


Рис. 2. Влияние NaCl на прорастание зерен у гибридов риса

Рис. 3. Влияние Na₂SO₄ на прорастание зерен у сортов риса

Воздействие сульфата натрия выражалось у разных генотипов риса следующим образом (рис. 3, 4). 1,7 % Na₂SO₄ не оказывал влияние на сорта Курчанка, Виконт, Агат, Онтарио, Престиж и гибриды Престиж×Виконт, Престиж×Юпитер, Славянец×Виконт,

Престиж×Адмирал, Престиж×Аметист, Престиж×Лидер. Na_2SO_4 с концентрацией 2,0 % не влиял на сорт Виконт и гибриды Престиж×Юпитер, Престиж×Аметист, Престиж×Лидер. Сорта Курчанка, Агат, Онтарио, Престиж, Премиум и гибриды Престиж×Янтарь, Престиж×Виконт, Малыш×Виконт, Славянец×Виконт отреагировали на воздействие 2,0 % Na_2SO_4 снижением процента прорастания от общего числа зерен.

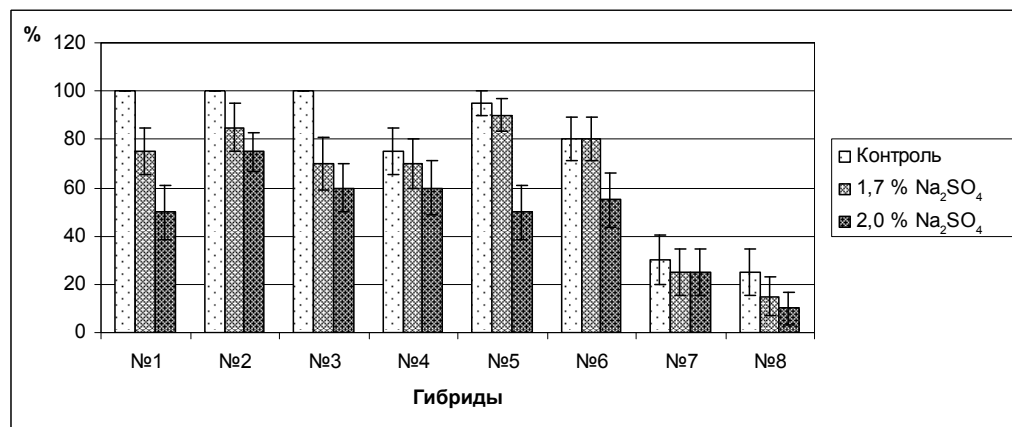


Рис. 4. Влияние Na_2SO_4 на прорастание зерен у гибридов риса

Все сорта и гибриды риса оказались толерантными по отношению к 2,0 % Na_2SO_4 , несмотря на разное влияние этой соли на ростовые процессы растений.

Выводы. В результате проведенных экспериментов выявлены отличия уровня солетолерантности у исследованных генотипов. Определено, что сорта Виконт, Агат, Престиж, Премиум, которые выдержали 2,0 % NaCl , могут быть перспективным материалом для селекции. Среди гибридов по этому признаку представляют интерес Престиж×Янтарь, Малыш×Виконт, Славянец×Виконт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлюк А. П., Вожегова Р. А., Федорчук М. І. Селекція і насінництво рису: Навчальний посібник. — Херсон: Айлант, 2004. — 260 с., іл.
2. Алешин Е. П., Алешин Н. Е. Рис. — Москва, 1993. — 504 с.
3. Сметанин А. П. Состояние и перспективы селекционной работы во Всесоюзном НИИ риса // Селекция и семеноводство зерновых и кормовых культур. — М.: Колос, 1972. — С. 245–250.
4. Ляховкин А. Г. Рис. Мировое производство и генофонд. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. — 288 с.
5. Удовенко Г. В. Солеустойчивость культурных растений. — Л., 1977. — 215 с.
6. Bower C. A., Tamimi Y. H. Root adjustments associated with salt tolerance in small grains // Agron. J. — 1979. — Vol. 71, № 4. — P. 690–693.
7. Akbar M., Khash G. S., Hillerislambers D. Genetics of salt tolerance in rice // Rice genetics. Proc. Internat. Rice Genetic Symp. — IRRI, Manila, 1985. — P. 399–409.

Получена 18.11.2013 г.

UDC 633.18:581.1.051

Shargorodska K. O., Ignatova S. O., Shpak D. V. Collected scientific articles of PBGI-NCSCI (in Russian). 2013. Issue 22 (62).

SALT TOLERANCE EVALUATION OF RICE SEEDLINGS IN VITRO

The purpose of this work was to study the ability of the rice mature seeds of different genotypes to grow in NaCl and Na₂SO₄ (1.7 and 2.0 %) salt solutions. The tasks of present research were: 1) testing the rice genotypes on the ability to form the seedlings under the solutions action of sulfate and sodium chloride with the concentrations of 1.7 and 2.0 %; 2) identify the most salt tolerance forms of the rice and harvesting. There were determined that the most of proline contained in the flour mature seeds of the cultivars — Kurchanka, Vikont, Agat and hybrids — Prestige x Upiter, Prestige x Jantar, Prestige x Lider, Prestige x Ametist. The most salt tolerance seedlings were ones of the cultivar Vikont and hybrid Slavyanez x Vikont. The seedlings of these genotypes maintained the maximum concentration of 2.0 % NaCl. The seedlings of other cultivars and hybrids — Kurchanka, Agat, Prestige, Premium, Prestige x Jantar, Malysh x Vikont, Prestige x Upiter — showed a weak resistance to the selective factor. There was the gradual reduction of the morphometric parameters of the seedlings with the concentration increase of NaCl and Na₂SO₄. The tested concentrations of NaCl had a significant influence on the rice seedlings growth unlike Na₂SO₄. Among the most salt tolerance to 2.0 % NaCl were the cultivars Vikont, Agat, Prestige, Premium and hybrids Prestige x Jantar, Malysh x Vikont, Slavyanez x Vikont. The effect of sodium sulfate was expressed in the different genotypes of rice as follows. 1.7 % Na₂SO₄ wasn't influenced on the cultivars Kurchanka, Vikont, Agat, Ontario, Prestige and hybrids Prestige x Vikont, Prestige x Upiter, Slavyanez x Vikont, Prestige x Admiral, Prestige x Ametist, Prestige x Lider. 2.0 % Na₂SO₄ didn't affect on the cultivar Vikont and hybrids Prestige x Upiter, Prestige x Ametist, Prestige x Lider. The cultivars Kurchanka, Agat, Ontario, Prestige, Premium and hybrids Prestige x Jantar, Prestige x Vikont, Malysh x Vikont, Slavyanez x Vikont responded the lower rate of germination of the total number of the grains under the impact of 2.0 % Na₂SO₄. All the cultivars and hybrids of rice were tolerant to 2.0 % Na₂SO₄ despite the different impact of the salt on the growth processes of the plants. Thus, there were revealed the differences in the salt tolerance level of the studied genotypes. There were determined that the cultivars Vikont, Agat, Prestige, Premium may be a perspective material for the breeding. Among the hybrids on this basic were of interest Prestige x Jantar, Malysh x Vikont, Slavyanez x Vikont.

Tables — 4. Figures — 4. Bibliography — 7.

УДК 633.18:581.1.051

ОЦІНКА СОЛЕТОЛЕРАНТНОСТІ ПРОРОСТКІВ РИСУ В КУЛЬТУРІ IN VITRO

Шаргородська К. О., Ігнатова С. О., Шпак Д. В. Збірник наукових праць СГІ-НЦНС. 2013. Вип. 22 (62).

Розглядаються дослідження з визначення солетолерантності у сортів та гібридів рису. Виявлені відмінності у вивченого матеріалу за наведеною ознакою.

Таблиці — 4. Рисунки — 4. Бібліографія — 7.

УДК 633.367.3:631.52

К. П. БРОДЕЦЬКА, канд. с.-г. наук, Укр. лаб. якості та безп. прод. АПК, Київ
e-mail: k_brodecka@ukr.net

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСНИЙ СКЛАД НАСІННЯ КОЛЕКЦІЙНИХ СОРТОЗРАЗКІВ ЛЮПИНУ БІЛОГО (*Lupinus albus L.*)

*У колекції люпину білого (*Lupinus albus L.*) вивчали особливості формування насінневої продуктивності та біохімічного складу насіння різних морфотипів гілкування та виділили кращі за цими ознаками форми (сортотразки). Морфотип середньорослих рослин є перспективний за комплексом господарських ознак і цінний як вихідний матеріал для селекції ранньостиглих сортів люпину білого.*

Ключові слова: люпин білий (*Lupinus albus L.*), урожайність, насіння, біохімічний склад, номер каталога, сортотразки, вихідний матеріал.

Вступ. Рослинний білок є однією з важливих складових збалансованого харчування людини та раціону сільськогосподарських тварин. За вмістом білка люпин близький до сої. Він, як і соєвий, добре перетравлюється в організмі людини і тварини і має високу біологічну цінність. Але широко використовувати люпиновий білок у кормових та харчових цілях можливо тільки після впровадження у виробництво малоалкалоїдних сортів.

Біохімічний склад люпину характеризується, як правило, високим вмістом білка і в насінні, і у вегетативних органах, а у деяких видів, переважно американських, насіння містить ще й чимало жиру. При цьому у багатьох авторів повідомляється про різний хімічний склад люпину. Це зумовлюється і видовим, і сортовим різноманіттям генотипів, а також ґрунтово-кліматичними умовами і способами вирощування рослин.

Коливання вмісту різних речовин у насінні дуже значне, зокрема білка — від 30 до 50 %, що дозволяє використовувати його як цінну добавку при годівлі сільськогосподарських тварин [1]. Найбагатше на білок насіння жовтого люпину, особливо його безалкалоїдних сортів. Барбацький С. І., зокрема, серією досліджень показав, що вміст білка в насінні різних видів люпину суттєво різниться залежно від сорту, ґрунту тощо.

Урожайність насіння та його якісний склад люпину білого зумовлюється формуванням структури окремих елементів рослини. Це, перш за все, висота рослин, розмір центральної китиці, довжина гілок 1 і 2 порядку, кількість бобів на рослині, центральній китиці, бокових гілках, маса насіння з центральної китиці і бокових гілок, вміст протеїну, жиру, клітковини, золи, вологи тощо.

Мета досліджень — вивчити у колекції люпину білого (*Lupinus albus L.*) особливості формування насінневої продуктивності, біохімічного складу насіння, гілкування різних морфотипів та виділити кращі з них для подальшого використання як вихідного селекційного матеріалу.

Матеріали та методи. Основний та передпосівний обробітки ґрунту здійснювали відповідно до прийнятої у зоні Лісостепу технології. Люпин висівали на темно-сірих підзолистих ґрунтах без внесення мінеральних добрив.

Протягом вегетаційного періоду, відповідно до «Міжнародного класифікатора РЕВ роду *Lupinus L.*» [2] та «Методичних вказівок з вивчення зернобобових» [3], проводили фенологічні спостереження, морфологічний опис колекції і визначали елементи продуктивності рослин. Структуру врожайності сортозразків досліджували методом пробного снопа з 30 рослин за такими показниками: висота рослин, висота до центральної китиці, довжина центральної китиці, довжина пагонів 1-го та 2-го порядку, маса рослини; маса бобів з усієї рослини, з центральної китиці, з бічних пагонів, кількість бобів з усієї рослини, з центральної китиці, з бічних пагонів; кількість насіння на центральній китиці, кількість насіння в бобах 1-го і 2-го порядку.

У лабораторії агроєкології та аналітичних аналізів методом інфрачервоної спектрометрії на інфрачервоному аналізаторі NIRSystems 4500 визначали вміст протеїну, жиру, клітковини, золи, гігроскопічної вологи в насінні [5].

Результати та обговорення. Вивчали 310 номерів з колекції генетичних ресурсів рослин України, які представлені сортозразками із 36 країн світу. З них виділено 120 перспективних, які розподілили на три морфотипові групи з різною довжиною гілкування. Перша група низькорослих рослин: висота 60–80 см, довжина гілок 1-го і 2-го порядку 10–20, 20–30 і 30–40 см; друга середньоросла — 80–100 см і третя високоросла — 100–120 см. За довжиною гілкування вищезазначені форми розподілені аналогічно.

Сортозразки оцінювали за показниками: продуктивність рослин (за елементами структури врожаю та зеленої маси), маса насіння з одиниці площі (м²).

Вивчаючи потенціал продуктивності колекційних сортозразків різних морфотипів, особливу увагу приділяли структурі врожаю вихідного матеріалу (табл. 1).

Величина врожаю, як відомо, є найбільш суттєвим інтегральним показником цінності будь-якої сільськогосподарської культури, зокрема і люпину. Але цей показник, як уже зазначалося, змінюється залежно від вологозабезпечення ґрунту, співвідношення між поживними елементами у ньому, способу вирощування культури тощо. І у люпину формування насіння — це також доволі складний процес, де кожний його етап вносить свій вклад у кінцеву величину. Кількість елементів насінневої продуктивності,

утвореної або збереженої на певному етапі репродуктивного розвитку, зумовлюється перш за все фізіолого-біохімічним станом рослин. А сам процес формування насіння зумовлюється такими структурними елементами, як розмір центральної китиці, кількість продуктивних пагонів, кількість і маса бобів на рослині, маса насіння в одному бобі, маса 1000 насінин.

Вивчення вихідного матеріалу шляхом простого порівняння і визначення врожайності насіння не дозволяє повною мірою дослідити генетичний потенціал продуктивності колекційних сортозразків.

Оцінюючи колекційний матеріал за ознакою «формування бобів на рослині», слід зауважити, що головне суцвіття складається із 20–25 квіток, на яких у середньому по групі низькорослих рослин на центральній китиці зав'язується по 5–6 бобів, у середньорослих — 6–8 і у високорослих — 5–9.

Сама ознака «насіннева продуктивність» із-за необхідності постійно контролювати її — одна з найбільш складних у плані визначення селекційної цінності, тому у наших дослідженнях особливу увагу звертали на аналіз структури врожайності вихідного матеріалу. Спостереження свідчать про те, що різні морфотипи люпину білого мають широкий спектр за довжиною гілкування. Одні формують елементи насінневої продуктивності на центральній китиці, а інші на пагонах першого і другого порядку. Рослини люпину білого основну ж масу бобів і насіння формують на головному суцвітті.

Дослідження елементів насінневої продуктивності (табл. 1) показало, що колекційні сортозразки в умовах перехідного Лісостепу формували насінневу масу на рослині різної величини — від 160 до 540 г/м².

У групі низькорослих рослин середнє значення маси насіння становило 330 г/м². Високу врожайність (понад 300 г/м²) забезпечили такі сортозразки (з довжиною гілкування у 20–30 і 30–40 см): RUVIR0474 (Німеччина) — 386; Л.323/12 (Україна) — 320; Л.31/8 (Україна) — 350; RUVIR01802(США) — 380; RUVIRO1801 (Німеччина) — 410; RUVIR01376 (Росія) — 420; RUVIR01605 (Польща) — 440 ; Л.204/54 (Україна) — 442.

У групі середньорослих зразків насіннева продуктивність становила у середньому 403 г/м². Стандарт Олежка сформував 360 г/м² насіння. За цією ознакою його перевищували такі сортозразки: RUVIR03046 (Марокко) — 380; 106/42 (Україна) — 420; Л.55/5 (Україна) — 471; Л.144/23 (Україна) — 520; Л.245/39 (Україна) — 570; Л.59/23 (Україна) — 380; с. Борки (Україна) — 540; с. Вересневий (Україна) — 470; с. Серпневий (Україна) — 460; Л53/12 (Україна) — 540; Л.53/18 (Україна) — 500.

Отже, середньоросла група рослин з довжиною бокових гілок 1-го і 2-го порядку (20–30 см) більш продуктивно формувала насіння за вегетаційного періоду 105–110 днів.

Високоросла група рослин за насінневою продуктивністю мало відрізнялася від середньорослої за вегетаційного періоду в 120–129 днів.

Кількість сформованого насіння на рослині та маса 1000 насінин визначають основну селекційну ознаку — насінневу продуктивність. Оцінювання за названою ознакою показало, що колекційні зразки в умовах перехідного Лісостепу формували масу насіння на рослині різної величини. Низькоросла група з різною довжиною бокових гілок 1-го і 2-го порядку в середньому сформувала — 19,6 г на рослину (максимальне значення у цій групі — 35,8, мінімальне — 8,0 г). Масу насіння у середньому — 25,6 г дали сортозразки з довжиною бокових гілок у 20–30 см. Їх можна віднести до групи з високою насінневою продуктивністю (стандарт «Пищевой» — 17,7 г). За цією ознакою перевищили стандарт такі зразки: Л.31/8 (Україна) — 27,0 г; RUVIR01801 (Німеччина) — 32,2; RUVIR01376 (Росія) — 34,1; RUVIR01605 (Польща) — 28,3; Л.105/1 (Україна) — 38,4; Л.209/56 (Україна) — 31,1; Л.204/54 (Україна) — 30,9.

Середньорослі рослини з різною довжиною бокових гілок у середньому формували 21,6 г насіння. Найнижчу масу насіння цього морфотипу давав сортозразок RUVIR01359 (Югославія) — 10,7 г; найвищу — 35,2 г RUVIR0530 (Туреччина). Середню масу насіння у цій групі (26,6 г) дали зразки з довжиною бокових гілок у 20–30 см (стандарт Олешка — 19,3 г). Сортозразки, які перевищили за цією ознакою стандарт Л.106/42 (Україна) — 23,6 г; Л.55/5 (Україна) — 31,5; Л.144/23 — (Україна) — 31,8; RUVIR01819 (Чехословаччина) — 23,6; Л.245/39 (Україна) — 31,3; RUVIR02751 (Білорусь) — 29,1 г; Борки (Україна) — 27,2; Туман (Україна) — 28,4; Л.53/18–25,5.

Серед середньорослих рослин з довжиною бокових гілок у 30–40 см перевищили стандарт за масою насіння такі сортозразки: RUVIR02960 (Франція) — 24,6 г; RUVIR02062 (Україна) — 27,6; RUVIR0595 (Африка) — 24,9; RUVIR0530 (Туреччина) — 35,2; RUVIR0529 (Туреччина) — 37,1, але вони мали трохи довший вегетаційний період – 110–115 днів.

Рослини високорослої групи у середньому мали меншу масу насіння — 17,2 г; стандарт RUVIR02298 (Іспанія) – 16,5 г. У середньому ця група рослин з довжиною гілкування у 10–20 см сформувала — 10,2 г насіння.

У цій групі, порівняно зі стандартом, позитивно виділились такі сортозразки: Л.127/4 (Україна) — 27,0 г; Л.55/7 (Україна) — 26,3; Л.143 (Україна) — 30,1; Л.124 (Україна) — 27,5 за вегетаційного періоду 124–129 днів.

У групі низькорослих рослин середнє значення маси насіння становило 330 г/м². Високу врожайність (понад 300 г/м²) забезпечили такі сортозразки (з довжиною гілкування 20–30 і 30–40 см): RUVIR0474 (Німеччина) — 386 г; Л.323/12 (Україна) — 320; 31/8 (Україна) — 350; RUVIR01802 (США) — 380; RUVIR01801 (Німеччина) — 410; RUVIR01376 (Росія) — 420; RUVIR01605 (Польща) — 440; Л.204/54 (Україна) — 442.

У групі середньорослих сортозразків насіннева продуктивність становила 403 г/м², у стандарті Олешка — 360 г/м². Тут кращими за цією ознакою були: RUVIR03046 (Марокко) — 380 г; Л.106/42 (Україна) — 420;

Л.55/5 (Україна) — 471; Л.144/23 (Україна) — 520; Л.245/39 (Україна) — 570; Л.59/23 (Україна) — 380; с. Борки (Україна) — 540; с. Вересневий (Україна) — 470; с. Серпневий (Україна) — 460; 53/12 (Україна) — 540; Л.53/18 (Україна) — 500. Отже, середньоросла група рослин з довжиною бокових гілок 1-го та 2-го ярусів у 20–30 см продуктивніше формувала насіння за вегетаційного періоду 105–110 днів.

Високоросла група за насінневою продуктивністю мало відрізнялася від середньорослої, але ж при цьому вегетаційний період у неї сягав 120–129 днів.

Величина врожаю складається із кількості бобів на рослині, насіння у них та маси 1000 насінин. Велике значення має, зокрема, число насінин у бобі, як і кількість бобів на рослині. Це — визначальні показники в структурі продуктивності люпину.

Особливістю цієї культури, як і всіх бобових, є можливість регуляції насінневої продуктивності окремої рослини зміненням числа бобів як на китиці головного стебла (центральна китиця), так і на китицях гілок різного порядку.

Кількість бобів на рослині генетично детермінована, але залежить і від умов довкілля, і від потенціалу конкретного генотипу, які в основному визначаються фундаментальними процесами: фотосинтезом, диханням, транспортом і розподілом асимілянтів на ріст органів. Ознака ця є надто мінлива. На її величину впливають всі умови вирощування (площа живлення, вологість ґрунту і повітря, температура тощо). У загущених посівах зменшується, а у зріджених збільшується кількість бобів на рослині. При цьому найсуттєвіша мінливість за кількістю бобів спостерігається на бокових гілках. Кількість бобів і число насінин у них значно залежить від вологості ґрунту.

Відмічено, що при значній недостатці вологи люпин утворює невеликі бутони, які і дають китицю з малою кількістю квіток. Лише окремі з них зав'язують боби, та й то з незначним числом насінин [4]. Хоч і надлишок вологи діє негативно, недостача протягом одного-двох днів зумовлює сильне підв'ялення рослин під час їхньої бутонізації та цвітіння і призводить до значного опадання квіток і різкого зменшення утворення бобів. А от підвищення температури до 30–31°C в період цвітіння і зав'язування бобів за наявності вологи сприятливо позначається на насінневій продуктивності.

Результати з вивчення кількості бобів у цілому на рослині свідчать, що їхнє число у різних морфотипів з різною довжиною гілкування значно різнилося. Група низькорослих сортотразків у середньому формувала 22,3 шт. бобів (максимальне значення — 46,2 шт., мінімальне — 7,9 шт.). Стандарт «Пищевой» — 12,3 шт. Продуктивніше цього морфотипу формували сортотразки з довжиною бокових гілок у 20–30 і 30–40 см. Середнє значення за цією ознакою у зразків з довжиною бокових гілок у 20–30 см становило 29,4 шт., у рослин з довжиною бокових гілок у 30–

40 см — 33,6 шт. (стандарт 12,3). За даною ознакою у цій групі можна виділити зразки, які сформували понад 30 бобів: RUVIR1801 (Німеччина) — 30,8 шт.; RUVIR 1376 (Росія) — 31,0; Л.105/1 (Україна) — 50,0; Л.59/23 (Україна) — 38,2; Л.209/56 (Україна) — 53,6; Л.60/17 (Україна) — 41,2; 204/54 (Україна) — 30,0; Л.318/1 (Україна) — 42,6.

Середньоросла група сортозразків з різною ознакою гілкування у середньому формувала 24,9 шт. бобів, за максимального значення 75,0, мінімального — 5,8. Стандарт Олешка формував 16,9 шт. Більше — 40,5 шт. у середньому формували зразки з довжиною бокових гілок 1-го і 2-го порядку у 20–30 см. За цією ознакою виділилися такі зразки: Л.55/1 (Україна) — 76,1 шт.; 144/23 (Україна) — 50,3; Л.245/39 (Україна) — 49,6; RUVIR0275 (Білорусь) — 39,2; с. Борки (Україна) — 46,5; Туман (Україна) — 54,9; с. Вересневий (Україна) — 42,9; с. Серпневий (Україна) — 67,7; Л.53/12 (Україна) — 49,4; Л.53/18 (Україна) — 48,0; Л.55/5 (Україна) — 75,0.

У високорослої групи сортозразків з різними показниками гілкування кількість бобів у середньому становила 33,6 шт. бобів. Максимальне значення у цій групі — 43,0, мінімальне — 5,3 шт. У стандарту RUVIR02298 (Іспанія) цей показник рівнявся 15,6 шт. Більше бобів мали зразки з довжиною гілок у 30–40 см, але через недорозвиненість та невивпненість насінин значна їхня частина залишалася напівпорожньою, що позначилося в кінцевому результаті і на загальній насінневій продуктивності. Відповідно й маса насіння усіх трьох груп була розподілена аналогічно.

Найбільша цінність у насінні люпину — білок і жир. Білок його за вмістом незамінних амінокислот і біологічною цінністю прирівнюється до найбільш цінного — соєвого. До складу люпинового білка входять усі 10 незамінних амінокислот, у тому числі аргінін (3,6), валін (4,3), гістидин (2,9), лізин (4,3), лейцин (9,8).

Високий вміст у насінні перетравного протеїну, який, залежно від виду люпину, становить у середньому 290–367 г на 1 кг, що в 3,5–4,5 раза більше, ніж в 1 кг зерна ячменю, кукурудзи, свідчить про його високу цінність як компонента при виробництві збалансованих за протеїном концентрованих кормів.

Крім білка, 25–40 % насіння люпину займають безазотисті екстрактивні речовини, 4,4–9,4 % і більше жиру, 3,5–4,2 % золи, що підвищує його кормові достоїнства. А 100 кг насіння люпину в середньому дорівнюють 100 кг кормових одиниць.

Як видно з даних таблиці 2, у насінні люпину вміст протеїну, жиру, клітковини, золи, гігроскопічної вологи практично в усіх трьох групах приблизно однаковий, але за кількістю жиру (9,2 %) група середньорослих рослин перевищувала низькорослу і високорослу.

Висновки. Вивчення колекційних сортозразків показало, що найбільш високоякісні і перспективні за насінневою продуктивністю і поживними речовинами в наших умовах є детермінантні середньорослі форми рослин з гілкуванням другого порядку, які мають вегетаційний період

105–110 днів. Група середньорослих рослин показала хорошу продуктивність з добре збалансованим біохімічним складом насіння, належною скоростиглістю, високою продуктивністю насіння в розрахунку на рослину, коротким вегетаційним періодом.

Таблиця 2

Біохімічний склад насіння колекційних зразків люпину білого (*Lupinus albus* L.)

№ за каталогом		Протеїн, %	Жир, %	Клітковина, %	Зола, %	Гігроскопічна волога, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %
<i>Низькорослі рослини – 60–80 см</i>								
Стандарт «Пищевой»		39,10	8,60	3,17	11,79	9,08	1,06	1,60
Колекційні сортозразки	X	38,274	8,604	4,086	12,658	10,013	1,004	1,543
	S _x	0,255	0,362	0,176	0,313	0,336	0,019	0,044
	V	2,055	13,288	13,594	7,327	10,606	6,029	9,046
<i>Середньорослі рослини – 80–100 см</i>								
Стандарт Олешка		39,82	10,05	4,32	12,84	10,34	1,06	1,84
Колекційні сортозразки	X	38,668	9,178	4,409	13,488	9,884	0,943	1,667
	S _x	0,362	0,337	0,118	0,199	0,145	0,040	0,035
	V	2,990	11,623	8,488	4,964	4,636	13,245	6,501
<i>Високорослі рослини – 100–120 см</i>								
Стандарт к-2298		39,65	9,73	5,01	12,05	10,03	1,03	1,57
Колекційні сортозразки	X	38,625	8,430	4,493	11,838	10,114	1,052	1,676
	S _x	0,327	0,286	0,099	0,154	0,112	0,012	0,028
	V	2,676	10,731	6,938	4,108	3,516	3,552	5,291

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Такунов И. П. Энергоресурсосберегающая роль люпина в современном сельскохозяйственном производстве // Кормопроизводство. — 2001. — № 1. — 3 с.
2. «Международный классификатор СЕВ рода *Lupinus* L». — Л., 1985. — 40 с.
3. Методические указания по изучению зернобобовых / Еммер Ф. В.. — Л., 1975.
4. Зернобобовые культуры / Ф. В. Еммер. — Минск : БелНИИЗК, 2000. — 264 с.
5. Савичев Н. И. Люпин — богатырская культура. — Брянск, 1964. — 29 с.
6. Chan K. Y. Effects of lupine on soil properties and wheat production / K. Y. Chan, D. P. Heenan // Aust. J. Agric. Res. — 1993. — Vol. 4. — P. 1971–984.
7. Reeves T. G. Effect of lupine — wheat rotations on soil fertility, crop disease and crop yields / T. G. Reeves, A. Ellington, H. D. Brooke // Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb. — 1984. — № 24. — P. 595–600.

Надійшла 16.10. 2013 р.

UDC 633.367.3:631.52

Brodezka K. P. Collected scientific articles of PBGI-NCSCI (in Ukrainian). 2013. Issue 22 (62).

**THE PRODUCTIVITY AND SEED QUALITY ANALYSIS
OF THE COLLECTION OF WHITE LUPINE ACCESSIONS
(*Lupinus albus L.*)**

In collection of lupin white (*Lupinus albus L.*) studied the features of forming of the seminal productivity and biochemical composition of seed, different morfotipiv branch out, and selected the best after these signs forms (sortozrazki). Morfotip of seredneroslikh plants is more perspective after a complex economic-valuable signs, and has a value as feedstock in the selection of rannestiglikh sorts of white lupin.

Tables — 2. Bibliography — 6.

УДК 633.367.3:631.52

Бродецкая Е. П. Сборник научных трудов СГІ–НЦНС. 2013. Вып. 22 (62).

**ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ СЕМЯН
У КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ЛЮПИНА БЕЛОГО
(*Lupinus albus L.*)**

В коллекции люпина белого (*Lupinus albus L.*) изучали особенности формирования семенной продуктивности биохимического состава семян разных морфотипов ветвления и выделены лучшие по этим признакам формы (сортообразцы). Морфотип среднерослых растений является более перспективным по комплексу хозяйственно ценных признаков и является ценным исходным материалом для селекции раннеспелых сортов люпина белого.

Таблицы — 2. Библиография — 6.

УДК 575.11.113:854.78

А. Є. СОЛОДЕНКО, канд. біол. наук, пров. наук. співр.,
Б. Ф. ВАРЕНИК, канд. с.-г. наук, зав. від.,
О. Є. АЛЕКСАНДРОВА, аспірант,
Ю. М. СИВОЛАП, д-р біол. наук, акад. НААН, зав. відд.
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: angelika_solo@yahoo.com

РАСОВИЙ СКЛАД ТА СТІЙКІСТЬ ЛІНІЙ СОНЯШНИКУ ДО НЕСПРАВЖНЬОЇ БОРОШНИСТОЇ РОСИ

*Застосуванням набору ліній-диференціаторів визначено расовий склад популяції несправжньої борошністої роси, поширеної на півдні України. Виявлені 330, 710 та 730 патотипи *Plasmopara helianthi* Novot. Найбільш стійкі до них самозапилені лінії Од 202 В та ОС 1029 В. Обговорюється можливість виявлення патогена ДНК-маркерами.*

Ключові слова: несправжня борошніста роса, *Plasmopara helianthi*, раси, соняшник, стійкість, ДНК-маркер.

Вступ. Соняшник — одна з найбільш рентабельних культур в Україні. Але висока економічна ефективність культури призвела до перенасичення нею сівозмін і, як наслідок, до формування нових вірулентних рас багатьох збудників інфекційних хвороб. З-поміж таких патогенів виділяється облигатний гриб ооміцет *Plasmopara helianthi* Novot. — збудник одного з найбільш шкодочинних захворювань соняшнику — несправжньої борошністої роси (НБР), яка може спричинювати значне зниження врожайності.

Екологічно безпечний та економічно вигідний шлях підвищення врожаю — це впровадження у виробництво стійких до хвороби гібридів, які є носіями домінантних генів стійкості до паразита — *Pl*. У популяції *Plasmopara helianthi* відбуваються постійні зміни вірулентності збудника хвороби, завдяки чому він долає стійкість рослини-хазяїна. Протягом значного періоду існували дві фізіологічні раси (патотипи) несправжньої борошністої роси: раса 100 — виключно в Європі, раса 300 — у Північній Америці. Ген *PI1* контролював стійкість проти 100-ї раси, ген *PI2* — проти 100-ї та 300-ї рас патогена. У 1998 р. до Франції з інфікованим насінням з Америки потрапили 710-та та 703-тя раси. Упродовж наступного десятиріччя кількість агресивних патотипів у Європі збільшилась до 17, а взагалі у світі ідентифіковано 35 рас *Plasmopara helianthi*, серед яких переважними за присутністю в популяції та агресивністю є раси 300, 330, 710, 730 та 770 [1, 2]. Поява нових патотипів є результатом еволюції патогена та міжрасової гібридизації. Поділ на раси зумовлений проявом стій-

кості певних ліній-диференціаторів [3]. Дослідження з їхньої генетики дозволили виявити расоспецифічність дії генів *PI*, їхню кластерну організацію в межах трьох груп зчеплення генетичної карти генома соняшнику. Найефективніші гени *PI* ідентифіковані та інтродуковані в культурний соняшник з дикорослих видів *Helianthus*: ген *PI6* — з *Helianthus annuus*, ген *PI5* — з *H. tuberosus*, ген *PI7* — з *H. praecox*, гени *PI8* та *PI_{Arg}* — з *H. argophyllus* [1]. Залежно від комбінації гена стійкості рослини-хазяїна та патотипу *Plasmopara* виявляються два типи стійкості: розвиток патогена обмежується базальною частиною гіпокотиле (I тип); більш масштабна інвазія патогена, який майже повністю осягає гіпокотиле та сім'ядольні листки (II тип). За обох типів стійкості спостерігається реакція надчутливості (hypersensitiverreaction) та припинення розвитку інфекції [4].

Останніми роками, коли в Україну потрапляє велика кількість насінневої продукції соняшнику іноземних фірм-виробників, зросла загроза появи нових рас патогена. Отже, постає проблема постійного контролю вірулентності збудника несправжньої борошнистої роси у зонах активного вирощування соняшнику. Моніторинг стану популяції *Plasmopara helianthi* дозволяє констатувати наявність певних рас, виявляти нові патотипи, прогнозувати ефективність генів *PI*, які присутні в селекційному генофонді, планувати селекційні програми з підвищення стійкості соняшнику до НБР.

Метою нашої роботи була оцінка стійкості рослин та расового складу популяції збудника несправжньої борошнистої роси соняшнику, поширеної на півдні України.

Матеріали та методи. Матеріалом дослідження слугували самозапилені лінії селекції СГІ–НЦНС та колекції зразків, ізоляти збудника несправжньої борошнистої роси, зібрані на полях Експериментальної бази «Дачна» (Одеська область) та в Інституті олійних культур НААНУ (ІОК, м. Запоріжжя). Расовий склад популяції *Plasmopara helianthi* визначали за реакцією стійкості загальновідомих ліній-диференціаторів: НА-288, РНА-265, РНА-274, ДМ-2, РМ-13, РМ-17, 803-І, QHP-І, НА-4, НА-Р5, НА-335, РНА-419, що є міжнародним стандартом для ідентифікації патотипів збудника НБР [5]. Дослідження проводили за експрес-методом лабораторної оцінки соняшнику на стійкість до НБР [6]. Насіння пророщували в термостаті при 25°C протягом 2–3 діб, після чого знімали лушпиння та витримували проростки в суспензії зооспор несправжньої борошнистої роси в термостаті при 13–15° протягом 20–24 год. Після інокуляції проростки розміщували на смужках фільтрувального паперу, які закручували в рулони. Подальший розвиток інокульованих проростків відбувався в кліматичних камерах при 25°. Через 7 діб створювали умови вологої камери при 13–15° на 12–15 год, після чого з появою спорношення гриба на проростках ідентифікували стійкі та уражені зразки.

Для виявлення патогена в тканинах проростків ліній-диференціаторів проводили *полімеразну ланцюгову реакцію з парою праймерів*, які дозволяють *ампліфікувати* специфічну для *Plasmopara helianthi* послідов-

ність ділянки гена 28 S-PHK [7]. ДНК виділяли цетавлоновим методом. Ампліфікацію здійснювали на приладі «Терцик» (ДНК–технологія, Росія). Електрофорез продуктів ампліфікації проводили в 8 % неденатуруючих поліакриламідних гелях з наступною візуалізацією застосуванням азотнокислого срібла. Документували отримані електрофореграми цифровою відеокамерою.

Результати дослідження та обговорення. Самозапилені лінії селекції СГІ та лінії-диференціатори з міжнародного стандартизованого набору, які різняться своєю стійкістю до певних рас *Plasmopara helianthi* (табл. 1), у лабораторних умовах були інфіковані спорами збудника несправжньої борошнистої роси соняшнику. Популяцію (спори) патогена брали з уражених рослин, зібраних на експериментальних полях ІОК та СГІ.

Таблиця 1

Реакція ліній-диференціаторів на раси збудника несправжньої борошнистої роси соняшнику

Лінії	Раси <i>Plasmopara helianthi</i>																
	100	300	304	310	314	330	334	700	703	704	710	714	717	730	733	734	770
HA-288	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
RHA-265	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
RHA-274	R	R	R	–	R	R	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
DM-2	R	R	R	–	–	S	S	R	R	–	S	S	–	S	S	S	S
PM-13	R	R	R	–	S	S	S	R	R	R	S	S	S	S	–	–	–
PM-17	R	R	R	–	R	S	S	R	R	R	R	R	R	S	S	S	S
803-I	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S
HA-R4	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	R	S	R	R
HA-R5	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	S*/R**
QHP-I	R	R	R	–	R	R	–	R	S	R	R	R	R	R	R	–	–
HA-335	R	R	S	–	S	R	S	R	R	S	R	S	S	R	R	S	R
RHA-419	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

Примітки: S – сприйнятливість, R – стійкість, – – не визначено, * – за даними [1], ** – за даними [8].

Досліджували по 20–25 рослин кожної лінії. За візуальною оцінкою рослини розподіляли на стійкі та сприйнятливі, у останніх на сім'ядольних листках спостерігався білий наліт — спорношення гриба.

Лабораторним методом оцінили стійкість понад 2000 зразків самозапиленних ліній. Результати з найбільш використовуваних зразків подаються у таблиці 2.

У рослин ліній-диференціаторів HA-288, RHA-265, RHA-274 спостерігали відставання у розвитку, процеси загнивання, рясне спорношення на корінцях та сім'ядольних листках; частина проростків загинула ще до оцінювання стійкості. Зразки ліній-диференціаторів DM-2, PM-13 та PM-17 характеризувалися менш пригніченим розвитком, на

сім'ядольних листках більшості проростків кожної лінії з'явились помірне спороношення. Рослини ліній-диференціаторів 803-I, HA-R4, HA-R5, QHP-I, RHA-419 та HA-335 значно відрізнялися за розмірами та виглядом від вищезгаданих ліній: були майже удвоє більші, з добре розвинуеною першою парою справжніх листків, без жодних ознак захворювання.

Таблиця 2

Стійкість самозапилених ліній соняшнику до несправжньої борошнистої роси в лабораторних умовах

Лінія	Ураженість рослин, %			
	2010	2011	2012	2013
Од 1036 А ст.	55,3	60,2	51,4	70,4
Од 1318 В ст.	48,5	46,3	51,2	44,8
ОС 1029 В	0,0	0,0	0,0	0,0
Од 202 В	0,0	0,0	0,0	0,0
Од 1295 В	38,9	48,6	44,5	47,4
Од 2085 А	47,6	38,9	45,4	39,5
Од 1008 А	39,8	42,2	41,6	44,5
Лемпа В	68,7	71,2	66,4	58,7

Для отримання однозначного висновку про відсутність стійкості проростки ліній DM-2, PM-13 та PM-17 дорощували до появи першої пари справжніх листків і знову створювали їм умови вологої камери. Наступне оцінювання показало, що всі рослини виявились ураженими, тому зазначені лінії віднесені до сприйнятливих.

Враховуючи дані щодо вірулентності певних рас *Plasmopara helianthi* стосовно ліній-диференціаторів, виявили расовий склад популяції патогена, поширеної на полях Одеської та Запорізької областей. Результати оцінки дозволяють стверджувати, що на даний час в популяції *Plasmopara helianthi* відсутня раса 770. За даними [8], раса 770 входить до числа найпоширеніших та найагресивніших патотипів, так званих «predominantraces»: 300, 700, 730 та 770, які виявлені майже у всіх країнах, де вирощують соняшник.

Стійкість до несправжньої борошнистої роси ліній-диференціатора HA-335 зумовлена геном *PI6*, дія якого «подолана» расами, нещодавно ідентифікованими в США (714 і 734) та у Франції (304). Результати нашого дослідження виключають наявність рас 304, 314, 334, 704, 714, 717, 734 у місцевій популяції *Plasmopara helianthi*. Реакція ліній-диференціаторів DM-2, PM-13 та PM-17 свідчить про поширення 730-ї раси та не виключає присутність у популяції патогена рас 330, 700 та 710. Більш чітка ідентифікація потребує доповнення стандартного набору ліній-диференціаторів, що активно обговорюється дослідниками [9].

Раса 730 кілька років тому з'явилась у популяції несправжньої борошнистої роси в Україні [10], у регіоні Північного Кавказу [11], у країнах Східної Європи [1]. Гени, що надають стійкості до цієї раси, *PI5*, *PI6*, *PI8*

вже інтродуковані та вивчені щодо їхнього впливу на основні господарські ознаки [10]. З врахуванням поширення в інших країнах патотипів «хх4» та «хх7», а також «predominant-ності» раси 770, найбільшої уваги у подальшій селекції соняшнику на стійкість до НБР потребують джерела генів *PI13* та *PI_{Arg}*, які на теперішній час зумовлюють універсальну стійкість.

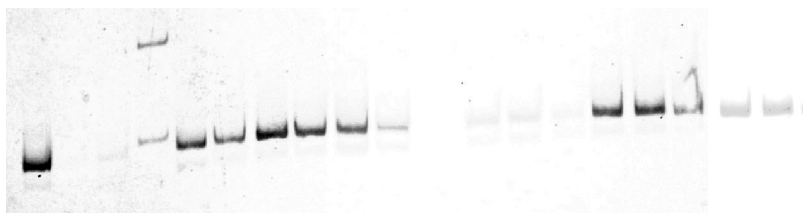
Лабораторна оцінка стійкості великої кількості селекційних зразків здійснюється експрес-методом щорічно у зимовий період. Для одержання належних результатів щодо стійкості необхідно дотримуватись певних умов проведення дослідження: визначений розмір проростків та сформованість сім'ядольних листків на етапі штучного зараження, оптимальне інфекційне навантаження, тобто концентрація зооспорангіїв гриба в інокулюмі, тривалість періоду інокуляції та температурний режим. У масових оцінках можливе певне недотримання методики з об'єктивних причин. Так, у нас рослини різнилися за темпом розвитку, тому неможливо було визначити стійкість усіх зразків одночасно. Крім того, поява спороношення гриба на сім'ядольних листках може свідчити про розвиток реакції стійкості за II типом, тому до формування в інфікованих проростків справжніх листків робити висновок про «сприйнятливність» зарано. Для унеможливлення хибних висновків в окремих випадках на завершальних етапах лабораторної оцінки стійкості має сенс використання ДНК-маркера генома *Plasmopara helianthi*, який є специфічний для цього виду оомицетів. У нашому дослідженні для ДНК-аналізу брали рослини ліній-диференціаторів після лабораторного тестування стійкості. Матеріалом для виділення ДНК слугували фрагменти корінців, сім'ядольних та справжніх листків проростків, а також спорангії гриба, зняті з уражених зразків. Маркерний фрагмент ДНК розміром 310 пар нуклеотидів, характерний для ділянки гена 28 S-PHK *Plasmopara helianthi*, виявлено в спектрах ампліфікації, отриманих для всіх рослин сприйнятливих ліній-диференціаторів НА-288, РНА-265, РНА-274, ДМ-2, РМ-13 та РМ-17 (рис.). ДНК-маркер свідчив про наявність патогена в тканинах тих проростків ліній ДМ-2, РМ-13 та РМ-17, на сім'ядольних листках яких не з'явилось спороношення гриба (доріжки 9, 16, 18 на електрофореграмі).

У рослинах ліній-диференціаторів 803-І, НА-Р4, НА-Р5, QHP-1, РНА-419 та НА-335, які за результатами лабораторного тестування визначені стійкими до НБР, ДНК патогенного гриба *Plasmopara helianthi* не виявлена.

Моніторинг расового складу популяції збудника НБР, застосування ДНК-маркерів для діагностики патогена, а також удосконалення методів тестування стійкості мають сприяти інтеграції наших досліджень в міжнародну систему контролю над патогеном.

Висновки. У результаті проведеної лабораторної оцінки визначені найбільш стійкі самозапилені лінії Од 202 В та ОС 1029 В. У популяції *Plasmopara helianthi*, що поширена на півдні України, виявлена 730-та раса та не виключається присутність рас 330, 700 і 710. Для отримання об'єктивного висновку при проведенні лабораторної експрес-оцінки

стійкість селекційних форм необхідно оцінювати у проростків соняшнику на стадії сформованих справжніх листків. Для діагностики наявності патогена доцільно використовувати ДНК-аналіз.



1 2 3 М 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Рис. Електрофореграма спектрів ампліфікації ДНК, виділеної з спорангіїв *Plasmopara helianthi* (1, 14); з проростків ліній НА-R4 (2), НА-R5 (3), НА-288 (4), RHA-265 (5), RHA-274 (6), DM-2 (7–9), 803-I (10), QHP-1 (11), RHA-419 (12), НА-335 (13), PM-13 (15–16), PM-17 (17–18). М — маркер молекулярної маси (ДНК pUC 19/Msp I)

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Jovic S. Towards sustainable downy mildew resistance in sunflower / Jovic S., Miladinovic D., Imerovski I., Dimitrijevic A., Cvejic S., Nagl N., Kondic-Spirka A. // *Helia*. — 2012. — 35, N 56. — P. 61–72.
2. Vitanyi F. Research progress in sunflower diseases and their management // 17th International Sunflower Conference. — Cordoba, Spain, 2008. — P. 1–12.
3. Gulya T. Proposal for standardized nomenclature and identification of races of *Plasmopara halstedii* (sunflower downy mildew) / Gulya T., Tourvielle de Labrouhe D., Masirevic S., Penaud A., Rashid K., Vitanyi F. // ISA Symposium III: Sunflower downy mildew, 13–14 January 1998. — Fargo, ND, USA, 1998. — P. 130–136.
4. Radwan O. Molecular Characterization of Two Types of Resistance in Sunflower to *Plasmopara halstedii*, the Causal Agent of Downy Mildew / Radwan O., Bouzidi M., Mouzeyar S. // *Phytopathology*. — 2011. — 101. — P. 970–979.
5. Tourvielle de Labrouhe D. A new race of *Plasmopara halstedii*, pathogen of sunflower downy mildew / Tourvielle de Labrouhe D., Lafon S., Walser P., Raulic I. // *Oleagineux*. — 2000. — V. 7. — P. 404–405.
6. Долгова Е. М. Экспресс-метод оценки подсолнечника на устойчивость к ложной мучнистой росе / Долгова Е. М., Аладьина З. К., Михайлова В. Н. // *Селекция и семеноводство*. — 1990. — Вып. 68. — С. 50–55.
7. Ios R. Development of a PCR test to detect the downy mildew causal agent *Plasmopara halstedii* in sunflower seeds / Ios R., Laugustin L., Rose S., van Brouwershaven I., Baayen R. // *Plant Pathology*. — 2007. — 56. — P. 209–218.
8. A. de Romano. A new gene for resistance to downy mildew in sunflower / A. de Romano, Romano C., Bulos M., Altieri E., Sala C. // *Sunflower Breeding on Resistance to Diseases: International Symposium*, 10–14 oct. 2010. — Krasnodar, 2010. — P. 142–147.
9. Рамазанова С. Внутривидовый полиморфизм возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника по SNP-локусам ДНК / Рамазанова С., Антоно-

- ва Т., Ивебор М., Стрельников Е. // Н.-т. бюллетень ВНИИМК. — 2012. — Вып. 1 (150). — С. 11–16.
10. Бурлов В. Вихідний матеріал для селекції соняшнику на стійкість до збудника несправжньої борошнистої роси *Plasmoparahalstedii* (Farl.) Berl. Et. DeTonl. / Бурлов В., Бабаянц Л. // Селекція і насінництво: Міжвід. темат. наук. зб. — 2006. — Вип. 92. — С. 16–23.
11. Антонова Т. Новые расы возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника на Северном Кавказе / Антонова Т., Арасланова Н., Ивебор М., Гутчель С., Челюстникова Т., Рамазанова С. // Н.-т. бюллетень ВНИИМК. — 2006. — Вып. 1 (134). — С. 18–23.

Надійшла 15.11.2013 р.

UDC 575.11.113:854.78

Solodenko A. Ye., Varenik B. F., Alexandrova O. Ye., Syvolap Yu. M.
Collected scientific articles of PBGI-NCSCI (in Ukrainian). 2013. Issue 22 (62).

DOWNY MILDEW RACE COMPOSITION AND DEFINITION OF RESISTANCE OF SUNFLOWER LINES

Sunflower Inbred lines Од 202 В and ОС 1029 В were revealed as the most resistant to downy mildew. Differential lines were used to estimate a races composition of downy mildew population that occurs in the South of Ukraine. It was shown 330, 710 and 730 pathotypes of *Plasmopara helianthi* Novot. are present. Using a DNA marker to detect a pathogen is discussed.

Tables — 2. Figures — 1. Bibliography — 11.

УДК 575.11.113:854.78

Солоденко А. Е., Вареник Б. Ф., Александрова А. Е., Сиволап Ю. М. Сборник научных трудов СГІ–НЦНС. 2013. Вип. 22 (62).

РАСОВЫЙ СОСТАВ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЛИНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА К ЛОЖНОЙ МУЧНИСТОЙ РОСЕ

Выявлены наиболее устойчивые к ложной мучнистой росе (ЛМР) самоопыленные линии Од 202 В и ОС 1029 В. С использованием набора линий-дифференциаторов определён расовый состав популяции ложной мучнистой росы, распространённой на юге Украины. Показано наличие 330-го, 710-го и 730-го патотипов *Plasmopara helianthi* Novot. Обсуждается возможность усовершенствования метода тестирования устойчивости за счёт использования ДНК-маркера патогена.

Таблицы — 2. Рисунок — 1. Библиография — 11.

УДК 632.38:633.11

Л. В. НЕПЛІЙ, канд. біол. наук, наук. співр.,

О. В. БАБАЯНЦ, д-р біол. наук, зав. від.

СГІ–НЦНС, Одеса

e-mail: phyto_lab@ukr.net

ВИДОВИЙ СКЛАД ТА ЗАХОДИ КОНТРОЛЮ ПЕРЕНОСНИКІВ ВЖКЯ У ПІВДЕННОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

Визначені основні види попелиць — переносників ВЖКЯ на озимій пшениці у південному Степу України. Досліджено ефективність модифікованих високоефективних пасток з жовтою клейкою плівкою для відлову попелиць. Виявлений штам збудника жовтої карликовості пшениці, визначений високоефективний протруйник Юнта Квадро (1,7 л/т) проти попелиць — переносників ВЖКЯ.

Ключові слова: *попелиці, вірус жовтої карликовості ячменю, озима пшениця.*

Вступ. Попелиці діють на рослини прямим або опосередкованим способом. Прямий вплив пов'язаний з механічними порушеннями під час проникнення стилетів у рослину і з уживанням клітинного соку тканин. Рослина зазнає шкоди від відсмоктування клітинного соку, з яким виносяться зі стебла вуглеводи, аміно- та нуклеїнові кислоти, мінеральні й ростові речовини. Одна особина великої злакової попелиці, харчуючись на одному колосі, знижує урожай зерна приблизно на 5 мг за маси дорослої особини 1,2–1,3 мг. Тобто маса врожаю, що втрачається, майже учетверо вища від біомаси попелиць [1]. Опосередкований вплив попелиць пов'язаний з глибоким, нерідко прихованим зміщенням метаболізму в пошкоджених органах під дією вірусів [1, 2]. Вірус жовтої карликовості ячменю передається попелицями персистентно, циркулює, але не розмножується в організмі комахи. У рослині вірус локалізується у флоемі. У комаху він потрапляє з соком із клітин флоєми. Після проходження заднього відділу кишечника комахи вірус потрапляє в гемоціль, а після циркуляції в гемолімфі концентрується в слинних залозах. Під час живлення комахи на рослині вірус зі слиною потрапляє у флоему. Мінімальний період харчування попелиць на рослинах, необхідний для зараження ВЖКЯ, — від 17 хвилин до 3 годин. Напрямок руху вірусу в рослині часто корелює з транспортом вуглеводів, а рух із клітини в клітину проходить через мезофіл. Основними переносниками ВЖКЯ в умовах південно-західної України є 4 види злакових попелиць: *Sitobion avenae* F, *Rhopalosiphum padi* L., *R. maidis* Fitch [3–5], *Schizaphis graminum* Rond [6]. Вірус значно зменшує урожай [7–9] зерна — від 50 до 60 % [10], від

44 до 66 % [11], 63 % [12]; висоту рослин [13, 14], надземну масу рослин і число зернин [15–17].

Отже, нехтування заходами щодо обмеження поширення попелиць і їхньої шкідливості призводить до суттєвого зниження зборів зернових колосових культур на товарних площах. У цілому спостерігається тенденція до дедалі значнішого поширення хвороби, тим більше що у виробництві заходи щодо обмеження розповсюдження ВЖКЯ або не проводяться, або є недостатні і тому малоефективні.

Матеріал і методи. Виявлення вірусу жовтої карликовості ячменю в рослинному матеріалі проводили методом імуноферментного аналізу. Результати подані у вигляді залежності оптичного поглинання продукту, що утворився у наслідок ферментативної реакції, від концентрації антигена в пробі. За чутливість методу брали концентрацію антигена, за якої значення E_{405} у 3 рази перевищує поглинання в контрольній пробі.

Відловлювали попелиць на посівах озимини восени пастками з жовтою клейкою плівкою. Пастки виготовляли самостійно. Для цього дерев'яну дощечку прибивали на дерев'яний кілочок (рис. 1).

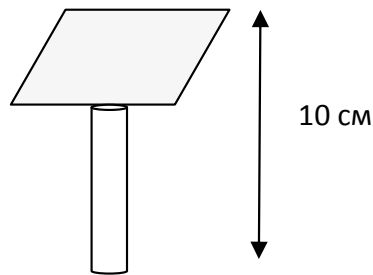


Рис. 1. Пастка з жовтою клейкою плівкою

На пастку намотували жовту клейку плівку і ставили зранку на посівах озимої пшениці. Такі пастки на ніжці застосовані на дослідних ділянках озимої пшениці вперше. Вони діють на попелиць саме жовтим кольором (довжина хвилі 570 нм), що особливо приваблює шкідників. Ці пастки — своєрідна модифікація: у них збережений принцип дії мисок Меріке. Пастки на ніжці розташовуються на висоті травостою. Якщо дивитись зверху, то вони світяться жовтим кольором, якщо ж збоку, то — кольором ґрунту. На ці пастки приклеювались тільки крилаті особини великої злакової та черемхової попелиць. Підраховували прилиплих шкідників наступного дня зранку, їхню кількість перераховували на 1 м². До речі, на наших пастках можна не тільки визначати кількість крилатих мігрантів, а також і їхній видовий склад.

Навесні у посіві систематично обліковували кількість комах та визначали ступінь ураження рослин у фази: початок трубкування, колосіння, формування зернівки, молочно-воскової стиглості — візуально, за 9-бальною шкалою.

Наступними були дослідження з протруєння насіння озимої пшениці такими препаратами, як Сертікор + Круїзер, Юнта Квадро, Селест Топ, Ламардор 400 + Гаучо. Юнта Квадро та Селест Топ — це комбіновані інсекто-фунгіцидні протруйники, Сертікор+Круїзер — це фунгіцидна та інсектицидна складові відповідно. Через два тижні після отримання сходів збирали листочки і проводили імуноферментний аналіз з ферментом лужна фосфатаза (довжина хвилі 405 нм) — для виявлення ВЖКЯ.

Результати досліджень. На дослідних ділянках СГІ на посівах озимої пшениці спостерігали за льотом попелиць. Перші особини попелиць восени з'являлися на посівах ячменю і пшениці в середині вересня. Серед крилатих мігрантів виявляли два види попелиць: *Sitobion avenae* F. та черемхова *Rhopalosiphum padi* L. (рис. 2).

Крилаті розселювачки великої злакової попелиці (*Sitobion avenae* F.) заселяли посіви з першої декади вересня до середини жовтня, їхній літ завжди був інтенсивніший у першій половині вересня. В окремі дні протягом доби кількість досліджуваних комах прилітало від 40 до 200 екз./м², передусім одразу після появи сходів.

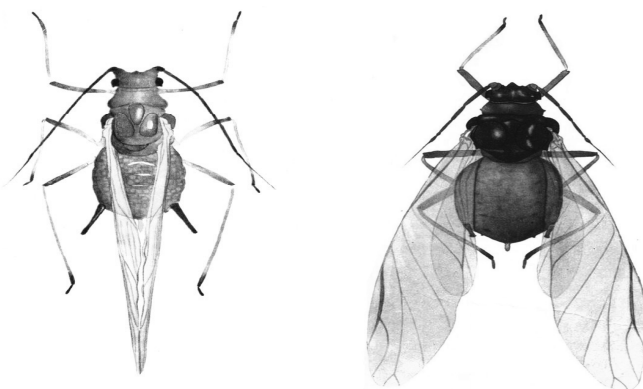


Рис. 2. Види попелиць (крилаті імаго), що поширені в південному Степу України в осінні періоди: велика злакова *Sitobion avenae* F. (зліва) та черемхова *Rhopalosiphum padi* L.

Температурні умови для зараження рослин озимої пшениці були сприятливі. Крилаті самки поселялися на сходях і вже на наступний день давали початок новим колоніям безкрилих попелиць, котрі за теплої погоди швидко розмножувалися.

Розселювачки черемхової попелиці (*Rhopalosiphum padi* L.) з'являлися пізніше, з другої — третьої декади вересня, і до кінця жовтня заселяли переважно посіви, що розкущилися. Інтенсивність льоту крилатих особин обох видів посилювалася, звичайно, в тихі теплі дні, у вечірні години. В окремі дні протягом доби на посіви прилітала велика кількість попелиць, що їх чисельність зростала від 80 до 3720 екз./м².

Крилаті розселювачки, з'явившись на сходях, уже на другий день давали початок колоніям безкрилих попелиць, які за помірної теплої пого-

ди швидко розмножувалися, а через 10–15 днів починали перебиратися на сусідні посіви.

Співвідношення крилатих особин двох видів на пастках з жовтою клейкою плівкою *Rhopalosiphum padi* L. і *Sitobion avenae* F. складало 7:1, 9:1, 18:1, 27:1. Отже, панівним видом був *Rhopalosiphum padi* L.

Заселення посівів попелицями незмінно супроводжувалося притоком афідофагів. Першими, як звичайно, через 10–15 днів після масового заселення і розмноження крилатих попелиць з'являлися попелицеві корівки і хижі клопи. Пізніше, у фазу повного кушіння, різко збільшується видовий склад і чисельність сирфід та інших афідофагів.

Таблиця 1

Виявлення антигена вірусів на озимій пшениці на полях Селекційно-генетичного інституту

Сорт	Показник оптичної густини, E_{405nm}			
	вірус смугастої мозаїки пшениці	вірус штрихуватої мозаїки ячменю	вірус жовтої карликовості ячменю	вірус мозаїки бромусу
Одеська напівкарликова	0,063	0,077	0,564	0,049
Альбатрос одеський	0,056	0,080	1,909	0,047
Фантазія	0,081	0,095	1,857	0,053
Красуня	0,059	0,064	1,278	0,056
Балківська	0,046	0,061	2,307	0,050
Одеська 267	0,052	0,057	1,455	0,059
Філогенезіум 89300	0,053	0,081	0,694	0,052
Гордість	0,055	0,072	1,762	0,046
Застава	0,054	0,098	1,465	0,053
К-сік	0,053	0,072	0,107	0,059
К-буфер	0,033	0,055	0,095	0,041

Восени 2005 року в південному Степу України у посівах раннього строку (07.09.2005 р.) були взяті зразки пшениці озимої і імуноферментним аналізом протестовані науковим співробітником кафедри вірусології Київського національного університету імені Тараса Шевченка канд. біол. наук Снігур Г. О. на наявність вірусної інфекції. Результати наведені в таблиці 1.

Отже, згідно з результатами дослідження (табл. 1), домінуючим видом у південному Степу України серед вірусів був ВЖКЯ. Інші види не були виявлені.

Це було також підтверджено ІФ-аналізом (під керівництвом д. б. н. Міщенко Л. Т.) зразків посіву вегетації 2008/09 року у південному Степу України, коли на пшениці озимій вірус смугастої мозаїки не був виявлений, а ВЖКЯ «панував».

Восени спостерігали прояв ВЖКЯ не лише на сортах озимої пшениці, а й на посівах ячменю — це передусім золотисто-жовтий колір листя.

Таблиця 2

Інтенсивність ураження сортів пшениці озимі ВЖК у динаміці на прапорцевому та передпрапорцевому листках, посів 2008/09 року

Сорт	Інтенсивність ураження у фазу коло-сіння		Інтенсивність ураження у фазу формування зернівки		Інтенсивність ураження у фазу молочно-воскової стиглості	
	прапорцевий листок, %	передпрапорцевий листок, %	прапорцевий листок, %	передпрапорцевий листок, %	прапорцевий листок, %	передпрапорцевий листок, %
Альбатрос одеський	19,0±4,2	29,5±3,4	71,5±4,2	76,0±5,3	100±0,0	100±0,0
Вікторія одеська	14,0±3,3	20,0±2,9	74,0±5,1	65,5±4,6	100±0,0	100±0,0
Антонівка	3,0±1,5	21,0±3,0	77,0±5,2	72,0±5,3	100±0,0	96,5±3,5
Косовиця	2,5±1,5	19,0±3,0	63,0±6,1	65,5±4,6	100±0,0	99,5±0,5
Вдала	40,5±6,1	62,0±4,7	79,0±6,2	75,5±3,2	100±0,0	100±0,0
Писанка	15,5±2,6	44,0±2,8	66,5±2,2	83,5±2,7	100±0,0	100±0,0
Годувальниця	64,0±4,3	55,0±7,3	79,5±4,3	77,0±4,8	100±0,0	100±0,0
Землячка	51,0±5,2	59,0±7,7	81,5±4,7	77,5±4,0	100±0,0	100±0,0
Литанівка	70,0±6,0	73,0±6,4	95,0±3,4	87,5±3,0	100±0,0	100±0,0
Господиня	14,5±3,5	29,0±4,0	63,5±5,0	70,5±5,8	92,5±4,6	97±2,1
Скарбниця	15,0±3,9	29,0±5,4	77,5±5,1	74,0±4,5	100±0,0	99,5±0,5
Ніконія	32,5±6,8	46,0±7,8	75,5±4,5	74,5±4,3	100±0,0	100±0,0
Супутниця	45,5±8,2	51,0±9,5	79,0±6,8	79,5±4,6	100±0,0	99,5±0,5
Пошана	37,5±8,6	53,5±6,6	89,5±3,4	84,5±4,3	100±0,0	100±0,0
Кірія	35,0±8,4	43,0±6,1	65,5±6,0	66,5±1,5	100±0,0	100±0,0
Селянка	43,0±7,8	53,0±7,8	82,0±4,5	80,5±4,1	100±0,0	100±0,0
Куяльник	41,0±4,0	59,0±3,0	72,0±4,8	79,0±3,6	100±0,0	100±0,0
Польовик	34,5±5,6	42,0±5,9	68,0±4,0	68,5±2,9	100±0,0	100±0,0
Отаман	28,0±5,1	43,0±4,6	73,5±4,0	62,5±3,2	100±0,0	100±0,0
Бунчук	33,0±6,1	49,0±4,0	68,5±6,2	79,0±4,3	100±0,0	100±0,0
Турунчук	40,0±4,5	53,0±8,4	83,0±6,1	80,5±4,1	100±0,0	100±0,0
Подяка	35,5±5,1	61,0±2,6	70,0±5,0	84,5±3,0	100±0,0	100±0,0
Зміна	38,0±5,5	62,5±3,2	93,0±2,2	85,0±4,1	100±0,0	100±0,0

Примітка: у таблиці 2 наведені середні значення та стандартна похибка.

Таблиця 3

Уміст антигенів ВЖКЯ у листках пшениці озимої лінії Кп 34/10 восени при протруєнні насіння різними комбінаціями пестицидів

Протруйники		Показник оптичної густини $E_{405\text{нм}}$ <i>BYDV-PAV</i>
Пестициди	норма, л/т	
Сертікор+Круїзер	1,2+0,4	0,139
Юнта Квадро	1,7	0,102
Селест Топ	1,25	0,203
Ламардор+Гаучо	0,2+0,4	0,141
Позитивний контроль	–	0,268
Негативний контроль	–	0,037

Пожовтіння поширювалося донизу, спочатку по краю листка, поступово охоплювало усю його площу. Спектр жовтизни листків пшениці — від золотисто-жовтого до яскраво-помаранчевого і навіть фіолетового. Виявилось, що усі досліджувані сорти селекції СГІ–НЦНС пшениці озимої уражувалися жовтою карликовістю ячменю (табл. 2).

У весняно-літній період інтенсивність інфікування ВЖКЯ пшениці озимої у фазу колосіння на прапорцевому листку варіювалася від 3,0 до 70,0 %, на передпрапорцевому від 19,0 до 73,0 %; у фазу формування зернівки на прапорцевому листку — від 63,0 до 95,0 %, на передпрапорцевому від 65,5 до 87,5 %; у фазу молочно-воскової стиглості на прапорцевому листку від 92,5 до 100 %, на передпрапорцевому — від 96,5 до 100 %.

Одним із шляхів обмеження жовтої карликовості ячменю у південному Степу України є обробка насіння протруйниками, які в своєму складі містять інсектицидну діючу речовину.

Нами були протестовані сорти пшениці озимої у посіві 2008/09 р. ІФА на виявлення вірусів на природному інфекційному фоні ВЖКЯ. Із 4 варіантів протруйників, таких як Сертікор (1,2 л/т) + Круїзер (0,4 л/т), Юнта Квадро (1,7 л/т), Селест Топ (1,25 л/т), Ламардор (0,2 л/т) + Гаучо (0,4 л/т) наявність антигенів *BYDV-PAV* виявлено на рослинах пшениці, насіння якої було оброблено комбінаціями препаратів Сертікор (1,2 л/т) + Круїзер (0,4 л/т), Селест Топ (1,25 л/т), Ламардор (0,2 л/т) + Гаучо (0,4 л/т) (табл. 3). При цьому показники екстинкції $E_{405\text{нм}}$ варіювалися від 0,141 до 0,203, а рівень позитивного контролю сягав 0,268. На відміну від трьох перерахованих вище, у випадку з застосуванням препарату Юнта Квадро (1,7 л/т) значення екстинкції соку листків при довжині хвилі $E_{405\text{нм}}$ становило 0,102, що свідчить про відсутність штаму *BYDV-PAV* у цьому варіанті.

Отже, одним з надійних протруйників насіння пшениці озимої є Юнта Квадро з нормою витрат 1,7 л/т. Результати імуноферментного аналізу підтвердили відсутність штаму *BYDV-PAV* у південному Степу України. Це свідчить про те, що означений протруйник високоефективний, має високу токсичність проти попелиць — переносників ВЖКЯ. Попелиці,

харчуючись поживними речовинами рослин, які містять токсичні сполуки, гинуть, не встигаючи передати вірус. При цьому зменшується поширення хвороби, чисельність шкідників та підвищується урожайність пшениці на 1,2 т/га. Біологічна ефективність цього протруйника становить 99 %.

Висновки

1. Методом імуноферментного аналізу виявлено, що в південному Степу України на пшениці озимій збудником вірусу жовтої карликовості ячменю є штам *BYDV-PAV*.

2. Домінуючим видом попелиць на пшениці озимій виявився вид *Rhopalosiphum padi* L.

3. Виявлено, що всі досліджувані сорти пшениці озимої селекції Селекційно-генетичного інституту уражуються жовтою карликовістю ячменю. Максимальна інтенсивність ураження прапорцевих листків сягала 53,0–70,0 %, а передпрапорцевих — 72,0–82,0 %.

4. З'ясовано, що ефективним захистом пшениці озимої від попелиць — переносників вірусу жовтої карликовості ячменю і зниження розвитку жовтої карликовості ячменю є протруєння насіння перед його висівом препаратом Юнта Квадро з нормою витрати 1,7 л/га. При цьому знижується кількість попелиць — переносників вірусу жовтої карликовості ячменю (біологічна ефективність — 99 %) і поширення хвороби, що зумовлює підвищення урожайності на 1,2 т/га.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Николенко М. П. Вредоносность большой злаковой тли *Sitobion avenae* и устойчивость озимой пшеницы к ее повреждениям / М. П. Николенко, Л. И. Омельченко // Сельскохозяйственная биология. — 1978. — Т. 13, № 1. — С. 130–135.
2. Rybicki E. P. Characterisation of on Aphid — Transmitted Virus Disease of small grains / E. P. Rybicki, M. B. Welch // Phytopath. Z. — 1982. — V. 103. — P. 306–322.
3. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений: В 3 т. / АН УССР, Укр. энтомол. общ., Ин-т зоологии им. Шмальгаузена (Урожай) / Под ред. В. П. Васильева. — К., 1987. — Т. 1: Вредные нематоды, моллюски, членистоногие. — С. 440.
4. Hofer P. Coat protein gene replacement results in whitefly-transmission of an insect non-transmissible geminivirus isolate / P. Hofer, M. Honhle, I. D. Bedford, P. G. Markham, T. Frischmuth // 11th International Plant Virus Epidemiology Symposium. — Almeria (Spain). — 1999. — P. 37.
5. Неплій Л. В. Літ попелиць *Sitobionavenae* F. та *Rhopalosiphum padi*L. — переносників ВЖКЯ восени 2009 та 2010 років на півдні України / Л. В. Неплій // Матеріали Міжн. наук.-практ. конф. «Проблеми сталого розвитку агро-сфери», присвяченої 195-річчю від дня заснування ХНАУ ім. Докучаєва. 4–6 жовтня 2011 р. — Харків, 2011. — С. 360.
6. Омельченко Л. И. Вирусы злаков и устойчивость к ним пшеницы и ячменя / Л. И. Омельченко // Проблемы повышения устойчивости зерновых культур

- и подсолнечника к болезням и вредителям: Сб. науч. тр. — Одесса: ВСГИ, 1990. — С. 27–33.
7. Potter L. R. The effects of barley yellow dwarf virus and powdery mildew in oats and barley with single and dual infections / L. R. Potter // *Annals of Applied Biology*. — 1980. — V. 94, I. 1. — P. 11–17.
 8. Grafton K. F. Effect of Barley Yellow Dwarf Virus Infection on Winter Survival and Other Agronomic Traits in Barley / K. F. Grafton, J. M. Poehlman, D. T. Sechler, O. P. Sehgal // *Crop Science*. — 1982. — V. 22. — P. 596–600.
 9. Greaves D. A. Identification of barley yellow dwarf virus and cereal aphid Infestations In winter wheat by aerial photography / D. A. Greaves, A. J. Hooper, B. J. Walpole // *Plant Pathology*. — 1983. — V. 32, I. 2. — P. 159–172.
 10. Andrews C. J. Effects of barley yellow dwarf virus infection and low temperature flooding on cold stress tolerance of winter cereals / C. J. Andrews, Y. C. Paliwal // *Canad. Plant Pathology*. — 1986. — T. 8, № 3. — P. 311–316.
 11. Potter L. R. Interaction between barley yellow dwarf virus and rust in wheat, barley and oats, and the effects on grain yield and quality / L. R. Potter // *Annals of Applied Biology*. — 1982. — V. 100, I. 2. — P. 321–329.
 12. Cisar G. Effect of Fall or Spring Infection and Sources of Tolerance of Barley Yellow Dwarf of Winter Wheat / G. Cisar, C. M Brown, H. Jedlinski // *Crop Science*. — 1982. — № 22. — P. 474–478.
 13. Grafton K. F. Effect of Barley Yellow Dwarf Virus Infection on Winter Survival and Other Agronomic Traits in Barley / K. F. Grafton, J. M. Poehlman, D. T. Sechler, O. P. Sehgal // *Crop Science*. — 1982. — V. 22. — P. 596–600.
 14. Юхименко А. І. Поширення та шкодочинність вірусу жовтої карликовості ячменю / А. І. Юхименко, С. І. Волощук, В. І. Дубовий, Г. О. Снігур, В. П. Поліщук // *Вісник аграрної науки*. — 2008. — № 2. — С. 35–39.
 15. Carrigan L. L. Response of Winter Wheat Cultivarsto Barley Yellow Dwarf Virus Infection / L. L. Carrigan, H. W. Ohm, J. E. Foster, F. L. Patterson // *Crop Science*. — 1981. — № 21. — P. 377–380.
 16. Griesbach J. A. Infection of Grasses by Barley Yellow Dwarf Viruses in California / J. A. Griesbach, B. J. Steffenson, M. P. Brown, B. W. Falk, R. K. Webster // *Crop Science*. — 1990. — V. 30. — P. 1173–1177.
 17. Махоткин А. Г. ВЖКЯ: не упустить сроки борьбы / А. Г. Махоткин // *Защита и карантин растений*. — 2007. — № 4. — С. 16–17.

Надійшла 29.11.2013 р.

UDC 632.38:633.11

Nepliy L. V., Babayanz O. V. Collected scientific articles of PBGI-NCSCI (in Ukrainian). 2013. Issue 22 (62).

SPECIES COMPOSITION AND CONTROL OF APHIDS — VECTORS BYDV IN THE SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE

The main species of aphids — vectors BYDV in winter wheat. Showing highly modified trap with yellow sticky tape for catching aphids in winter wheat. Discovered yellow dwarf strains of wheat. Your high performance Disinfectants Yunta Quadro (1.7 l/t) against aphids — vectors BYDV.

Tables — 3. Figures — 2. Bibliography — 17.

УДК 632.38:633.11

Неплий Л. В., Бабаянц О. В. Сборник научных трудов СГІ–НЦНС. 2013. Вып. 22 (62).

ВИДОВОЙ СОСТАВ И МЕРЫ КОНТРОЛЯ ПЕРЕНОСЧИКОВ ВЖКЯ В ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

Определены основные виды тлей — переносчиков ВЖКЯ на пшенице озимой. Показаны модифицированные высокоэффективные ловушки с желтой клейкой пленкой для отлова тлей на пшенице озимой. Обнаружен штамм возбудителя желтой карликовости пшеницы. Установлен высокоэффективный протравитель Юнта Квадро (1,7 л/т) против тлей — переносчиков ВЖКЯ.

Таблицы — 3. Рисунок — 2. Библиография — 17.

Друкується за рішенням вченої ради
Селекційно-генетичного інституту–
Національного центру
насіннезнавства та сортовивчення
(Протокол № 8 від 11.10.2013 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.

Постанова президії ВАК України від 16 грудня 2009 р. № 1–05/6

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

Зам. № 278 (196). Тираж 100 прим.

Відповідальні за випуск В. Я. Крижанівський, М. Г. Музикант

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
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1373 від 28.05.2003 р.

