



Актуальні проблеми генетики, біотехнології та біохімії рослин

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

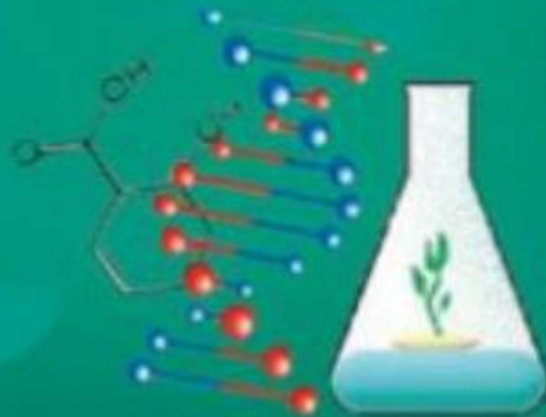
Міжнародної наукової інтернет-конференції

присвяченої 140 річчю з дня народження академіка

Андрія Сапегіна (1883 - 1946),

ботаніка, цитолога, генетика, селекціонера

Одеса, 19 жовтня 2023 р.



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

СЕЛЕКЦІЙНО - ГЕНЕТИЧНИЙ ІНСТИТУТ – НАЦІОНАЛЬНИЙ
ЦЕНТР НАСІННЄЗНАВСТВА ТА СОРТОВИВЧЕННЯ

**Актуальні проблеми генетики, біотехнології та
біохімії рослин**

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Міжнародної наукової конференції

*присвяченої 140 річчю з дня народження
академіка Андрія Саєгіна (1883–1946),
ботаніка, цитолога, генетика, селекціонера*

м. Одеса, Україна

19 жовтня 2023 року

Одеса

СГІ–НЦНС

2023

NATIONAL ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE

PLANT BREEDING AND GENETICS INSTITUTE –
NATIONAL CENTER OF SEED AND CULTIVAR INVESTIGATION

**Modern problems of Genetics, Biotechnology and
Biochemistry of agricultural plants**

ABSTRACTS

International Scientific Conference

*dedicated to the 140th anniversary of the birth of
academician Andrey Sapegin (1883-1946),
botanist, cytologist, geneticist, breeder*

Odesa, Ukraine

October 19, 2023

Odesa

PBGI–NCSCI

2023

Актуальні проблеми генетики, біотехнології та біохімії рослин: тези доповідей Міжнародної наукової конференції, присвяченої 140 річчю з дня народження академіка Андрія Сапегіна (1883–1946), ботаніка, цитолога, генетика, селекціонера (19 жовтня 2023 р. / СГІ–НЦНС. – м. Одеса, Україна): Одеса: СГІ–НЦНС, 2023. – 119 с.

У збірнику тез конференції висвітлено результати наукових досліджень з актуальних питань біотехнології культури *in vitro*, загальної та молекулярної генетики, біохімії та фізіології рослин щодо якості продукції та стійкості сільськогосподарських рослин до біо- та абіотичних стресових факторів. Представлено результати щодо використання сучасних методів для створення та оцінки вихідного селекційного матеріалу. Збірник розрахований на науковців і фахівців у галузі біології рослин та агрономії.

Рекомендовано до друку вченою радою СГІ–НЦНС
(*протокол № 9 від 11 жовтня 2023 р.*).

Укладачі: **Замбріборщ І. С.,**
Молодченкова О. О.,
Солоденко А. Є.

Відповідальний за випуск **Файт В. І.**

Тексти матеріалів тез подані в авторській редакції. Відповідальність за точність, достовірність і зміст поданих матеріалів несуть автори.

©Селекційно-генетичний інститут –
Національний центр насіннєзнавства
та сортовивчення (СГІ–НЦНС), 2023 р.
© Автори тез, 2023

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- В. М. Соколов* – член-кор. НААН, Одеса, Україна (голова);
В. І. Файт – доктор біол. наук, член-кор. НААН, Одеса, Україна (співголова);
О. О. Молодченкова – доктор біол. наук, с.н.с., Одеса, Україна (заступник голови);
І. С. Замбріборщ – кандидат біол. наук, Одеса, Україна (заступник голови);
А. Є. Солоденко – кандидат біол. наук, с.н.с., Одеса, Україна (секретар);
О. В. Білинська – кандидат біол. наук, Харків, Україна;
А. І. Ємець – доктор біол. наук, професор, член-кор. НАН України, Київ, Україна;
Т. В. Івченко – доктор с.-г. наук, с.н.с., Харків, Україна;
Ю. Є. Колупасв – доктор біол. наук, професор, Харків, Україна;
П. В. Кондратенко – доктор с.-г. наук, академік НААН, Київ, Україна;
М. А. Литвиненко – доктор с.-г. наук, професор, академік НААН, Одеса, Україна;
С. П. Лифенко – доктор с.-г. наук, професор, академік НААН, Одеса;
Л. Т. Міщенко – доктор біол. наук, професор, Київ, Україна;
Н. А. Мулюкіна – доктор с.-г. наук, член-кор. НААН, Одеса, Україна;
О. І. Рибалка – доктор біол. наук, член-кор. НАН і НААН, Одеса, Україна;
М. В. Роїк – доктор с.-г. наук, академік НААН, Київ, Україна;
В. І. Січкач – доктор біол. наук, професор, Одеса, Україна;
С. В. Чеботар – доктор біол. наук, професор, член-кор. НААН, Одеса, Україна

З М І С Т

| | |
|---|----|
| Соколов В.М., Файт В.І., Солоденко А.Є. АКАДЕМІК АНДРІЙ ОПАНАСОВИЧ САПЄГІН (ДО 140-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ) | 13 |
| Класична та молекулярна генетика | |
| Балашова І.А., Файт В.І. МАРКЕРУВАННЯ ЛОКУСУ ZCST-1 ТА ГЕНУ PPD-A1 У СОРТІВ ТВЕРДОЇ ПШЕНИЦІ (<i>Triticum durum</i> Desf.) РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ | 19 |
| Бальвінська М.С., Файт В.І. ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО РІЗНОМАНІТТЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ VRNH2-АЛЕЛІВ У СОРТІВ ЯЧМЕНЮ З РІЗНИМ ТИПОМ РОЗВИТКУ | 21 |
| Ведмедєва К.В. ІДЕНТИФІКАЦІЯ, УСПАДКУВАННЯ ТА ЕФЕКТИ АЛЕЛІВ ГЕНІВ МАРКЕРНИХ МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК СОНЯШНИКУ | 23 |
| Галаєв О.В. ІДЕНТИФІКАЦІЯ ГЕНІВ СТІЙКОСТІ ДО ЖОВТОЇ ІРЖІ У СОРТІВ ТА ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ СЕЛЕКЦІЇ СГІ-НЦНС | 25 |
| Галаєв О.В. РОЗРОБКА ПЛР-МАРКЕРІВ ДЛЯ ГЕНА СТІЙКОСТІ ДО БУРОЇ ЛИСТКОВОЇ ІРЖІ ПШЕНИЦІ LR23 | 27 |
| Галаєва М.В., Файт В.І. МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНІ МАРКЕРИ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ З ГЕНОМ ВИСОКОГО ВМІСТУ БІЛКА В ЗЕРНІ GPC-B1 | 29 |
| Козуб Н.О., Созінов І.О., Гусенкова О.В., Тищенко В.М., Бідник Г.Я., Дем'янова Н.О., Созінова О.І., Кириченко С.О., Кучерявий І.І., Блюм Я.Б. АСОЦІАЦІЇ З УЧАСТЮ ГЕНА Lr34 У ГРУПІ СОРТІВ І ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ СЕЛЕКЦІЇ ПОЛТАВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ | 31 |
| Рабокоть А.М., Блюм Р.Я., Сахарова В.Г., Афанасьєва К.С., Пірко Я.В., Блюм Я.Б. ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІМОРФІЗМУ ДОВЖИНИ ІНТРОНІВ ГЕНІВ γ-ТУБУЛІНУ ДЛЯ ДНК-БАРКОДИНГУ ПІДВИДІВ <i>Brassica rapa</i> | 33 |
| Федорова В.Р., Файт В.І., Балашова І.А. АСОЦІАЦІЇ АЛЕЛЬНОГО ПОЛІМОРФІЗМУ ГЕНІВ PPD-1 З МІНЛИВІСТЮ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗА АГРОНОМІЧНИМИ ОЗНАКАМИ | 35 |
| Чеботар С.В., Кузьміна О.В., Бакума А.О., Чеботар Г.О., Лаврінченко Ю.О. АНАЛІЗ ПОСУХОСТІЙКОСТІ ХЕРСОНСЬКИХ СОРТІВ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ НА ЮВЕНІЛЬНІЙ СТАДІЇ РОЗВИТКУ В УМОВАХ ІНДУКОВАНОГО ОСМОТИЧНОГО СТРЕСУ | 37 |
| Шарук Ю.А., Чеботар С.В. БІОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ DREB ГЕНІВ ПОСУХОСТІЙКОСТІ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ TRITICUM AESTIVUM L. | 39 |
| Satarova T.M., Semenova V.V., Denysiuk K.V., Cherchel V.Y., Dziubetskyi B.V. SINGLE NUCLEOTIDE POLYMORPHISM OF MAIZE IODENT/BSSS BREEDING GROUP | 41 |

Zadorozhna O.A., Abril Sosa-Lopez E.

| | |
|--|----|
| ACTIVATION OF GENE PROMOTERS DURING MYCORRHIZAL COLONISATION UNDER PHOSPHATE STARVATION CONDITIONS | 42 |
|--|----|

Біотехнологія рослин

Дубровна О.В., Прядкіна Г.О., Михальська С.І., Комісаренко А.Г.

| | |
|---|----|
| ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РНК-ІНТЕРФЕРЕНЦІЇ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ПОСУХОСТІЙКОСТІ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ | 44 |
|---|----|

Замбріборщ І.С., Шестопал О.Л., Фанін Я.С., Литвиненко М.А., Чекалова М.С., Афіногенов О.А.

| | |
|--|----|
| ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ ПОПЕРЕДНЬОЇ ХОЛОДОВОЇ ОБРОБКИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АНДРОГЕНЕЗУ <i>IN VITRO</i> ГЕНОТИПІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ З ВИСОКИМ ВМІСТОМ БІЛКА | 46 |
|--|----|

Михальська С.І., Комісаренко А.Г., Михальський Л.О., Дубровна О.В.

| | |
|---|----|
| ДОСЛІДЖЕННЯ БІОХІМІЧНИХ ЗМІН У ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ РОСЛИН М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ ЗА ДІЇ ВОДНОГО ДЕФЦИТУ | 48 |
|---|----|

Міщенко С.В., Марченко Т.Ю.

| | |
|--|----|
| ЗАЛЕЖНІСТЬ КАЛЮСО- Й ОРГАНОГЕНЕЗУ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ В УМОВАХ <i>IN VITRO</i> ВІД ТИПУ ЕКСПЛАНТА ТА ГЕНОТИПУ | 50 |
|--|----|

Олійник Т.М., Шпак В.А., Бобровницький Ю.А.

| | |
|---|----|
| ОЗДОРОВЛЕННЯ СОРТІВ КАРТОПЛІ <i>IN VITRO</i> ЗА ВИКОРИСТАННЯ РИБАВІРИНУ ТА ІНОЗИНУ ПРАНОБЕКСУ (ГРОПРИНОЗИН) | 52 |
|---|----|

Прилуцький С.П., Коркоц А.Б.

| | |
|---|----|
| МОДУЛЮЮЧА СИСТЕМА <i>CRISPR/Cas</i> – ПЕРСПЕКТИВНИЙ ШЛЯХ ФОРМУВАННЯ ХВОРОБО РЕЗИСТЕНТНОСТІ У РОСЛИН | 54 |
|---|----|

Сорока А.І.

| | |
|--|----|
| ЗМІНИ РОСТУ КАЛУСНОЇ КУЛЬТУРИ ЛЬОНУ ЗА ВПЛИВУ ХІМІЧНИХ МУТАГЕНІВ | 56 |
|--|----|

Bilynska O.V., Shelyakina T.A., Bohuslavskiy R.L.

| | |
|--|----|
| INHERITANCE OF ABILITY TO HAPLOID PRODUCTION IN ANTHER CULTURE <i>IN VITRO</i> IN BARLEY HYBRID POPULATIONS OF DIFFERENT ORIGIN..... | 58 |
|--|----|

Khodjaeva Z.F., Rashidov N.E.

| | |
|---|----|
| DEVELOPMENT BIOTECHNOLOGY OF ALGAE IN THE WATERS OF THE DENGIZKUL COLLECTOR | 60 |
|---|----|

Фізіолого-біохімічні основи продуктивності, якості продукції та стійкості рослин до біо- та абіотичних стресових факторів

Кокорев О.І., Шахов І.В., Тарабан Д.А., Рябчун Н.І., Леонов О.Ю., Колупаєв Ю.Є.

| | |
|--|----|
| РЕАКЦІЯ РОСЛИН ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ РІЗНОГО ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ҐРУНТОВУ ПОСУХУ | 63 |
|--|----|

Колупаєв Ю.Є., Шахов І.В., Кокорев О.І., Дмитрієв О.П.

| | |
|---|----|
| СТРЕС-ПРОТЕКТОРНИЙ ВПЛИВ ГАММА-АМІНОМАСЛЯНОЇ КИСЛОТИ НА ПРОРОСТКИ ПШЕНИЦІ ЗА УМОВ ГІПЕРТЕРМІЇ: РОЛЬ АКТИВНИХ ФОРМ КИСНЮ І АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ | 65 |
|---|----|

Левківський І.В., Вишневіська О.В.

| | |
|---|----|
| ПРОТИВІРУСНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОЧАСТИНОК НІКЕЛЮ ЗА ВИКОРИСТАННЯ В ДОБАЗОВОМУ НАСІННИЦТВІ ВИХІДНОГО НАСІННЕВОГО МАТЕРІАЛУ КАРТОПЛІ В ШТУЧНИХ УМОВАХ | 67 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| <i>Лісова Г.М.</i> СТІЙКІСТЬ МАЙЖЕ ІЗОГЕННИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ СОРТУ THATCHER ДО ЗБУДНИКА БУРОЇ ІРЖІ ПШЕНИЦІ (<i>PUCCINIA RECONDITA</i> F. SP. <i>TRITICI</i>) В 2022-2023 РОКАХ | 69 |
| <i>Лісова Г.М., Бойко І.А., Коновалова С.А.</i> ПРОЯВ СТІЙКОСТІ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ДО ГРУПИ ЗБУДНИКІВ ГРИБНИХ ХВОРОБ ЛИСТЯ В 2022-2023 РОКАХ | 71 |
| <i>Лось Р.М., Дубовик Н.С., Кириленко В.В., Гуменюк О.В., Сабадин В.Я., Куманська Ю.О., Сидорова І.М.</i> ІНДЕКСИ ПОСУХОСТІЙКОСТІ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ | 73 |
| <i>Любич В.В.</i> УРАЖЕННЯ РІЗНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ СЕПТОРІОЗОМ | 75 |
| <i>Махаринська Н.М.</i> МОРФОМЕТРИЧНІ ОЗНАКИ СТІЙКОСТІ РОСЛИН ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ДО ПОСУХИ | 77 |
| <i>Прилуцька С.В., Дащенко А.В., Ткаченко Т.А., Молодченкова О.О., Котіков В.В., Міщенко Л.Т.</i> ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНИЙ СТАН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (<i>TRITICUM AESTIVUM</i> L.) РІЗНИХ СОРТІВ ЗА ВІРУСНОЇ ІНФЕКЦІЇ ТА ХОЛОДОВОГО СТРЕСУ | 79 |
| <i>Римар Ю.Ю., Лісова Г.М., Проніна О.В., Сливка Л.В., Рябчун В.К., Моргун Б.В.</i> СТІЙКІСТЬ ВИДІВ ПШЕНИЦІ З РІЗНИМИ ГЕНОМАМИ ДО ЗБУДНИКІВ БОРОШНИСТОЇ РОСИ ТА СЕПТОРІОЗУ ЛИСТЯ | 81 |
| <i>Тарабан Д.А., Карпець Ю.В., Кокорев О.І., Кобизєва Л.Н., Колупаєв Ю.Є.</i> ВПЛИВ МЕЛАТОНІНУ НА СТАН АНТИОКСИДАНТНОЇ ТА ОСМОПРОТЕКТОРНОЇ СИСТЕМ ПРОРОСТКІВ ПШЕНИЦІ ЗА УМОВ МОДЕЛЬНОЇ ПОСУХИ..... | 83 |
| <i>Тихонов П.С., Молодченкова О.О., Моцний І.І., Картузова Т.В.</i> МІНЛИВІСТЬ КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ ІЗОФЕРМЕНТІВ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗИ ЗА ВПЛИВУ ГІПЕРТЕРМІЇ ТА ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ У РІЗНИХ ЗА СТІЙКІСТЮ ДО ПОСУХИ ІНТРОГРЕСИВНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ | 85 |
| <i>Феоктістов П.О., Гаврилов С.В., Ярмольська О.Є.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ ПЕРШОЇ ФАЗИ ЗАГАРТУВАННЯ РОСЛИН ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ДЛЯ ТЕРИТОРІЇ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ | 87 |
| <i>Fanin Ya.S., Lytvynenko M.A., Motsnyi I.I., Molodchenkova O.O.</i> FEATURES OF NITROGEN ACCUMULATION AND REUTILIZATION IN NEW GENETIC SOURCES OF HIGH PROTEIN OF WHEAT | 89 |
| <i>Mishchenko L., Rahmatov M., Armonienė R., Gorash A., Molodchenkova O., Motsnyi I., Mishchenko I., Dunich A., Dashchenko A.</i> WHEAT RESILIENCE TO VIRAL AND FUNGAL DISEASES UNDER THE CONDITIONS OF GLOBAL WARMING AND WAR TIME | 91 |
| <i>Molodchenkova O.O., Sokolov V.M., Smertenko A.P., Nazarov T., Mishchenko L.T., Motsnyi I.I., Tykhonov P.S., Bezukrovna L.Ya., Ryshchakova O.V., Fanin Ya.S., Levitsky Yu.A., Kartuzova T.V., Untilova I.A.</i> CELLULAR MECHANISMS OF RESILIENCE TO BIOTIC AND ABIOTIC ENVIRONMENTAL FACTORS IN WHEAT | 93 |

Сучасні методи створення та оцінки вихідного селекційного матеріалу сільськогосподарських культур

| | |
|--|-----|
| <i>Івченко Т.В., Мірошніченко Т.М., Баитан Н.О., Мозговська Г.В.</i> ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ МІКРОГРАФТІНГУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЩЕПЛЕННЯ ПОМІДРА В КУЛЬТУРІ <i>IN VITRO</i> | 96 |
| <i>Кременчук Р.І., Рудник-Іващенко О.І.</i> МІНЛИВІСТЬ ТА УСПАДКУВАННЯ ВМІСТУ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ В АЛЛОТРИПЛОЇДНИХ ГІБРИДІВ ЛАВАНДИ ВУЗЬКОЛИСТОЇ | 98 |
| <i>Кутіщева Н.М., Одинець С.І., Шудря Л.І.</i> СЕЛЕКЦІЯ СОНЯШНИКУ НА АДАПТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ..... | 100 |
| <i>Лаврова Г.Д., Січкач В.І., Молодченкова О.О., Мурсакаєв Е.Ш.</i> ЕКОЛОГІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ І ПЛАСТИЧНІСТЬ УРОЖАЙНОСТІ, БІЛКОВОСТІ ТА ОЛІЙНОСТІ СОРТІВ СОЇ ЗА УМОВ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ | 102 |
| <i>Литвиненко М.А.</i> СУЧАСНІ МЕТОДИ В ПРОГРАМАХ СЕЛЕКЦІЇ ОЗИМОЇ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ | 104 |
| <i>Моцний І.І., Нарган Т.П., Литвиненко М.А., Голуб Є.А., Солоденко А.Є.</i> ПРЕБРИДИНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТРОГРЕСИВНИХ ЛІНІЙ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ | 106 |
| <i>Писаренко Н.В., Тимко М.Г., Захарчук Н.А.</i> ПОСУХОСТІЙКІСТЬ ВИХІДНОГО СЕЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ У РІЗНИХ ФЕНОЛОГІЧНИХ ФАЗАХ РОЗВИТКУ КАРТОПЛІ | 108 |
| <i>Пірко Я.В., Козуб Н.О., Ємець А.І., Созінов І.О., Карелов А.В., Созінова О.І., Рабокось А.М., Шиша О.М., Кваско А.Ю., Блюм Р.Я., Федак Дж., Блюм Я.Б.</i> МАРКЕР-ОПОСЕРЕДКОВАНА СЕЛЕКЦІЯ ОЗИМИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ З ГЕНАМИ СТІЙКОСТІ ДО СТЕБЛОВОЇ ІРЖІ <i>Sr33, Sr39, Sr40</i> | 110 |
| <i>Січкач В.І., Джус Т.О.</i> МОДЕЛЬ АДАПТОВАНОГО ДО ПОСУШЛИВИХ УМОВ СОРТУ НУТУ | 112 |
| <i>Феоктістов П.О., Натальченко Е.В., Помонд С.А.</i> ПОКАЗНИК ТЕМПЕРАТУРИ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ У ПРАКТИЧНІЙ СЕЛЕКЦІЇ НА ПОСУХОСТІЙКІСТЬ | 114 |
| <i>Чернобай С.В., Рябчун В.К., Капустіна Т.Б., Мельник В.С., Щеченко О.Є.</i> МЕТОДИ СТВОРЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ ТРИТИКАЛЕ ЯРОГО ТА ЗИМУЮЧОГО ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ЗА РІЗНИМИ НАПРЯМКАМИ | 116 |
| <i>Vasylenko A.O., Vus N.O., Shevchenko L.M, Bezuglyi I.M., Glyantsev A.V.</i> EFFICIENCY OF INTERSPECIFIC CROSSES IN MEMBERS OF THE GENUS <i>PISUM L.</i> | 118 |

CONTENTS

Genetics, Molecular genetics

| | |
|---|----|
| <i>Balashova I.A., Fait V.I.</i> THE MARKING OF THE LOCUS <i>ZCCT-1</i> AND THE <i>PPD-A1</i> GENE IN THE VARIETIES OF WHEAT OF THE SPECIES OF <i>T.DURUM</i> OF DIFFERENT ORIGIN | 19 |
| <i>Balvinska M.S., Fait V.I.</i> THE STUDY OF FUNCTIONAL DIVERSITY AND IDENTIFICATION OF <i>VRN-H2</i> ALLELES IN DIFFERENT GROWTH HABITS BARLEY VARIETIES | 21 |
| <i>Vedmedeva K.V.</i> IDENTIFICATION, DEGRADATION AND EFFECTS OF ALLELES OF GENES OF MARKER MORPHOLOGICAL CHARACTERS OF THE SUNFLOWER..... | 23 |
| <i>Halaiev O.V.</i> IDENTIFICATION OF GENES FOR RESISTANCE TO STRIPE RUST IN VARIETIES AND LINES OF WINTER BREAD WHEAT OF THE PBGI-NCSCI | 25 |
| <i>Halaiev O.V.</i> DEVELOPMENT OF PCR MARKERS FOR THE WHEAT LEAF RUST RESISTANCE GENE <i>LR23</i> | 27 |
| <i>Halaieva M.V., Fait V.I.</i> MOLECULAR GENETIC MARKERS FOR IDENTIFICATION OF WHEAT LINE WITH HIGH GRAIN PROTEIN CONTENT GENE <i>GPC-B1</i> | 29 |
| <i>Kozub N.O., Sozinov I.O., Husenkova O.V., Tyshchenko V.M., Bidnyk H.Ya., Demianova N.A., Sozinova O.I., Kyrychenko S.O. Kucheriavyi I.I, Blume Ya.B.</i> ASSOCIATIONS INVOLVING THE <i>LR34</i> GENE IN THE GROUP OF WINTER COMMON WHEAT CULTIVARS AND LINES DEVELOPED IN THE POLTAVA STATE AGRARIAN UNIVERSITY | 31 |
| <i>Rabokon A.M., Blume R.Y., Sakharova V.H., Afanasieva K.S., Pirko Ya.V., Blume Ya.B.</i> APPLICATION OF γ -TUBULIN INTRON LENGTH POLYMORPHISM FOR DNA-BARCODING OF <i>BRASSICA RAPA</i> SUBSPECIES | 33 |
| <i>Fedorova V.R., Fait V.I., Balashova I.A.</i> ASSOCIATIONS OF THE ALLELIC POLYMORPHISM OF THE <i>PPD-1</i> GENE WITH THE VARIABILITY OF WINTER WHEAT ACCORDING TO AGRONOMIC CHARACTERS | 35 |
| <i>Chebotar S.V., Kuzmina O.V., Bakuma A.O., Chebotar G.O., Lavrynenko Yu.O.</i> ANALYSIS OF DROUGHT TOLERANCE OF KHERSON BREAD WHEAT VARIETIES AT THE JUVENILE STAGE OF DEVELOPMENT IN CONDITIONS OF INDUCED OSMOTIC STRESS | 37 |
| <i>Sharuk J.A., Chebotar S.V.</i> BIOINFORMATIVE ANALYSIS OF DREB GENES FOR DROUGHT RESISTANCE IN COMMON WHEAT <i>TRITICUM AESTIVUM</i> L. | 39 |
| <i>Satarova T.M., Semenova V.V., Denysiuk K.V., Cherchel V.Y., Dziubetskyi B.V.</i> SINGLE NUCLEOTIDE POLYMORPHISM OF MAIZE IODENT/BSSS BREEDING GROUP | 41 |
| <i>Zadorozhna O.A., Abril Sosa-Lorez E.</i> ACTIVATION OF GENE PROMOTERS DURING MYCORRHIZAL COLONISATION UND ERPHOSPHAT ESTARVATION CONDITIONS | 42 |

Plant Biotechnology

| | |
|---|----|
| <i>Dubrovna O.V., Priadkina G.O., Mykhalska S.I., Komisarenko A.G.</i> USING OF RNA INTERFERENCE TECHNOLOGY FOR IMPROVING THE DROUGHT RESISTANCE OF COMMON WHEAT | 44 |
| <i>Zambriborshch I.S., Shestopal O.L., Fanin Y.S., Lytvynenko M.A., Chekalova M.S., Afinogenov O.A.</i> THE INFLUENCE OF THE DURATION OF PRELIMINARY COLD TREATMENT ON THE EFFICIENCY OF ANDROGENESIS IN VITRO OF HIGH-PROTEIN SOFT WINTER WHEAT GENOTYPES | 46 |
| <i>Mykhalska S.I., Komisarenko A.G., Mykhalskiyi L.O., Dubrovna O.V.</i> STUDY OF BIOCHEMICAL CHANGES IN GENETICALLY MODIFIED PLANTS OF SOFT WHEAT UNDER THE EFFECTS OF WATER DEFICIT | 48 |
| <i>Mishchenko S. V., Marchenko T. Y.</i> THE DEPENDENCE OF CALLUS AND ORGANOGENESIS OF FLAX <i>IN VITRO</i> ON THE INFLUENCES OF EXPLANT TYPE AND GENOTYPE | 50 |
| <i>Oliynyk T.M., Shpak V.A., Bobrovnytskyi Y.A.</i> IMPROVEMENT OF POTATO VARIETIES <i>IN VITRO</i> USING RIBAVIRIN AND INOSINE PRANOBEX (GROPRINOSIN) | 52 |
| <i>Prilutskii S.P., Korkots A.B.</i> MODULATING SYSTEM <i>CRISPR/CAS</i> – A PERSPECTIVE WAY OF FORMING DISEASE RESISTANCE IN PLANTS..... | 54 |
| <i>Soroka A.I.</i> GROWTH CHANGES IN FLAX CALUS CULTURE UNDER THE INFLUENCE OF CHEMICAL MUTAGENS | 56 |
| <i>Bilynska O.V., Shelyakina T.A., Bohuslavskiy R.L.</i> INHERITANCE OF ABILITY TO HAPLOID PRODUCTION IN ANTHHER CULTURE IN VITRO IN BARLEY HYBRID POPULATIONS OF DIFFERENT ORIGIN | 58 |
| <i>Khodjaeva Z.F., Rashidov N.E.</i> DEVELOPMENT BIOTECHNOLOGY OF ALGAE IN THE WATERS OF THE DENGIZKUL COLLECTOR | 60 |
| <i>Physiological and biochemical aspects of productivity, quality and plant resistanc to biotic and abiotic stress factors</i> | |
| <i>Kokorev A.I., Shakhov I.V., Taraban D.A., Ryabchun N.I., Leonov O.Yu., Kolupaev Yu.E.</i> RESPONSE OF PLANTS OF BREAD WINTER WHEAT OF DIFFERENT ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ORIGIN TO SOIL DROUGHT | 63 |
| <i>Kolupaev Yu.E., Shakhov I.V., Kokorev A.I., Dmitriev A.P.</i> STRESS-PROTECTIVE EFFECT OF GAMMA-AMINO BUTYRIC ACID ON WHEAT SEEDLINGS UNDER CONDITIONS OF HYPERTHERMIA: THE ROLE OF REACTIVE OXYGEN SPECIES AND THE ANTIOXIDANT SYSTEM ... | 65 |
| <i>Levkivsky I.V., Vushnevskya O.V.</i> ANTIVIRAL PROPERTIES OF NICKEL NANOPARTICLES WHEN USED IN PRE-BASED SEEDING OF POTATO SEED STARTING MATERIAL IN ARTIFICIAL CONDITIONS | 67 |
| <i>Lisova H.M.</i> RESISTANCE OF NEARLY ISOGENIC WHEAT LINES OF THE THATCHER VARIETY TO LEAF RUST OF WHEAT (<i>PUCCINIA RECONDITA</i> F. SP. <i>TRITICI</i>) IN 2022-2023 | 69 |

| | |
|---|----|
| <i>Lisova H.M., Boyko I.A., Konovalova S.A.</i> DEMONSTRATION OF RESISTANCE OF WINTER WHEAT VARIETES TO THE GROUP OF FUNGAL LEAF DISEASES IN 2022-2023 | 71 |
| <i>Los R.M., Dubovyk N.S., Kyrylenko V.V., Humeniuk O.V., Sabadyn V.Y., Kumanska Y.O., Sidorova I.M.</i> INDICES OF DROUGHT RESISTANCE OF WINTER WHEAT VARIETIES | 73 |
| <i>Liubych V.V.</i> DIFFERENT VARIETIES OF SOFT WINTER WHEAT INFECTED BY SEPTORIOSIS | 75 |
| <i>Makharynska N.M.</i> MORPHOMETRIC SIGNS OF DROUGHT RESISTANCE OF WINTER WHEAT PLANTS | 77 |
| <i>Prylutska S.V., Dashchenko A.V., Tkachenko T.A., Molodchenkova O.O., Kotikov V.V., Mishchenko L.T.</i> PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL STATE OF WINTER WHEAT (TRITICUM AESTIVUM L.) OF DIFFERENT VARIETIES AT VIRAL INFECTION AND COLD STRESS | 79 |
| <i>Rymar Yu.Yu., Lisova H.M., Pronina O.V., Slyvka L.V., Riabchun V.K., Morgun B.V.</i> RESISTANCE OF WHEAT SPECIES WITH DIFFERENT GENOMES TO PATHOGENS OF POWDERY MILDEW AND LEAF SEPTORIA | 81 |
| <i>Taraban D.A., Karpets Yu.V., Kokorev A.I., Kobyzeva L.N., Kolupaev Yu.E.</i> INFLUENCE OF MELATONIN ON STATE OF ANTIOXIDANT AND OSMOPROTECTIVE SYSTEMS OF WHEAT SEEDLINGS UNDER CONDITIONS OF MODEL DROUGHT | 83 |
| <i>Tykhonov P.S., Molodchenkova O.O., Motsnyi I.I., Kartuzova T.V.</i> VARIABILITY OF THE COMPONENT COMPOSITION OF SUPEROXIDE DISMUTASE ISOZYMES UNDER THE INFLUENCE OF HYPERTHERMIA AND WATER DEFICIT IN INTROGRESSIONE WHEAT LINES DIFFERING IN DROUGHT TOLERANCE | 85 |
| <i>Feoktistov P., Gavrylov S., Yarmolska O.</i> OPTIMIZATION OF THE DYNAMIC MODEL OF THE FORMATION OF FIRST PHASE OF HARDENING OF WINTER WHEAT PLANTS FOR THE TERRITORY OF THE SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE | 87 |
| <i>Fanin Ya.S., Lytvynenko M.A., Motsnyi I.I., Molodchenkova O.O.</i> FEATURES OF NITROGEN ACCUMULATION AND REUTILIZATION IN NEW GENETIC SOURCES OF HIGH PROTEIN OF WHEAT | 89 |
| <i>Mishchenko L., Rahmatov M., Armonienė R., Gorash A., Molodchenkova O., Motsnyi I., Mishchenko I., Dunich A., Dashchenko A.</i> WHEAT RESILIENCE TO VIRAL AND FUNGAL DISEASES UNDER THE CONDITIONS OF GLOBAL WARMING AND WAR TIME | 91 |
| <i>Molodchenkova O.O., Sokolov V.M., Smertenko A.P., Nazarov T., Mishchenko L.T., Motsnyi I.I., Tykhonov P.S., Bezukrovna L.Ya., Ryshchakova O.V., Fanin Ya.S., Levitsky Yu.A., Kartuzova T.V., Untilova I. A.</i> CELLULAR MECHANISMS OF RESILIENCE TO BIOTIC AND ABIOTIC ENVIRONMENTAL FACTORS IN WHEAT | 93 |

Modern methods for developing and evaluation of the initial breeding material

| | |
|--|-----|
| <i>Ivchenko T.V., Miroshnichenko T.M., Bashtan N.O., Mozgovska H.V.</i> INFLUENCE OF MICROGRAFTING ELEMENTS TECHNOLOGY ON THE EFFICIENCY OF TOMATO GRAFTING <i>IN VITRO</i> | 96 |
| <i>Kremenchuk R.I., Rudnyk-Ivashchenko O.I.</i> VARIABILITY AND INHERITANCE OF ESSENTIAL OIL CONTENT IN ALLOTRIPLOID HYBRIDS OF <i>LAVANDULA ANGUSTIFOLIA</i> | 98 |
| <i>Kutishcheva N.M., Odinets S.I., Shudrya L.I.</i> SUNFLOWER BREEDING FOR ADAPTIVE POTENTIAL | 100 |
| <i>Lavrova H.D., Sichkar V.I., Molodchenkova O.O., Mursakaiev E.Sh.</i> ECOLOGICAL STABILITY AND PLASTICITY OF YIELD, PROTEIN AND OIL CONTENT OF SOYBEAN VARIETIES IN THE SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE | 102 |
| <i>Lytvynenko M.A.</i> MODERN METHODS IN COMMON WINTER WHEAT BREEDING PROGRAMS | 104 |
| <i>Motsnyi I., Nargan T., Lytvynenko M., Golub E., Solodenko A.</i> PREBREEDING INVESTIGATIONS OF INTROGRESSION LINES OF WINTER WHEAT | 106 |
| <i>Pysarenko N.V., Tymko M.H., Zakharchuk N.A.</i> DROUGHT RESISTANCE OF THE ORIGINAL BREEDING MATERIAL AT DIFFERENT PHENOLOGICAL STAGES OF POTATO DEVELOPMENT | 108 |
| <i>Pirko Ya.V., Kozub N.O., Yemets A.I., Sozinov I.O., Karelov A.V., Sozinova O.I., Rabokon A.M., Shysha O.M., Kvasko A.Yu., Blume R.Ya., Fedak G., Blum Ya.B.</i> MARKER-ASSISTED SELECTION OF WINTER BREAD WHEAT LINES WITH STEM RUST RESISTANCE GENES <i>SR33, SR39, SR40</i> | 110 |
| <i>Sichkar V.I., Dzhus T.O.</i> THE MODEL OF ADAPTED TO DROUGHT CONDITIONS CHICKPEA VARIETY | 112 |
| <i>Feoktistov P., Natalchenko E., Pomond S.</i> CANOPY TEMPERATURE INDEX OF WINTER WHEAT PLANTS IN PRACTICAL BREEDING FOR DROUGHT RESISTANCE | 114 |
| <i>Chernobai S.V., Ryabchun V.K., Kapustina T.B., Melnyk V.S., Shchechenko O.Ye.</i> METHODS OF CREATING OF NEW SPRING AND WINTERING TRITICALE MATERIAL FOR BREEDING IN DIFFERENT DIRECTIONS | 116 |
| <i>Vasylenko A.O., Vus N.O., Shevchenko L.M., Bezuglyi I.M., Glyantsev A.V.</i> EFFICIENCY OF INTERSPECIFIC CROSSES IN MEMBERS OF THE GENUS <i>PISUM L.</i> | 118 |

**АКАДЕМІК АНДРІЙ ОПАНАСОВИЧ САПЕГІН
(ДО 140-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ)**

Історія створення науково-дослідних установ прикладного біологічного та сільськогосподарського профілю, а також напрями і засади їх діяльності пов'язані з багатьма економічними та політичними чинниками. Наприкінці ХІХ сторіччя степи північного Причорномор'я були одним з основних регіонів з вирощування на експорт високо якісного зерна пшениці. Проте врожайність пшениці озимої була тут досить низькою. Тому в 1895-му році за межами Одеси неподалік від Дальніх Млинів було створено дослідне поле Новоросійського університету (нині Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова). Основними підставами для створення дослідного поля стали три важливі на той час фактори. По-перше, Одеса територіально знаходилася в зоні інтенсивного землеробства. По-друге, в Одесі, як в університетському місті, було зосереджено багато представників передової науки. По-третє, Одеса представляла собою порт, через який експортувалася продукція землеробства.

Програма дослідного поля на 1896-1907 рр., як і програма, що діяла з 1909 року, включала вивчення значної кількості злободенних агротехнічних та інших питань вирощування польових культур, зокрема попередників і способів обробки ґрунту, глибини оранки, різних норм висіву, строків і способів сівби озимих та ярих культур, особливостей розвитку кореневих систем різних польових культур, пересування води у ґрунтах Одеського дослідного поля та розробка заходів боротьби з посухою, а також розробку головних вимог до селекційних сортів у районі діяльності Одеського дослідного поля. Ідея щодо необхідності розгортання селекційної роботи на дослідному полі давно визрівала у Товаристві сільського господарства південної Росії. Своім рішенням від 8 березня 1912 р. Комітет створив при дослідному полі відділ селекції з посівними площами 400 м². Керівництво відділом селекції запропонували доценту Новоросійського університету Андрієві Опанасовичу Сапегіну, у майбутньому - доктор біологічних наук (1914), професор (1917), академік АН УРСР (1929), заслужений діяч науки УРСР (1943), віце-президент (1939–1945) АН УРСР.



(11.12.1883 – 08.04.1946)

Наукові інтереси вченого охоплювали ботаніку, генетику, фізіологію рослин, селекцію та методики польових досліджень. Його талант поєднувався з виключними науково-організаційними й педагогічними здібностями.

А.О. Сапегін народився 11 грудня 1883 р. у м. Вознесенськ Єлісаветградського повіту Херсонської губернії (тепер Миколаївська обл.). Після переїзду родини до Миколаєва в 1894–1902 рр. навчався в гімназії, по закінченню якої 1902 р. із золотою медаллю вступив до Петербурзького Лісового інституту. Через складні життєві обставини переїхав до Одеси, де у 1903 р. продовжив навчання в Новоросійському університеті (тепер Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова). Впродовж 1905–1910 рр. вивчав систематику, географію та екологію мохів півдня України й Криму, опублікував монографію "Мхи горного Криму" (1910), в якій наведено 196 видів, у т.

ч. 4 нових для науки. У грудні 1911 р. у Новоросійському університеті Андрій Опанасович захистив магістерську дисертацію і одержав звання приват-доцента ботаніки цього університету.

У 1910–1911 рр. він був відряджений до Німеччини, Чехословаччини, Швеції та Австрії для ознайомлення з організацією дослідної роботи в лабораторіях відомих учених Е. Баура, А. Енглера, Н. Клауссена, Б. Немеца де, як писав учений, "сел на свого конька", тобто захопився генетикою, селекцією, цитологією. У Празі він почав цитологічні

дослідження пластид, котрі закінчив у Одесі, і у 1913 р. надрукував, а у жовтні 1914 р. захистив у Петроградському університеті у проф. В.І. Палладіна та Х.Я. Гобі докторську дисертацію «Дослідження індивідуальності пластиди» та отримав ступінь доктора ботаніки.

Одразу після повернення з відрадження, як вже було відмічено вище, вчений призначається керівником відділу селекції Одеського дослідного поля. В 1912 році були розпочаті перші роботи з селекції озимої та ярої пшениці, кукурудзи, а з 1916 р. – шестирядного ячменю. В 1918 р. селекційний відділ Дослідного поля був реорганізований в Одеську селекційну станцію, яка через чотири роки (1923 р.) стала провідним відділом Одеської сільськогосподарської дослідної станції, а далі за ініціативи А.О. Сапегіна (1928 р.) перетворилась у Український Генетико-Селекційний інститут. А.О. Сапегін послідовно очолював усі ці установи. За напрямками досліджень, актуальністю наукової тематики, матеріально-технічним забезпеченням уже в перші роки існування інститут став однією з найкращих установ не тільки у країні, а й у Європі.

На основі міжвидових схрещувань пшениці та цитогенетичних аналізів були досліджені закономірності рекомбінантної мінливості внутрішньовидових і міжвидових гібридів пшениці та гібридів пшениці із пирієм. Разом зі своїм сином Л.А. Сапегіним Андрій Опанасович Сапегін на два роки раніше Харлана і Попа розробив принцип насичувальних схрещувань, беккросів, що у подальшому стало основою створення сортів та гібридів багатьох культур. У 1928–1935 рр. А.О. Сапегін одним із перших у світі застосував іонізуюче випромінювання для отримання штучних мутацій у зернових культур і використав їх у селекції, а також метод варіаційної статистики для оцінки точності результатів досліджень у біології та агрономії. Рекомендував використовувати самозапильні лінії у селекції перехресних культур із метою створення високоврожайних міжлінійних гібридів. Науково обґрунтував обсяги вихідного матеріалу в селекції, які дозволяють уникати випадковості при створенні сорту.

А.О. Сапегіним методом міжвидових схрещувань м'якої і твердої пшениці одержані сорти ярої пшениці Одеська 3 і Одеська 4. Вказані сорти були стійкі до ґрунтової та повітряної посухи, характеризувалися високими хлібопекарськими якостями та перевищували за урожаєм зерна стандартний на той час сорт Саратівська 062. Дані два сорти, як і інший сорт А.О. Сапегіна – Мільтурум 274, використовувались у виробництві до тридцятих років минулого сторіччя.

За короткий час шляхом індивідуального добору з місцевих сортів-популяцій він створив сорти ярої пшениці Черноуска 00122 (із місцевої Арнаутки), Арнаутка 0012 (із місцевої арнаутки), Гирка 00274 (із сорту Херсонської станції), Улька 00414 (із місцевої Ульки). Перший сорт за врожайністю перевищував вихідний матеріал на 38 %, другий – на 24 %, третій і четвертий – на 37 %.

Більш успішною була робота А.О. Сапегіна з озимою пшеницею. Використовуючи той ж самий добір з місцевих сортів-популяцій, ним були створені сорти Земка, Степнячка, Кооператорка. Останній став рекордсменом за площами посіву в країні й за тривалістю перебування у виробництві. Лінійні сорти, добре пристосовані до посушливих умов, займали основні площі посівів озимої пшениці на півдні України. Зерно сорту Кооператорка було високих технологічних якостей, і за урожайністю сорт перевищував показники сортів популяцій на 3-4 ц/га. Більш того, сорт Кооператорка ще в сорокові роки ХХ сторіччя вирощували в різних районах бувшого СРСР на площі більш 1,5 млн га. За участі сортів Кооператорка і Земка в гібридизації було одержано більше двадцяти сортів озимої пшениці. Ще під керівництвом А.О. Сапегіна були проведені схрещування Кооператорки, Земки і Банатки з сортом Гостіанум 237. На основі цих гібридів іншими відомими селекціонерами були виведені «сорт-шедеври» свого часу: Одеська 3, Одеська 12, Одеська 16.

А.О. Сапегіним спільно з Д.И. Баранським методом індивідуального добору з місцевого ярого ячменю Одеської області створений сорт Палідум 32. Сорт районований з 1931 р. і вирощувався у всіх південних областях УССР та займав у виробництві до 700 тисяч гектарів.

Педагогічну діяльність Сапегін розпочав ще у студентські роки як асистент ботанічного кабінету Новоросійського університету (1906), а після закінчення навчання у

1907 р. йому запропонували місце лаборанта при кафедрі. Обов'язки асистента ботанічного кабінету вчений продовжував виконувати до 1917 р. У 1912 р. одним із перших на теренах колишньої Російської імперії він почав читати курс генетики та селекції і проводити цитологічний практикум для студентів університету. Крім того, для агрономів він підготував курси «Основи теорії і методики селекції сільськогосподарських рослин» та «Основи варіаційної статистики». Одночасно (1912–1913 рр.) Андрій Опанасович керував роботою Ботанічного саду університету. У 1917 р. був обраний професором генетики та селекції на кафедрі агрономії фізико-математичного факультету природничого відділення Новоросійського університету, де викладав до 1922 р. Одночасно проводив заняття в Одеському сільськогосподарському інституті (1918–1928). У 1923 р. йому доручили керівництво новоутвореною науково-дослідною кафедрою рослинництва, а у 1926–1928 рр. і кафедрою генетики при цьому інституті.

А.О. Сапегін автор понад 140 наукових праць із питань флористики, цитології, генетики, селекції сільськогосподарських рослин. Ним підготовлено та видано низку методичних робіт та підручників із генетики і селекції: «Законы наследственности как основа селекции сельскохозяйственных растений» (1912), «Основы теории и методики селекции сельскохозяйственных растений» (1913), «Серединная ошибка и ее значение для оценки средних арифметических при сравнительных испытаниях» (1914), «Гибридологический анализ сопряженных признаков пшеницы» (1916), «Определение точности полевого опыта с помощью элементов вариационной статистики» (1921), «Вариационная статистика» (1922), «Загальна методика селекції сільськогосподарських рослин» (1925), «Метод приведения и метод разностей» (1928), «Проблеми сучасної генетики» (1934).



Роботи А.О. Сапегіна, що зберігаються у науковій бібліотеці СГІ-НЦНС

1930 рік – останній рік роботи А.О. Сапегіна на посту директора Українського генетико-селекційного інституту, з 1931 г. А.О. Сапегін – заступник директора з наукової роботи. За спогадами академіка П.Ф. Гаркавого, А.О. Сапегін працював у УГСІ до серпня 1933 р., тобто 21 рік.

У 1933 р. вчений переїжджає до Ленінграда (нині – Санкт-Петербург, РФ) на роботу в Інститут прикладної ботаніки на посаду заступника директора М.І. Вавилова. Наступного року його запросили до Москви, де він до 1939 р. працював заступником директора Інституту генетики АН СРСР. Одночасно (1934–1946 рр.) завідував відділом генетики і селекції рослин Інституту ботаніки АН УРСР. У 1939 р. його було обрано віце-президентом АН УРСР. Упродовж 1940–1946 рр. завідував лабораторією органогенезу рослин Інституту фізіології рослин АН УРСР, а з 1944 р. і до кінця життя (1946 р.) очолював Інститут ботаніки АН УРСР.

На честь вченого був описаний новий вид моху *Amblystegium sapjehini* Подр. (*Amblystegiaceae*). Його ім'ям названа вулиця у м. Вознесенськ, пам'ять вшанована встановленням меморіальних дошок у Вознесенську на будинку гімназії, де він навчався, та на будівлях Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України й одного з корпусів Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення НААН України.



Меморіальна дошка, встановлена на будинку «Генетика» Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення, м. Одеса

Список використаних джерел

Апостол М. В. Андрій Опанасович Сапегін – фундатор основ наукової селекції на півдні України. *Історія науки і біографістика*. 2014. № 2. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/INB_Title_2014_2_3.

Васильєва Т.В. Андрій Опанасович САПЕГІН (1883–1946). *Український ботанічний журнал*. 2018. 75(3). С 301-302.

Коваленко С. Г., Бондаренко О. Ю, Васильєва Т. В. Немерцалов В. В. Шлях у науці А. О. Сапегіна – видатного випускника Новоросійського (Одеського національного імені І. І. Мечникова) університету (до 100-річчя Національної академії наук України). *Вісник ОНУ. Біологія*. 2018. Т. 23, вип. 1(42). С. 111-121. doi: 10.18524/2077-1746.2018.1(42).129128

Коновалов В.П., Соколов В.М. В.Г. Ротмистров и А.А. Сапегин: У истоков селекционно-генетического института; Н.И. Вавилов и А.А. Сапегин: верность в дружбе и науке. Одесса: Астропринт, 2012. 56 с.

Лифенко С.П. Селекційно-генетичний інститут: 100 років. 1912–2012: Нариси з історії. Одеса: Астропринт, 2012, 136 с.

Підпала О. В., Кунах В. А. Академік Андрій Опанасович Сапегін (до 135-річчя від дня народження). *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2018. Том 23. С 10-13.

Підпала О.В., Кунах В.А. Академік А.О. Сапегін – фундатор наукових основ селекції рослин (до 125-річчя від дня народження). *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2008. Т. 6, № 2. С. 364–366.

Ротмистров В.Г. Выводы Одесского опытного поля за 12 лет (1896-1907 гг.). Издание 2-е. Одесса, 1914. 48 с.

Сапегин А. А. Краткий сводный отчет за 10 лет (1912-1922). *Труды Одесской селекционной станции*. 1922 г. вып. VI. 45 с.

Соколов В. М. Селекційно-генетичний інститут – історія, напрями і результати наукових досліджень. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2012. Т. 10, № 2. С. 344-357.

Торяник В. М. Творчі портрети українських науковців в історичному поступі генетики у ХХ столітті (до 200-ї річниці зі дня народження Грегора Йогана Менделя) с. 680-726. doi:10.30525/978-9934-26-289-0-30

Соколов В.М.

Файт В.І.

Солоденко А.Є.

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення

СЕКЦІЯ 1

Класична та молекулярна генетика

Genetics, Molecular genetics

БАЛАШОВА І. А., ФАЙТ В. І.

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення,
м. Одеса, Овідіопольська дорога, 3, 65036, Україна, faygen@ukr.net

МАРКЕРУВАННЯ ЛОКУСУ *ZCCT-1* ТА ГЕНУ *PPD-A1* У СОРТІВ ТВЕРДОЇ ПШЕНИЦІ (*Triticum durum* Desf.) РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Гени яровизації та фотоперіоду є одними з головних генетичних факторів, що впливають на адаптацію і урожай зерна пшениці. Яровизація сприяє затримці розвитку рослин озимої пшениці в осінній період і на протязі зимівлі та забезпечує завершення розвитку в сприятливих умовах весни та початку літа наступного року. Одним з важливих елементів цього механізму є локус *VRN2*, що є домінантним інгібітором цвітіння, який пригнічується яровизацією. *VRN2* уявляє собою гени, які кодують транскрипційні фактори *ZCCT* типу (Zinc finger *CCT*), що утримують домен «цинкового пальцю» та *CCT* мотив (Yan et al., 2004). Встановлено, що у поліплоїдній пшениці гени *ZCCT* локалізуються у 5А (транслокація з 4А), 4В та 4Д хромосомах (Diallo et al., 2010). У кожному з геномів пшениці присутні по три гена *ZCCT*, з яких *ZCCT-3* має значну кількість мутацій, що призвело до не функціональності такого. Гени *ZCCT-1* та *ZCCT-2* функціональні і мають високий рівень гомології (Distelfeld et al., 2009). У значно більшій мірі вивчена структурна організація локусу *ZCCT-1*. Вплив *ZCCT-1* на темпи розвитку, зниження реакції на яровизацію пов'язано з мутаціями у послідовностях, що кодують *CCT*-домен, або наявністю нуль-алелів за цими генами. Мутації у консервативних зонах *CCT*-домена негативно впливають на зниження експресії локусу *VRN3*, що відповідає за цвітіння. Мутантні білки *ZCCT-1* здібні вступати у конкуренцію з іншим регуляторними білками, що мають *CCT*-домен, в тому числі з білками *Ppd-1*, індукторами локусу *VRN3* (Li et al., 2011). Наявність нуль-алелів за тим, чи іншим *ZCCT-1* обумовлює відсутність певних білків, що запобігає конкурентній взаємодії з іншими білками *CCT*-типу. Вважають, що зниження концентрації продуктів експресії гену *ZCCT-B1*, а тим більше наявність нуль-алелю цього гена, обумовлює скорочення періоду до колосіння (Yan et al., 2004).

Реакцію рослин пшениці на фотоперіод контролюють гени *Ppd-1*. Розбіжності за фотоперіодичною чутливістю у пшениці твердої пов'язано, у більшій мірі з алельним станом гену *Ppd-A1*. Мутації (делеції) у промоторі якого призвели до виникнення двох домінантних алелів у *T. durum*. Алель *Ppd-A1.a2* має делецію 1027 п.н., а алель *Ppd-A1.a3* - 1117 п.н. Вважають, що дані алелі виникли незалежно один від одного. При цьому вищий рівень експресії притаманний алелю *Ppd-A1.a2* (Wilhelm et al., 2009). Значну кількість мутацій виявлено також у екзонах та інтронах даного гена, і особливу увагу привертають мутантні рецесивні алелі, що кодують нефункціональні білки. Зокрема у алелю, позначеного нами як *Ppd-A1_del2ex7*, наявна делеція 2 п.н. у екзоні 7, що призводить до порушення важливого *CCT*-домени білку (Takenaka et al., 2012).

Метою роботи є маркування домінантних *Ppd-A1.a2*, *Ppd-A1.a3* і рецесивних алелів *Ppd-A1b*, *Ppd-A1_del2ex7* та ідентифікація *ZCCT-1* генотипу сортів твердої пшениці. Всього у досліді було використано 80 сортів *T. durum* різного походження, з них 50 ярого та 30 озимого типу розвитку. Усі озимі представлені тільки сортами української селекції, а серед яких 27 сортів української та 23 - закордонної селекції.

За результатами маркування показано, що у 50 %, або 40 зразків загальної вибірки виявлено нуль-алель *ZCCT-B1*. Сортів, що мають нуль-алель за *ZCCT-A1* не встановлено. З 30 українських сортів озимого типу нуль-алель *ZCCT-B1* детектовано у 67 %, або 20 зразків. У вибірки сортів ярого типу розвитку українського походження нуль-алель *ZCCT-B1* детектовано у 48 % або 13 зразків. Серед яких сортів закордонної селекції частка таких складала 7 зразків або 30 %.

Разом з тим у більшості сортів загальної вибірки детектовано рецесивний алель гену *Ppd-A1*. Виявлено всього чотири сорти або 5 % носіїв домінантних алелів. Алель *Ppd-A1.a2* присутній лише у грузинського сорту Мерліурі, алель *Ppd-A1.a3* у українських ярих Метиска

і Луганська 7 та озимого сорту Кораловий. Алель *Ppd-A1_del2ex7*, що кодує нефункціональний білок, виявлено у 56 % сортів вибірки. Зокрема, у 63 % озимих, 44 % серед українських ярих і 57 % – в вибірці ярих закордонних сортів.

На підставі отриманих даних сорти вибірки, що вивчали, можна поділити на декілька груп за *ZCCT-1* генотипом та алельним станом гена *Ppd-A1*. У сорту Мерліурі відмічено комбінацію *ZCCT-A1 ZCCT-B1* та *Ppd-A1.a2*. У трьох сортів визначено комбінацію домінантного алелю *Ppd-A1.a3* з нуль-алелем за *ZCCT-B1*. Комбінацію *ZCCT-A1* та *Ppd-A1b* відмічено у 15, а *ZCCT-A1* та *Ppd-A1_del2ex7* – у 22 зразків. Обидва *ZCCT-1* та алель *Ppd-A1b* присутні у 16 сортів, комбінацію *ZCCT-A1 ZCCT-B1* з алелем *Ppd-A1_del2ex7* виявлено у 23 зразків.

Генетично ідентифікований матеріал може бути використано для вивчення впливу генів *ZCCT-1* та *Ppd-A1* на темпи розвитку та інші господарські ознаки.

Balashova I.A., Fait V.I.

Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Ukraine, 65036, Odesa, Ovidiopol'ska road, 3, faygen@ukr.net

The marking of the locus *ZCCT-1* and the *Ppd-A1* gene in the varieties of wheat of the species of *T.durum* of different origin

The *ZCCT-1* genotype and allele state of the *PPD-A1* gene in 80 varieties of wheat *T.durum* were investigated. Using of PCR markers revealed widespread varieties with zero-allele *ZCCT-B1* - 50 %, or 40 specimens. Identified 4 varieties that are the carriers of the dominant alleles of the *Ppd-A1* gene. The three varieties of Ukrainian breeding present allele *Ppd-A1.a3*, the Merliuri variety (Georgia) of has an allele *Ppd-A1.a2*. Mutant recessive allele *Ppd-A1_delex7*, which encodes not functional protein found in 56, 2% of the set. 22 varieties have the presence *Ppd-A1_delex7* of in combination with the *ZCCT-A1* gene and 23 varieties where the gene with deletion in Exon 7 is present in combination with *ZCCT-A1 ZCCT-B1*.

БАЛВІНСЬКА М.С., ФАЙТ В.І.

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, м. Одеса, Овідіопольська дорога., 3, 65036, Україна, balvinska@yahoo.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО РІЗНОМАНІТТЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ *VRNH2*-АЛЕЛІВ У СОРТІВ ЯЧМЕНЮ З РІЗНИМ ТИПОМ РОЗВИТКУ

Серед видів культурних злаків одно з головних місць після пшениці, кукурудзи та рису в Україні та загалом, у світі, займає ячмінь (*Hordeum vulgare* L.). Одним з найважливіших аспектів при створенні нових продуктивних генотипів ячменю є підвищення адаптивних властивостей, зокрема за рахунок контролювання тривалості перебігу окремих етапів органогенезу та оптимальних темпів розвитку рослин. Це, як відомо, забезпечується сукупністю алелів генів двох відповідних найважливіших генетичних систем фотоперіодичної чутливості та яровизаційної потреби, які опосередковано здійснюють вплив на стійкість рослин до дії тих чи інших біотичних та абіотичних чинників. І хоча у ячменю генетична складова та ефекти алелів відповідних генів доволі добре вивчені та визначаються класичними методами (Trevaskis et al., 2006; Стельмах та ін., 2017), молекулярно-генетичні дослідження у цьому напрямі дозволяють вдосконалити сучасні уявлення щодо адаптивності та продуктивності та можуть бути корисними для практичної селекції (Afsharyan et al., 2020; Muñoz-Amatriaín et al., 2020; Calleja, 2022).

Як відомо, у ячменю ідентифіковано кластер *ZCCT-H* (4HL) з трьох *ZCCT*-подібних генів, що як регіон-кандидат було зіставлено з локусом *VRN-H2* (Yan et al., 2004; Dubcovsky et al., 2005; Zitzewitz et al., 2005), який разом з іншими, зокрема з *VRN-H1* (5HL) вносить спільний вклад у яровизаційну відповідь рослин, а також бере участь у контролі тривалості вегетаційного періоду (Karsai et al., 2008; Mohammadi et al., 2013; Mulki et al., 2016).

Мета роботи полягала у вивченні поліморфізму ДНК за локусом *ZCCT-H* (*VRNH2*) хромосоми 4HL у сортів ячменю з різним типом розвитку вітчизняної селекції та іншого походження шляхом ПЛР-аналізу.

ДНК-поліморфізм в області *ZCCT-H* (*VRNH2*) досліджено у виборці з 120 генотипів ячменю (55 – озимих, 15 – проміжного типу, 50 – ярих). ПЛР-аналіз проводили з використанням ПЛР-тесту *HvZCCTa/b* на основі алель-специфічних маркерів, що дозволяє охарактеризувати присутність двох генів кластеру одночасно або делецію у *ZCCT-H* регіоні.

За результатами дослідження у 53 генотипів, які визначені оригінаторами як «озимі» виявлена присутність фрагментів обох генів кластеру. Таким чином, в них, згідно з літературними джерелами (Karsai et al., 2005; Distelfeld et al., 2009; Zlotina et al., 2013), детектовано варіант структури локусу, що відповідає функціональному (домінантному) алелю *VRNH2* та зустрічається у більшості озимих. Такий ж самий варіант структури локусу з функціональним *VRNH2*-алелем мали ще 13 досліджених генотипів проміжного типу, зокрема 12 європейських сортів, в тому числі 10 сортів-дворучок української селекції (СГІ-НЦНС), а також один сорт з США, визначений як факультативний. В той час в двох відносно нових сортів-дворучок Презент та Скарб Пальміри української селекції (СГІ-НЦНС), а також у двох сортів, які походять з інших європейських країн (Франція, Великобританія) та створені в більш ранній термін, спостерігали відсутність генів кластеру *ZCCT-H*, що відповідає неактивному (рецесивному) алелю *VRNH2*. За даними попереднього ПЛР-аналізу сорти-дворучки Скарб Пальміри та Презент віднесено до *Vrn-H1*-гаплотипів 1A та 5C, відповідно, а також до зіставлених з ними відповідних алелів: *HvVRN1* (з нативною LTR-ділянкою інтрону I *HvVM5A*), який трапляється в більшості генотипів осіннього посіву («класичний» *vrn-H1*) та *HvVRN1-6* (з делеціями 486 п.н. та MITE), що можуть мати сорти з різним типом розвитку, зокрема ярі (Hemming et al., 2008; Cockram et al., 2015). Таким чином, виходячи з результатів ПЛР-аналізу та згідно з літературними джерелами (Calleja, 2022), сорти Презент та Скарб Пальміри мають додаткове підтвердження статусу «дворучок» на молекулярно-генетичному рівні. При цьому, сорт Скарб Пальміри за комбінацією алелів *VRNH1/VRNH2* відповідає класичним уявленням про генотип проміжного типу розвитку

відносно стану *Vrn*-генів. Щодо двох сортів іншого походження, заявлених як «озимі», але з відсутністю в них функціонального *VRNH2*-алелю, можна припустити, що при певних кліматичних умовах генотипи з такою комбінацією алелів можуть проявляти властивості, більш схожі з такими ж у генотипів з проміжним типом розвитку ніж у озимих.

У попередніх дослідженнях у 17 ярих генотипів різного походження, протестованих для апробації даного підходу, фрагменти генів кластеру *ACT-H* не були виявлені (Бальвінська, Файт, 2021). При збільшенні вибірки майже втричі, в тому числі за рахунок сортів селекції СГІ, інших вітчизняних та зарубіжних оригінаторів, у більшості ярих сортів детектовано нуль-алель за генами *ZCCT-H* та ідентифіковано, як і очікували, неактивний *VRNH2*-алель. В той час у деяких з них, принаймні, двох українських та одного - іншого походження ідентифіковано функціональний алель.

Частота функціонального *VRNH2*-алеля у загальної виборці з 120 досліджених генотипів з різним типом розвитку склала 57,5%. При цьому серед 70 сортів осіннього посіву він траплявся з частотою 94,3 %. Окремо серед саме озимих сортів носіями функціонального алеля були 96 % генотипів. В той час серед сортів, які за класичними уявленнями мають або повинні мати рецесивний алель (*vrn-H2*), наявність функціонального *VRNH2*-алеля детектовано у 87 та 6 % дворучок та ярих, відповідно. Решта досліджених сортів, зокрема очікувана переважна більшість ярих (47 з 50) та досить мала кількість дворучок (2 з 15), а також близько 4 % (2 з 55) озимих були носіями неактивного *VRNH2*-алелю.

Отже, за результатами даного дослідження виявлено, що в більшості з проаналізованих сортів осіннього посіву, зокрема у озимих, як очікували, але й у дворучок, що не зовсім очікувано, а також у деяких ярих сортів не спостерігається делеція генів *ZCCT-H*, що відповідає функціональному (домінантному) *VRNH2*-алелю. В той час серед сортів з різним типом розвитку є й такі, що мають делітовану ділянку *ZCCT-H*, яка відповідає неактивному (рецесивному) *VRNH2*-алелю. В переважній більшості це трапляється, як і очікували у ярих, але майже не зустрічається серед досліджених сортів-дворучок та факультативних генотипів іншого походження. Використання ДНК-поліморфізму ділянки *ZCCT-H* (*VRN-H2*) та ефектів відповідних алелів для оцінки та прогнозування властивостей нових сортів ячменю потребує подальшого вивчення. При більш детальному дослідженні такий аналіз, імовірно, здатний виявити більше відмінностей у сортів ячменю для маніпулювання їх генетичною мінливістю, прогнозування ознак і поведінки генотипу.

Виявлення функціонального поліморфізму, зокрема за локусом *ZCCT-H* (*VRN-H2*) дозволяє ідентифікувати та використовувати у подальшому нові алелі та разом з різноманіттям за *VRN-H1* й нові комбінації алелів, які раніше не визначались та не використовувались, що може бути корисним як для розширення теоретичної бази та класичних уявлень, так і для практичної селекції, зокрема при створенні сортів-дворучок. До того ж, ще одним важливим аспектом є можливість швидкої ідентифікації алельних варіантів в лабораторних умовах.

Balvinska M.S., Fait V.I.

Plant Breeding and Genetics Institute - National Center of Seed and Cultivar Investigation,
Ukraine, 65036, Odesa, Ovidiopol'ska road, 3, balvinska@yahoo.com

The study of functional diversity and identification of *Vrn-H2* alleles in different growth habits barley varieties

The functional polymorphism of the candidate region *ZCCT-H* (*VRNH2*) was studied and *VRNH2* alleles were identified in 120 different growth habits barley varieties using PCR analysis. Among the autumn barley genotypes, the functional (dominant) allele *VRNH2* was present mostly in winter varieties, but not only them, and also intermediate growth habits which was not expected, as well as some spring. At that time, the alternative *VRNH2* allele was present in most of the spring cultivars studied, which was expected and in others as well. The identified *VRNH2*-alleles and new allelic combinations together with the diversity of *VRN-H1*, which could not be detected before, can be useful both for expanding theoretical ideas and for plant breeding practice.

ВЕДМЕДЄВА К.В.

Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України,
м. Запоріжжя, Україна. E-mail: Vedmedeva.katerina@gmail.com

**ІДЕНТИФІКАЦІЯ, УСПАДКУВАННЯ ТА ЕФЕКТИ АЛЕЛІВ ГЕНІВ МАРКЕРНИХ
МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК СОНЯШНИКУ**

Робота проведена на колекціях ліній соняшнику Інституту олійних культур НААН. В результаті роботи було розроблено уніфіковані підходи для оцінки різноманітності забарвлення крайових квіток та типів галуження рослин відповідно генетичній обумовленості. Зокрема розроблено методи незалежного визначення забарвлення квіток та шкалу відповідності генотипам. Методику опису ознаки галуження у соняшнику.

Встановлено успадкування морфологічних маркерних ознак: забарвлення крайових квіток, типів галуження, віялоподібної форми листку. Забарвлення крайових квіток обумовлено не менш ніж сімома генами. Їх рецесивний стан створює відповідні типи забарвлення: *su* – сірчсте, *l* – лимонне, *lu* – світло-жовте, *ap* – абрикосове забарвлення, *o* – оранжеве забарвлення, *lbc* – освітлення основного кольору, *fwl* – побіління дистальної частини квітки. Використання цифрового аналізу зображення показало наявність не менш двох типів забарвлення, які описують як оранжеве і виявило наявність різного забарвлення двох половинок квітки у темно та жовто забарвлених ліній.

Створено генетичну колекцію ліній за ознакою галуження. Верхнє галуження визначається або доміантними генами у кількості трьох, або одним геном у рецесивному стані. Ознака нижнього галуження обумовлена рецесивним гомозиготним станом одного гена *b2* у ліній InLD1240, Z1064, LD835, КГ13, ВІР130, LD4, а у лініях LD72/3, LD156, КГ16, I2K2218 - рецесивним гомозиготним станом двох генів *b3* і *b4*.

Підтверджено, що високий вміст олеїнової кислоти більше 82% обумовлено дією гомозиготного стану одного гена *Ol*. Винайдено джерела ознаки підвищеного вмісту олеїнової кислоти в діапазоні до 77% обумовлені іншим геном. Встановлено що ознака маси 1000 насінин має проміжний характер успадкування, у виділених донорах ознаки великонасієвості InK2058, SL2966, LD835, HA73, КП11 вона обумовлена довжиною насіння. Підтверджено, що за синтез антоціану в гіподермі оплодню відповідають два гени *T1* і *T1* з комплементарною взаємодією. Встановлено наявність доміантного алеля гену *T1* у ліній КГ111 і HA298. Встановлено взаємодію та незалежне успадкування восьми пар генів, обумовлюючих морфологічні маркерні ознаки.

Встановлено вплив алелів, обумовлюючих морфологічні маркерні ознаки на важливі селекційні показники ліній соняшнику: алель бахроми листка (*Fr*) зменшує висоту рослин, алель еректоїдного черешку (*er1*) збільшує висоту рослини, алель оранжевого забарвлення (*o*), обумовлює зменшення висоти та збільшення маси 1000 насінин. У гетерозиготному стані у гібридах спостерігали: високу вірогідність негативного впливу доміантного алелю гену *Dw* (*dwarfishness* – низькорослість) на врожайність гібридів, позитивного впливу рецесивного алелю гену *sp* (*spoon* – ложка) на врожайність, олійність та кількість листків гібридів з лінією-носієм рецесивної гомозиготи. Встановлено помірні та низькі вірогідності різниці рівня ознак гібридів з доміантним алелем гену *Fr* (*fringe* – бахрома краю листка) та гібридів з вихідними лініями.

Розроблено підходи до оцінки генетичної відстані (відмінності) за комплексом морфологічних ознак: встановлено набір ідентифікаційних морфологічних ознак соняшнику: тип галуження, маса 1000 насінин, положення кошику, олійність, висота рослин, забарвлення крайових квіток, наявність галуження;

- на прикладі вивчення колекції з 38 ліній за морфологічними описами ознак та кількісними характеристиками, доведено можливість використання кластерного аналізу морфологічних ознак (фенів) для встановлення генетичної спорідненості ліній соняшнику. В опрацьованому матеріалі з 39 ліній співпадіння кластерів за морфологічними ознаками на 72-92% відповідає родоводам та генетичній ідентифікації.

Vedmedeva K.V.

Institute of Oil Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
m. Zaporizhzhya, Ukraine. E-mail: Vedmedeva.katerina@gmail.com

Identification, degradation and effects of alleles of genes of marker morphological characters of the sunflower

The work was carried out on collections of sunflower lines at the Institute of Oil Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Unified approaches have been developed for assessing the diversity of tinting of ray flowers and types of tinting of plants of different genetic backgrounds. Considered the inheritance of morphological marker characters: color of ray flowers, types of branching, fan-like leaf shape. Genetic control of the valuable traits of the seeds has been established: advanced instead of oleic acid in oil, mass of 1000 seeds, pigmentation of the hypodermis of the seeds. The interaction and independent inheritance of pairs of genes producing morphological marker characters was established. The infusion of alleles that form morphological marker characters on important breeding traits of lines and their hybrids has been established. The approach to assessing the genetic variety (distinctiveness) behind a complex of morphological characters has been developed.

ГАЛАЄВ О.В.

Селекційно-генетичний інститут-Національний центр насіннезнавства та сортовивчення, м. Одеса, Овідіопольська дорога, 3, Україна, 65036, galaev7@ukr.net

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ГЕНІВ СТІЙКОСТІ ДО ЖОВТОЇ ІРЖІ У СОРТІВ ТА ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ СЕЛЕКЦІЇ СГІ-НЦНС

Жовта іржа, яку викликає збудник *Puccinia striiformis f. sp. tritici* Eriks. (Pst), є одним з шкідливих і поширених захворювань пшениці в світі.

Завдяки здатності патогена створювати нові раси, а також можливого занесення інфекції з суміжних регіонів, з'являються нові раси і біотиби патогена, котрі долають стійкість пшениці (Kolmer, 1996). Для генетичної боротьби з цим захворюванням були виявлені більш дев'яти десятків *Yr* генів стійкості до жовтої іржі (McIntosh et al., 2020). Стійкість існуючих сортів пшениці до жовтої іржі – результат взаємодії багатьох *Yr* генів між собою, як ефективних так і подоланих. Звуження різноманітності генів стійкості у сучасних сортів створює сприятливі умови для виникнення епіфітотій.

У зв'язку з цим виникає необхідність в ідентифікації генів і їх комбінацій, що забезпечують стійкість у сучасних сортів пшениці різних селекційних центрів. Знання, які саме *Yr* гени наявні в генетичному фоні існуючих сортів пшениці, дозволить проводити моніторинг різноманітності генів стійкості та отримувати нові сорти з високим рівнем стійкості до бурої іржі за допомогою пірамидування («укладання генів»). Виявлення за допомогою маркерів (marker-assisted detection, MAD) - це найбільш часто використовуваний метод для визначення присутності генів стійкості у тому числі й *Yr* генів (Goutam et al., 2015). Оскільки більшість молекулярно-генетичних маркерів є маркерами зчеплення, а не маркерами генів, їх достовірність ще належить оцінити.

Метою даного дослідження є ідентифікація генів стійкості до жовтої іржі у сучасних сортів селекції СГІ-НЦНС.

Ідентифікацію *Yr* генів (*Yr1*, *Yr5*, *Yr6*, *Yr15*, *Yr16*, *Yr30*) у 18 сортів та двох ліній пшениці озимої селекції СГІ-НЦНС (Мелодія, Відповідь одеська, Місія одеська, Благодарка одеська, Антонівка, Ліра одеська, Традиція одеська, Мудрість одеська, Журавка одеська, Спадщина одеська, Покровська, Аксіома одеська, Рапсодія одеська, Годувальниця одеська, Литанівка, Перспектива, Досконалість, Житниця одеська, Ер. 276/17, Ер. 2372/17) проводили за допомогою молекулярно-генетичних маркерів: EST-SSR маркер BU099658 для детекції гена *Yr1*, STS маркер S19M93 для *Yr5*, SSR маркери wmc76 та wmc276 для детекції гена *Yr6*, barc8 – *Yr15*, wmc18 – *Yr16* tagwm533 – *Yr30*. В якості позитивних контролів відповідних генів стійкості використовували лінії-носії, сорти та майже ізогенні лінії, що надані USDA, Germplasm Resources Information Network (<http://www.ars-grin.gov>).

В результаті проведеного ПЛП-аналізу у досліджених сортів не виявлено маркерного фрагмента ампліфікації до гена *Yr16*. В сортах та лініях Мелодія, Годувальниця одеська, Литанівка, не виявлено наявності генів *Yr1*, *Yr5*, *Yr6*, *Yr15*, *Yr30* за маркерними локусами.

Ген *Yr1* ідентифіковано у сорта Благодарка. Ген *Yr5* ідентифіковано у сортів Аксіома одеська, Антонівка, Рапсодія одеська.

Виявлено слідуєчі комбінації *Yr* генів у сортів:

Відповідь одеська, Ліра одеська – *Yr1+Yr5*;

Місія одеська, Покровська – *Yr1+Yr6*;

Мудрість одеська, Журавка одеська, Перспектива, Ер. 276/17 – *Yr5+Yr6*;

Досконалість, Житниця одеська – *Yr1+Yr5+Yr6*;

Традиція одеська, Спадщина одеська – *Yr5+Yr6+Yr15*;

Ер. 2372/17 – *Yr5+Yr6+Yr30*.

Показано гетерогенність сорту Аксіома одеська за геном *Yr5*.

Ген *Yr1*, що локалізований у довгому плечі хромосоми 2А пшениці, втратив свою ефективність. Ген стійкості *Yr5*, виявлений в сортах селекції СГІ-НЦНС, вперше описаний Масег в 1966 році в *Triticum spelta album*. Кема Г.Н. переніс цей ген у деякі комерційні

сорти, і він досі залишається ефективним для широкого кола ізолятів Pst у всьому світі (Zheng et al., 2017). Ген *Yr6*, що локалізований у короткому плечі хромосоми 7В пшениці, втратив свою ефективність.

У 1970 році Gerechter-Amitai і Stubbs (1970) повідомили, що зразки G-25 *Triticum dicoccoides* Korn були стійкі до багатьох видів *Puccinia striiformis* різного географічного походження. Пізніше було показано, що ця стійкість до смугастої іржі надається домінантним геном *Yr15* (Gerechter-Amitai, 1974; 1989). Макінтош і Сілк (1996) показали, що він розташований на короткому плечі хромосоми 1В. *Yr15* був інтрогресований у тетраплоїдні та гексаплоїдні пшениці (Gerechter-Amitai, 1974; Grama, 1974). Ген стійкості *Yr15* досі залишається ефективним для широкого кола ізолятів Pst у всьому світі (Zheng et al., 2017).

Ген *Yr30* надає часткову стійкість та в комбінації з іншими генами підсилює стійкість до рас збудника жовтої іржі.

Halaiev O.V.

Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigations, Ukraine, 65036, Odesa, Ovidiopol'ska road, 3, e-mail: galaev7@ukr.net

Identification of genes for resistance to stripe rust in varieties and lines of winter bread wheat of the PBGI–NCSCI

The results of identification genes resistance to stripe rust in winter bread wheat varieties at the Plant breeding and genetics institute - National center of seed and Cultivar Investigation are given. The genes *Yr1*, *Yr5*, *Yr6*, *Yr15*, *Yr16*, *Yr30* were identified in wheat varieties. A total of six combinations *Yr*-genes were identified. The varieties and lines of the PIE– NICKSIC carrying effective genes for resistance to stripe rust have been identified *Yr.* and *Yr15*.

ГАЛАЄВ О.В.

Селекційно-генетичний інститут-Національний центр насіннезнавства та сортовивчення, м. Одеса, Овідіопольська дорога, 3, Україна, 65036, e-mail: galaev7@ukr.net

**РОЗРОБКА ПЛР-МАРКЕРІВ ДЛЯ ГЕНА СТІЙКОСТІ ДО БУРОЇ
ЛИСТКОВОЇ ІРЖІ ПШЕНИЦІ *Lr23***

Бура листової іржа, яку викликає збудник *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f.sp. *tritici* (*Puccinia triticina* Erikss.), є одним із найпоширеніших та найбільш шкідливих захворювань пшениці і може спричинити великі втрати врожаю. *Puccinia recondita* високо варіабельна щодо вірулентності. Знання вірулентності в популяції іржі у поєднанні з даними про гени стійкості сортів пшениці є необхідними для успішного створення зародкової плазми стійкої до нинішніх патотипів іржі. На сьогоднішній день більше 80 генів *Lr* були офіційно каталогізовані в геномі пшениці (McIntosh et al., 2018, 2019). Однак стійкість сортів, що надається основними генами, має тенденцію долатися новими вірулентними патотипами іржі (McDonald and Linde, 2002). Таким чином, комбінація (пірамидування) кількох генів *Lr* в один сорт є корисною стратегією, оскільки комбіновані ефекти кількох генів дають сорту ширшу базу стійкості до хвороб, тим самим подовжуючи період ефективності.

До пірамидування можна вдаватися і при використанні подоланих головних генів. У цьому випадку прийнятний рівень стійкості досягається за рахунок залишкових ефектів на стійкість, які проявляються кожним подоланим геном і їхньою адитивною дією (Lillemo et al., 2011). Згідно з літературними даними, тривалість збереження стійкості сортів забезпечується, коли вертикальна (расоспецифічна) стійкість базується на використанні головних генів і поєднується з горизонтальною (нерасоспецифічною) стійкістю (Kolmer, 1996). Створення сортів з такою стійкістю більш складний і тривалий процес, що передбачає залучення молекулярних маркерів.

Використання відомих головних генів стійкості, до яких розроблені молекулярні маркери, полегшує їх комбінування в одному сорті і забезпечує майже ідеальну генетичну стійкість, яка знижує ймовірність того, що весь комплекс генів стійкості, наявний у сорті, буде швидко подоланий незалежними мутаціями патогена. У зв'язку з цим розробка ДНК-технології добору генотипів м'якої пшениці з певними комплексами алелів генів стійкості до основних шкочинних захворювань пшениці є актуальною. Метою даної роботи є пошук молекулярних маркерів, зчеплених з геном *Lr23*.

Ген стійкості до бурої листової іржі *Lr23* вперше виявлений у сорті твердої пшениці Gaza (Watson і Luig, 1961) і перенесений у геном м'якої пшениці через схрещування Bobin W39*2/Gaza (Watson і Стюарт, 1956). McIntosh і Dyck (1975) локалізували ген *Lr23* на короткому плечі хромосоми 2В на відстані 4 сМ від центромери. Ген *Lr23* не забезпечує необхідний рівень опору, але повідомлялося, що цей ген може забезпечити ефективну стійкість при застосуванні в комбінації з іншими генами стійкості до бурої листової іржі. Kolmer et al., (2007) повідомили про наявність *Lr16*, *Lr23* і *Lr34* у високостійких твердих червоних сортах ярої пшениці, вирощених у Міннесоті та Дакоті. Довготривалу стійкість до бурої листової іржі приписують *Lr34* і *Lr46* у поєднанні з іншими генами стійкості *Lr2a*, *Lr13*, *Lr16* і *Lr23* (Vokore et al., 2022).

Для виявлення маркерів зчеплених з геном *Lr23* використовували популяцію F₂, яка отримана від схрещування двох майже ізогених ліній сорту Thatcher з генами стійкості до листової іржі *Lr23* (TcLr23) та *Lr9* (TcLr9). Проведено оцінку польової стійкості батьківських ліній (у 2012-2016 рр.) та популяцій F₁ (у 2017 році), F₂ (у 2018 році) до бурої листової іржі. Показано, що стійкість лінії TcLr23 в різні роки варіювала від 5 до 6 балів, стійкість лінії TcLr9 була на рівні 9 балів, рослини популяції F₁ мали стійкість 9 балів, стійкість окремих рослин популяції F₂ варіювала від 2 до 9 балів. Припустили, що перша група рослин (8 зразків) популяції F₂, яка мала стійкість на рівні 2-3 балів, складається з генотипів які мають комбінацію генів *lr9lr9+lr23lr23* в гомозиготному стані, друга група рослин популяції F₂, яка мала стійкість на рівні 4-6 балів (20 зразків), складається з генотипів які мають тільки ген

Lr23 в гомозиготному та гетерозиготному стані (*lr9lr9+Lr23lr23*, *lr9lr9+Lr23Lr23*) Третя група рослин популяції F₂, яка мала стійкість на рівні 9 балів (64 зразків), складається з генотипів, які мають тільки ген *Lr9* в гомозиготному та гетерозиготному стані та разом з геном *Lr23* (*Lr9Lr9+lr23lr23*, *Lr9Lr9+Lr23Lr23*, *Lr9Lr9+Lr23lr23*, *Lr9lr9+lr23lr23*, *Lr9lr9+Lr23lr23*, *Lr9lr9+Lr23Lr23*). Для попереднього пошуку маркерів до гена *Lr23* провели ПЛР аналіз батьківських ліній TcLr9 та TcLr23, сорти-носії генів *Lr23* (Gabo, Altar-84, Gaza), а також лінії TcLr13 та TcLr16. Ідентифікацію гена *Lr9* проводили за допомогою молекулярно-генетичного маркера J13 (Schachermaug et al., 1994). Для маркування гена *Lr23* використовували мікросателітні локуси *Xbarc7*, *Xbarc13*, *Xbarc18*, *Xbarc55*, *Xbarc98*, *Xbarc183*, *Xbarc361*, *Xwmc261*, *Xwmc272*, *Xwmc344*, *Xwmc474*, *Xwmc477*, *Xgwm148*, *Xgwm271*, *Xgwm319*, *Xgwm410* та *Xgwm630*, що локалізовані у прицентромірній області короткого плеча хромосоми 2В. В результаті проведеного ПЛР-аналізу виявлено, що алель 308 п.н. за локусом *Xbarc7* та алель 142 п.н. за локусом *Xbarc98* асоційовані з присутністю гена *Lr23*.

Halaiev O.V.

Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Ukraine, 65036, Odesa, Ovidiopol'ska road, 3, galaev7@ukr.net

Development of PCR markers for the wheat leaf rust resistance gene *Lr23*

Leaf rust, caused by *Puccinia recondita*, is one of the most important fungal diseases of wheat worldwide. The search for molecular markers tightly linked to the gene *Lr23* in a population derived from cross TcLr9 x TcLr23 using 17 microsatellite loci localized in the proximal region of chromosome 2B short arm was performed. The 308 bp allele by *Xbarc7* locus and the 142 bp allele by *Xbarc98* are associated with the presence of the gene *Lr23*.

ГАЛАСВА М.В., ФАЙТ В.І.

Селекційно-генетичний інститут-Національний центр насіннезнавства та сортовивчення,
м. Одеса, Овідіопольська дорога, 3, Україна, 65036, e-mail: mariagal1@ukr.net

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНІ МАРКЕРИ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ З ГЕНОМ ВИСОКОГО ВМІСТУ БІЛКА В ЗЕРНІ *GPC-B1*

З кожним роком впровадження в традиційні селекційні програми методів маркер-допоміжної селекції (MAS – Marker Assisted Selection) набуває все більшої необхідності. Особливо це стосується складних кількісних ознак, прояв яких залежить від певних умов навколишнього середовища; до таких ознак у пшениці належить вміст білка у зерні (GPC – grain protein content) Високий вміст білка в зерні є одним з найважливіших критеріїв якості твердої та м'якої пшениці через його позитивний ефект на якість хліба та макаронних виробів, що є важливим для харчування та здоров'я людей в усьому світі. Селекція на збільшення вмісту білка в зерні є досить складним процесом, оскільки генетичні варіації для цієї ознаки невеликі порівняно з варіаціями, викликаними навколишнім середовищем, крім того, існує негативна кореляція між GPC та врожайністю зерна.

Ген високого вмісту білка в зерні *Gpc-B1*, перенесений від *Triticum turgidum ssp. dicoccoides* у тверду пшеницю є цінним ресурсом для збільшення GPC. Деякі результати свідчать про те, що в різних умовах цей ген не має навіть мінімального впливу на врожайність зерна, якість протеїну, висоту рослин. Ген *Gpc-B1* також був перенесений до гексаплоїдної пшениці. Різні експерименти з картування показали, що QTL перенесеного гена *Gpc-B1* у м'якої і твердої пшениці розташований на короткому плечі хромосоми 6В.

Однією із особливостей цього локусу є те, що він впливає на фізіологічні процеси старіння листя. Це зумовлює більш інтенсивне перенесення поживних речовин у зернівку, підвищуючи у такий спосіб вміст важливих макро- та мікроелементів.

Для ефективної селекції на високий вміст білка у зерні пшениці або інші агрономічно цінні ознаки важливим є відбір генотипів з бажаними генами за допомогою сучасних MAS – технологій. Маркерний локус *Xuhw 89-6B* є тісно зчепленим з геном *Gpc-B1*, його можна використовувати як достатньо надійний маркер для детекції *Gpc-B1* у селекційних популяціях. В наших попередніх роботах ми досліджували сорти СГІ-НЦНС та лінії пшениці, що несуть ген *Gpc-B1*, за локусом *Xuhw 89-6B*. Контрольні лінії тетра- та гексаплоїдної пшениці GPC-B1-4x та GPC-B1-6x характеризувались алелем 122 п.н., що свідчить про наявність у цих ліній алеля *Gpc-B1* від *Triticum turgidum ssp. dicoccoides*, який зумовлює високий вміст білка в зерні. Всі досліджені нами сорти характеризувались алелем 126 п.н., що свідчить про відсутність алеля гена *Gpc-B1* від *Triticum turgidum ssp. dicoccoides* у сортів пшениці СГІ-НЦНС.

У відділі селекції і насінництва пшениці проводиться досить кропітка, довготривала і трудомістка робота з отримання високобілкових форм пшениці з залученням до селекційного процесу ліній-носіїв *Gpc-B1*. В результаті цієї роботи було отримано ряд ліній від схрещувань ліній з геном *Gpc-B1* і сортів з високими хлібопекарськими показниками. Проте використання морфологічних і біохімічних методів не дозволяє ефективно ідентифікувати і добирати генотипи з геном *Gpc-B1*. Отже в даному випадку є необхідним добір генотипів з бажаним геном за допомогою молекулярно-генетичних маркерів.

Метою даної роботи є ідентифікація селекційних ліній за геном високої білковості *Gpc-B1* та добір ліній-носіїв зазначеного гена для подальшого використання в селекційних програмах.

Матеріалом для дослідження слугували 15 селекційних ліній F₅ та F₆, що отримані від схрещувань ліній-носіїв гена *Gpc-B1* з сортами пшениці з високими показниками хлібопекарських властивостей (Нива, Кантата, Оптима, Традиція, Мудрість).

Для досягнення поставленої мети у червні 2023 року на дослідній ділянці у окремих рослин кожної з ліній було відрізано невеличкий фрагмент зеленого листа, промарковано рослини, виділено ДНК та проведено ПЛР-аналіз кожної рослини окремо за локусом *Xuhw89*.

Локус *Xuhw89* є близько зчепленим з геном *Gpc-B1* (0,1 сМ). Для культурної тетра- та гексаплоїдної пшениці є характерним алель локусу *Xuhw89* розміром 126 п.н. Делеція 4 п.н. присутня в алелі *Triticum turgidum ssp. dicoccoides* (алель 122 п.н.) була відсутня в колекції культивованих тетраплоїдних і гексаплоїдних пшениць, що свідчить про те, що цей маркер є надійним для відбору зразків з алелем *Gpc-B1* від *Triticum turgidum ssp. dicoccoides*.

В результаті дослідження нами дібрано 4 селекційні лінії, всі досліджені рослини яких характеризувались алелем локусу *Xuhw89* розміром 122 п.н. в гомозиготному стані. Відповідно відзначені селекційні лінії мають у своєму генотипі алель гена *Gpc-B1* від *Triticum turgidum ssp. dicoccoides*, який зумовлює високий вміст білка в зерні, і є однорідними за цим геном. Відібрані за допомогою молекулярно-генетичних маркерів лінії рекомендується використовувати в подальшому в селекційних програмах, спрямованих на поліпшення якості зерна пшениці.

Залучання молекулярно-генетичних маркерів до селекційних програм (MAS-технології) дозволить більш ретельно добирати батьківські пари для схрещувань, проводити добір рослин з бажаними генами на ранніх етапах селекції, завдяки чому значно зменшиться кількість і розміри популяцій, та гарантовано отримувати матеріал з бажаними ознаками та генами в гомозиготному стані, що в кінцевому результаті призведе до підвищення ефективності традиційної селекції рослин.

Halaieva M.V., Fait V.I.

Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigations, Ukraine, 65036, Odesa, Ovidiopol'ska road, 3, e-mail: mariagal1@ukr.net

Molecular genetic markers for identification of wheat line with high grain protein content gene *Gpc-B1*

Molecular genetic markers are becoming increasingly important in wheat breeding programs. In this research we analyzed breeding lines of wheat using the marker locus *Xuhw 89-6B*, that is a reliable marker for the detection of high grain protein content gene *Gpc-B1*. Four breeding lines F_5 and F_6 with allele *Gpc-B1* from *Triticum turgidum ssp. dicoccoides* have been identified. These lines are recommended to use in breeding programs aimed at increasing grain protein content in wheat.

КОЗУБ Н.О.^{1,2}, СОЗІНОВ І.О.¹, ГУСЕНКОВА О.В.³, ТИЩЕНКО В.М.³, БІДНИК Г.Я.^{1,2},
ДЕМ'ЯНОВА Н.О.^{1,2}, СОЗІНОВА О.І.^{1,2}, КИРИЧЕНКО С.О.¹ КУЧЕРЯВИЙ І.І.¹,
БЛЮМ Я.Б.²

¹ Інститут захисту рослин НААН, Україна, 03022, м. Київ, вул. Васильківська, 33, e-mail: natalkozub@gmail.com

² ДУ «Інститут харчової біотехнології і геноміки НАН України», Україна, 04123, м. Київ, вул. Осиповського, 2а,

³ Полтавський державний аграрний університет, Україна, 36003, м. Полтава, вул. Сковороди 1/3

АСОЦІАЦІЇ З УЧАСТЮ ГЕНА *Lr34* У ГРУПІ СОРТІВ І ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ СЕЛЕКЦІЇ ПОЛТАВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Серед ідентифікованих генів стійкості проти біотрофних грибних патогенів пшениці (збудники стеблової, бурої та жовтої іржі, борошнистої роси) більшість є ювенільними расоспецифічними генами (ефективні як на стадії проростків, так і на стадії дорослих рослин). Такі гени здебільшого втрачають свою ефективність невдовзі після масового вирощування сортів-носіїв цих генів через високий еволюційний потенціал відповідних грибних патогенів (McDonald and Linde, 2002). У генофонді пшениці набагато менше відомо расонеспецифічних генів стійкості, що забезпечують стійкість лише на стадії дорослих рослин, причому рівень стійкості є помірним. У пшениці ідентифіковано біля 15 таких генів стійкості, але кілька з них уже секвеновано. Найбільш відомим геном дорослої стійкості є ген *Lr34/Yr18/Pm38/Sr57/Bdv1*, що надає стійкість проти збудників іржастих хвороб, борошнистої роси, вірусу жовтої карликовості ячменю (Lagudah et al., 2009). Крім того, цей ген пов'язаний зі стійкістю до плямистості листя (QTL Q_{Sb.bhu-7D}), збудником якої є некротрофний грибок *V. sorokiniana* (Kumar et al., 2018). *Lr34* надає стійкість до бурої іржі також на стадії проростків, але лише при низькій температурі (Risk et al., 2012). Ген *Lr34/Yr18/Pm38/Sr57/Bdv1* кодує PDR-подібний ABC транспортер (Krattinger et al., 2009), субстратом якого є абсцизова кислота (Krattinger et al., 2019). На основі послідовності гена розроблено молекулярні маркери, які широко застосовуються для маркерного добору. Метою нашого дослідження був пошук можливих асоціацій гена *Lr34/Yr18/Pm38/Sr57/Bdv1* (далі *Lr34*) з іншими функціональними маркерами та кількісними ознаками у вибірці сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої селекції Полтавського державного аграрного університету.

Досліджували 21 сорт і 17 селекційних ліній пшениці м'якої озимої, створених в Полтавському державному університеті (ПДАУ) (раніше Полтавська державна аграрна академія). Визначали генотипи за локусами високомолекулярних субодиноць глютенінів *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* та гліадинів *Gli-A1*, *Gli-B1*, *Gli-D1*, *Gli-A3* та маркерів генів стійкості проти збудників хвороб *Lr34*, *Tsn1*, *TDF_076_2D*. Електрофорез загального білка зерна (для аналізу високомолекулярних субодиноць глютенінів) проводили за методикою Laemmli (1970), а електрофорез гліадинів у кислому середовищі в 10% поліакриламідному гелі – за методикою Kozub et al., 2009. Для ідентифікації алелів гена *Lr34* використовували мультиплексну ПЛР із праймерами, що фланкують маркери *caISBP1* та *caSNP12*, за Dakourі et al. (2010). Для ідентифікації гена *Tsn1* чутливості до токсину А збудника піренофорозу і септоріозу колоса застосовували маркер *fcp623* (Faris et al., 2010), а для гена *TDF_076_2D* помірної стійкості до збудників фузаріозу колоса – молекулярний маркер *INDEL1* (Diethelm et al., 2014). Асоціації між алелями генів стійкості, а також локусами запасних білків оцінювали за допомогою коефіцієнта ρ . Для 16 сортів (Аріївка, Вільшана, Говтва, Диканька, Зелений гай, Кармелюк, Левада, Лютенька, Оржиця нова, Полтавчанка, Радивонівка, Сагайдак, Самара-2, Санжара, Соната полтавська, Царичанка) урожаю 2018 і 2019 р. визначено вміст білку в зерні, вміст клейковини %, урожайність ц/га, ознаки продуктивності колоса (кількість зерен в колосі, маса зерна з колоса, маса колоса, кількість

колосків у колосі, маса тисячі зерен). Істотність різниці між середніми оцінювали за *t*-критерієм Стьюдента.

Алель стійкості *Lr34-R* ідентифіковано у 50% сортів ПДАУ та у 85% селекційних ліній. Ці відмінності у частотах є статистично істотними ($P < 0,05$). Сорти Оржиця, Сагайдак та лінія Д-44 є поліморфними за *Lr34*. За результатами оцінки сортів урожаю 2018 р. група сортів з *Lr34R* (Говтва, Оржиця нова, Радивонівка, Самара-2, Санжара, Диканька) статистично істотно перевищувала групу сортів з *Lr34S* (Аріївка, Вільшана, Зелений гай, Кармелюк, Полтавчанка, Соната полтавська, Царичанка) за середнім значенням вмісту білка в зерні, вмісту клейковини, маси зерна з колоса, маси колоса, кількості колосків у колосі та маси 1000 зерен, тоді як відмінності між цими групами в 2019 р. були статистично неістотними. Досліджувані групи сортів не відрізнялись за урожаєм з одиниці площі в обидва роки досліджень. При порівнянні середніх значень для двох років істотні відмінності між групами сортів з *Lr34R* і *Lr34S* зберігались для вмісту білка в зерні, кількості колосків у колосі та маси 1000 зерен з перевагою групи з алелем стійкості *Lr34R*.

Аналіз частот генотипів за двома локусами загальної вибірки сортів і селекційних ліній ПДАУ дозволив виявити статистично істотні асоціації алелів гена *Lr34* та певних алелів локусів запасних білків. Це сильна позитивна асоціація алеля чутливості *Lr34S* і алеля високомолекулярних субодиниць глютенінів *Glu-D1d*, що пов'язаний з вищим рівнем хлібопекарної якості, порівняно з *Glu-D1a* ($\phi = +0,48$, $P = 0,006$), сильна негативна асоціація алеля стійкості *Lr34R* і *Glu-D1d* ($\phi = -0,43$, $P = 0,020$) та помірна негативна асоціація *Lr34S* і гліадинового алеля *Gli-D1b* ($\phi = -0,37$, $P = 0,030$).

Отже, присутність алеля стійкості *Lr34R* може бути пов'язана з більшим проявом ознак продуктивності колоса та вмістом білку в зерні, але при певних умовах року. Виявлено не випадкові асоціації алеля стійкості *Lr34R* з алелем *Glu-D1a* та алеля чутливості *Lr34S* з *Glu-D1d* у групі сортів. Серед селекційних ліній, які потенційно є новим поколінням сортів, переважає поєднання *Lr34R* з *Glu-D1a*, що, очевидно, відображає зростання його адаптивного значення в даних ґрунтово-кліматичних умовах.

Kozub N.O.^{1,2}, Sozinov I.O.¹, Husenkova O.V.³, Tyshchenko V.M.³, Bidnyk H.Ya.^{1,2}, Demianova N.A.^{1,2}, Sozinova O.I.^{1,2}, Kyrychenko S.O.¹ Kucheriavyi I.I.¹, Blume Ya.B.²

¹ Institute of Plant Protection, NAAS, Ukraine, 03022, Kyiv, Vasylykivska str., 33, e-mail: natalkozub@gmail.com

² Institute of Food Biotechnology and Genomics, NAS of Ukraine, Ukraine, 04123, Kyiv, Osypovskogo str., 2a

³ Poltava State Agrarian University, Ukraine, 36003, Poltava, Skovorody Str., 1/3.

Associations involving the *Lr34* gene in the group of winter common wheat cultivars and lines developed in the Poltava state agrarian university

We studied possible associations of the *Lr34/Yr18/Pm38/Sr57/Bdv1* (*Lr34*) gene with other functional markers (storage protein alleles and some disease resistance genes) and quantitative traits in the group of winter common wheat cultivars and breeding lines developed at the Poltava State Agrarian University. The presence of the resistance allele *Lr34R* was associated with higher values of spike yield-related traits and grain protein content in certain year conditions.

We revealed nonrandom associations of the resistance allele *Lr34R* with the allele *Glu-D1a* and the susceptibility allele *Lr34S* with *Glu-D1d* in the group of cultivars. Among the breeding lines the former association predominates, which evidently suggests its adaptive value under current climate and soil conditions.

РАБОКОНЬ А.М.¹, БЛЮМ Р.Я.^{1,2}, САХАРОВА В.Г.¹, АФАНАСЬЄВА К.С.^{1,2}, ПІРКО Я.В.¹, БЛЮМ Я.Б.¹

¹Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України, вул. Байди-Вишневецького, 2а, м. Київ 04123; e-mail: rabokonnastya@gmail.com

²ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, просп. Академіка Глушкова, 2, м. Київ 02000; e-mail: blume.rostislav@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІМОРФІЗМУ ДОВЖИНИ ІНТРОНІВ ГЕНІВ γ -ТУБУЛІНУ ДЛЯ ДНК-БАРКОДИНГУ ПІДВИДІВ *Brassica rapa*

Родина Хрестоцвітих (Brassicaceae) включає велику кількість економічно важливих олійних культур, в тому числі і *Brassicarapa* (Warwick, 2011). Даний вид є зручним модельним об'єктом для молекулярно-генетичних досліджень олійних культур, чому сприяє наявність розшифрованого геному та значна кількість молекулярно-генетичних досліджень з аналізу асоціації генів з корисними ознаками *B. rapa* (Chengetal., 2016). Даний вид є високополіморфним та включає значну кількість генетично гетерогенних підвидів, котрі часто використовуються у селекції, зокрема для внутрішньовидової гібридизації (Rakhmetov and Rakhmetova, 2015). Однак, робота з такими гібридними лініями вимагає залучення надійних та точних молекулярних маркерів для ДНК-фінгерпринтингу (баркодингу) селекційного матеріалу та аналізу його походження.

Подібні методи часто базуються на вивченні міжгенотипової мінливості некодуючих послідовностей, зокрема на аналізі варіабельності довжини інтронів (ILP – intron length polymorphism). Ефективність використання таких маркерів для *B. rapa*, що базуються на оцінці поліморфізму довжини інтронів β -тубулінів, вже була показана нами раніше (Блюм та ін., 2020, Blume et al., 2023). Також раніше нами було запропоновано використання оцінки поліморфізму довжини більш консервативних інтронів генів γ -тубуліну (Пірко та ін., 2018) для ДНК-баркодингу квіткових рослин, які зазвичай мають 1-3 гена γ -тубуліну (Findeisen et al., 2014). Саме тому нами було досліджено зразки *B. rapa*, що належать до різних підвидів або мають гібридне походження за допомогою запропонованого способу генотипування.

Для проведення експериментів геномну ДНК екстрагували з насіння досліджуваних рослин за допомогою ЦТАБ-методу. Надалі проводили ПЛР-ампліфікацію з використанням вироджених праймерів до ділянки, що охоплює послідовності 1-го інтрону генів γ -тубуліну. Продукти ампліфікації розділяли за допомогою електрофорезу в неденатуруючому поліакриламідному гелі. Одночасно з цим було здійснено повногеномний пошук генів γ -тубуліну у референтному геномі *B. rapa* (Zhang et al., 2018).

За результатами проведеного повногеномного пошуку генів γ -тубуліну у геномі *B. rapa* було виявлено один функціональний ген *BraA.TUG1.a*. Даний ген локалізується на хромосомі A09 у геномному блоці, що відповідає блоку N предкового каріотипу Хрестоцвітих. Варто також зазначити, що цей ген локалізується у першому, найменш фракціонованому (LF), підгеномі *B. rapa*. Наряду з цим було підтверджено наявність псевдогена *BraA.TUG1p.b* у другому, помірно фракціонованому 1 (MF1), підгеномі у гомологічному регіоні блоку N на хромосомі A04. Відповідно, у третьому підгеномі, помірно фракціонованому 2 (MF2), не було виявлено жодного гена або псевдогена γ -тубуліну. Вважається, що підгеноми *B. rapa* виникли в результаті повногеномної триплікації в ході дивергенції даного виду. Пізніше, в ході перебудов каріотипу (та диплоїдизації геному) окремі регіони цих підгеномів були еліміновані, а також певні гени зазнали псевдогенізації, зокрема і гіпотетичний триплет генів γ -тубуліну.

Результати проведеного аналізу поліморфізму довжини 1-го інтрону генів γ -тубуліну у підвидів та внутрішньовидових гібридів *B. rapa* свідчать про наявність цільового фрагменту у діапазоні 100-200 п.н., який відповідає інтрону *BraA.TUG1.a* з LF підгеному. Довжина даного амплікону у різних генотипів не варіювала. У той же час ряд генотипів (переважно представники *subsp. oleifera*) виказували наявність додаткового амплікону, довжина якого варіювала, та який, імовірно, походить від ділянки 1-го інтрону *BraA.TUG1p.b*

з MF1 підгеному. Варто зазначити, що даний амплікон зустрічався у тих гібридних форм, для яких одним з батьківських генотипів була суріпиця. Відсутність даного амплікону у деяких зразків може свідчити про остаточну втрату даного псевдогена у окремих генотипів.

Таким чином, можна стверджувати, що оцінка поліморфізму довжини інтронів генів γ -тубуліну дозволяє достовірно підтвердити походження гібридних форм *B. rapa*, а також, у окремих випадках, диференціювати підвиди. Отримані результати також добре ілюструють процес повної втрати псевдогенів у різних підвидів в результаті їх дивергенції.

*Дослідження виконане в рамках науково-дослідного проекту ВЦП КНУ ім. Т. Шевченка при НАН України «Ідентифікація родини генів тубулінів *Brassica rapa* та характеристика їх геномної організації у різних підвидів» [№ Держреєстрації: 0122U002425] (2022-23 рр).*

Rabokon A.M.¹, Blume R.Y.^{1,2}, Sakharova V.H.¹, Afanasieva K.S.², Pirko Ya.V.¹, Blume Ya.B.¹

¹Institute of Food Biotechnology and Genomics of National Academy of Sciences of Ukraine, Baidy-Vyshnevetskoho str., 2a, Kyiv, 04123, Ukraine; e-mail: rabokonnastya@gmail.com;

² Institute of Biology and Medicine of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Akademika Hlushkova ave., 2, Kyiv, 02000, Ukraine; e-mail: blume.rostislav@gmail.com

Application of γ -tubulin intron length polymorphism for DNA-barcoding of *Brassica rapa* subspecies

A molecular genetic and bioinformatics study of γ -tubulin genes diversity in *Brassica rapa* subspecies and infraspecific hybrids was carried out. The novel method of γ -tubulin gene intron length polymorphism assessment was successfully applied, what allowed to detect parental subspecies of hybrid forms successfully. Based on the obtained DNA profiles, it was possible to differentiate particular subspecies of *B. rapa* also. Moreover, the loss of the pseudogenized γ -tubulin gene copy in the MF1 subgenome was demonstrated for different *B. rapa* genotypes.

ФЕДОРОВА В.Р., ФАЙТ В.І., БАЛАШОВА І.А.

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення, Україна, 65036, м. Одеса, Овідіопольська дорога, 3, faygen@ukr.net

АСОЦІАЦІЇ АЛЕЛЬНОГО ПОЛІМОРФІЗМУ ГЕНІВ *PPD-1* З МІНЛИВІСТЮ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗА АГРОНОМІЧНИМИ ОЗНАКАМИ

Відмінності за тривалістю освітлення (фотоперіодизм) є важливим фактором адаптації рослин м'якої озимої пшениці до умов вирощування у певних регіонах. Реакція на фотоперіод рослин м'якої пшениці в основному контролюється генами ортологічної серії *Ppd-1*: *Ppd-D1*, *Ppd-B1* і *Ppd-A1*, що локалізовані на коротких плечах хромосом 2 гомологічної групи. При цьому домінують алелі генів *Ppd-1* зумовлюють нечутливість, а рецесивні – навпаки, сильну чутливість до тривалості дня. На сьогодні по кожному з генів *Ppd-1* виявлена певна кількість чутливих (рецесивних) та нечутливих (домінантних) алелей, виникнення яких зумовлено різними мутаціями їхніх більш давніх форм. Ген *Ppd-D1* має, як мінімум, чотири різні алелі. Домінантна алель гена *Ppd-D1a* відрізняється від рецесивної алелі делецією розміром 2089 п.н. у промоторній ділянці гена. Генотипи з делецією в екзоні 7 були класифіковані як носії *Ppd-D1d*. Генотипи, що містять алель *Ppd-D1c*, відрізняються наявністю в інtronі 1 транспозону типу *Mariner*, а генотипи, які не характеризуються як *Ppd-D1a*, *Ppd-D1c* або *Ppd-D1d*, були позначені як *Ppd-D1b*. Наявність делеції у промоторі розміром 1085 п.н. є маркером присутності домінуючої алелі *Ppd-A1a.1* у генотипі сортів м'якої пшениці[8]. Однак дана алель є рідкісною, а у сортів м'якої пшениці переважає рецесивна алель гена *Ppd-A1*. У гена *Ppd-A1* ідентифіковано більш ніж 60 мутацій, поєднаних у гаплогрупи I та II. До таких мутацій відноситься делеція 303 п.н. у екзонах 5 і 6 та позначена нами як алель *Ppd-A1_del303*. Окрім рідкісного домінуючого алелю *Ppd-B1a.1*, що виник в результаті інсерції 308 п.н. у промоторі, відомо також значно більш поширені три домінуючі алелі гену *Ppd-B1*, які є наслідком *snv*-мутацій. Домінантні дво-, три- та чотирикopiesні форми гена *Ppd-B1*, позначені як *Ppd-B1d*, *Ppd-B1a*, *Ppd-B1c*, відповідно. Генотипи пшениці з однією копією алелі (*Ppd-B1b*) чутливі до фотоперіоду.

Водночас, практичне використання конкретних алелів генів *Ppd-1* стримується недостатніми знаннями про їх генетичні ефекти. Отримання знань щодо ефектів рецесивних та домінуючих алелів генів *Ppd* полегшить створення високоврожайних і стабільних сортів для кожної конкретної кліматичної зони, зменшить втрати врожаю зерна через екологічні навантаження.

Метою даної роботи є оцінка ефектів тих чи інших алелей кожного із генів *Ppd-1* за тривалістю періоду до колосіння та пов'язаними з нею агрономічними ознаками.

Як вихідний матеріал використовували 45 сортів озимої м'якої пшениці різного географічного походження, що раніше ідентифіковані за алелями трьох генів ортологічної серії *Ppd-1*. Сорти Алія, Диканька, Дорідна, Запашна, Майра, Орійка, Радиславка, Статна, Фермерка, Царичанка, Velta мають генотип *Ppd-D1a Ppd-B1b Ppd-A1b*; Гордовита, Золото України, Істина одеська, Коляда, Ладижинка, Маланка, Приваблива, Розкішна, Харківська 105 - *Ppd-D1a Ppd-B1b Ppd-A1_del303*; Сміла, Веснянка, Експромт, Полянка - *Ppd-D1a Ppd-B1c Ppd-A1_del303*, а також 21 сорт ідентифіковані за рецесивними алелями гену *Ppd-D1*. Зокрема сорти Кримка місцева, Миронівська золотOVERHA, Северная зоря, Юрьевка 676, Alinea, KWS Emil, Norman, Rendezvous є носіями алелю *Ppd-D1b*, Лютесценс 238, Одеська 16, Одеська 3, Ферругінеум 1239, Харківська 20, Харківська 4, Carpele-Desprez, KWS Ronin, Minturki, Manella - *Ppd-D1c* і Талісман, Samurai, Vakka - *Ppd-D1d*. У сортів Alinea, KWS Emil, Северная зоря, Carpele-Desprez, KWS Ronin, Vakka поряд з присутністю в генотипі різних рецесивних алелей гена *Ppd-D1*, ідентифіковано рецесивну алель *Ppd-A1_del303*. Отже, в загальній вибірці 24 сорти є носіями алелю *Ppd-D1a*, вісім - *Ppd-D1b*, 10 - *Ppd-D1c*, три - *Ppd-D1d*, 20 - *Ppd-B1b* та чотири *Ppd-B1c* і 11 - *Ppd-A1b* та 19 - *Ppd-A1_del303*.

Насіння досліджуваних сортів сіяли восени (30 вересня 2022 р.) на ділянках площею 3 м² по 500 зерен на 1 м². При цьому кожний сорт розглядався, як окрема повторність. Під час

вегетації у полі реєстрували дату колосіння при наявності на ділянці 75% рослин, що колосилися, яку трансформували (від дати 1 травня) в тривалість періоду до колосіння. Після збирання у 30 рослин кожного сорту оцінювали висоту рослин, кількість і масу зерен колоса, а також кількість продуктивних пагонів на одиницю площі і урожай зерна.

Порівняння 45 озимих сортів дозволяє стверджувати про широке генетичне різноманіття таких досліджуваної вибірки за вище наведеними ознаками. Різниця за тривалістю періоду до колосіння сортів, що рано та пізно колосилися, складала 13 діб (від 12 до 25 діб), а за висотою рослин між більш високо- та низько рослими сортами – 68 см. Кількість зерен колосу варіювала від 36 до 51 шт., а маса зерна колоса більш продуктивних сортів перевищувала таку у менш продуктивних на 1,32 г. Різниця між крайніми варіантами за ознакою “кількість продуктивних пагонів” складала від 412 до 920 шт./м². Урожай зерна більш продуктивних сортів сягав 0,858 кг/м² та перевищував такий у менш продуктивних на 0,669 кг/м².

Сорти носії чотирьох різних алелей гена *Ppd-D1* суттєво різнилися між собою за тривалістю періоду до колосіння, висотою рослин, масою зерна колоса, кількістю продуктивних пагонів на одиницю площі та урожаєм зерна. При цьому сорти носії домінантної алелі *Ppd-D1a* колосилися на 16,6 добу та сформували більший урожай (0,654 кг/м²), головним чином за рахунок суттєво більшої маси зерна колоса порівняно з іншими генотипами. Наявність в генотипі сорту будь-якого з рецесивних *Ppd-D1* алелей (*Ppd-D1b* або *Ppd-D1c* або *Ppd-D1d*) призводила до збільшення тривалості періоду до колосіння на 2,4 – 3,7 діб та зниження урожаю на 0,148 – 0,227 кг/м². Заразом, три генотипи носії різних рецесивних алелей гена *Ppd-D1* істотно не різнилися між собою за жодною з ознак.

Сорти носії домінантної алелі *Ppd-B1c* колосилися істотно раніше носіїв альтернативної алелі *Ppd-B1b* на 3,7 діб (13,5 та 17,2 діб, відповідно). Разом з тим, ці відмінності за часом колосіння не знайшли свого відображення при формуванні урожаю зерна або будь яких його компонентів.

Сорти носії альтернативних алелей гена *Ppd-A1*: *Ppd-A1b* або *Ppd-A1_del303* не різнилися істотно за тривалістю періоду до колосіння у загальній вибірці. Їхне колосіння відмічали на 17,0 і 17,3 добу, відповідно. Не виявлено відмінностей між ними і за іншими ознаками: висота рослин, кількість і маса зерен колоса, кількість продуктивних пагонів на одиницю площі, урожай зерна.

Отже, генетичні відмінності за фотоперіодичною чутливістю відіграють важливу роль у визначенні відмінностей пшениці м'якої за низкою ознак. Домінантна алель *Ppd-D1a* сприяє істотному прискоренню колосіння, суттєвому збільшенню маси зерна колосу та урожаю зерна. В той же час, відмінності за геном *Ppd-B1* не були асоційовані з жодною з ознак, окрім таких за часом колосіння. Різні рецесивні алелі генів *Ppd-D1* та *Ppd-A1* не мали достовірного впливу на тривалість періоду до колосіння та інші ознаки, що вивчали, при використанні в якості вихідного матеріалу сортів різного географічного походження.

Fedorova V.R., Fait V.I., Balashova I.A.

Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Ukraine, 65036, Odesa, Ovidiopol'ska road, 3, faygen@ukr.net

Associations of the allelic polymorphism of the *Ppd-1* gene with the variability of winter wheat according to agronomic characters

Genetic differences in photoperiod sensitivity play an important role in determining common wheat differences in a number of traits. The dominant allele *Ppd-D1a* contributes to a significant acceleration of earing, a significant increase in the weight of the ear and grain yield. At the same time, differences in the *Ppd-B1* gene were not associated with any of the traits, except those related to earing time. Different recessive alleles of *Ppd-D1* and *Ppd-A1* genes did not have a significant effect on the length of the period before earing and other traits studied, when varieties of different geographical origins were used as starting material.

**ЧЕБОТАР С.В.^{1,2}, КУЗЬМІНА О.В.¹, БАКУМА А.О.¹, ЧЕБОТАР Г.О.¹,
ЛАВРІНЕНКО Ю.О.³**

¹ Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, біологічний факультет, кафедра молекулярної біології, біохімії та генетики, Одеса, вул. Дворянська, 2, 65082, Україна,

² Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, Одеса, Овідіопольська дор. 3, 65036, Україна,

³ Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, Одеса 67806, смт Хлібодарське, Україна

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

АНАЛІЗ ПОСУХОСТІЙКОСТІ ХЕРСОНСЬКИХ СОРТІВ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ НА ЮВЕНІЛЬНІЙ СТАДІЇ РОЗВИТКУ В УМОВАХ ІНДУКОВАНОГО ОСМОТИЧНОГО СТРЕСУ

Дослідження стійкості рослин до посухи в Україні є актуальним завданням.

Гени, які кодують фактори транскрипції *Dreb1* і *Dreb2* є ключовими у сигнальній мережі регулювання стійкості рослин до різних стресових факторів, таких як посуха, мороз та засолення. Транскрипційні фактори *Dreb* активують набір генів, які відповідають на осмотичний та температурний стрес й допомагають рослинам зберігати водний баланс.

Мета нашого дослідження – визначити толерантність до посухи у сортів пшениці м'якої селекції ІЗЗ НААН на ювенільній стадії розвитку в умовах індукованого осмотичного стресу й з'ясувати асоціацію зазначеної ознаки з генетичним поліморфізмом за *Dreb*-генами.

Матеріалом дослідження були 12 сортів м'якої пшениці ІЗЗ НААН інтенсивного типу створених для універсального використання на зрошуваних і неполивних землях: Анатолія, Благо, Бургунка, Конка, Кохана, Кошова, Леда, Марія, Овідій, Росинка, Соборна, Херсонська безоста.

Для оцінки толерантності сортів до посухи вимірювали довжину кореня, колеоптиля та пагона при вирощуванні паростків в умовах змодельованого осмотичного стресу з використанням 12% PEG 6000 та в контрольних умовах в період 2022-2023 років. Індекс толерантності розраховували як відношення значень вимірюваної ознаки в умовах стресу до значень, що спостерігали в контрольних умовах. Статистичні розрахунки виконували в програмі Statistica 8. Отримані дані співвідносили з даними молекулярно-генетичного аналізу генів родини *DREB*, який був виконаний раніше (Chebotar et al., 2022).

В результаті впливу на рослини пшениці осмотичного стресу, змодельованого використанням 12% PEG 6000, довжина коренів зменшилася більш ніж у 2 рази для більшості сортів, а пагонів в середньому в 5,6 разів. Сорт Конка виявився найбільш стійким до штучної посухи та характеризувався найвищими індексами толерантності.

Дані молекулярно-генетичного аналізу *Dreb*-генів свідчили про наявність алелів *Dreb1-A* та *Dreb1-D* генів, що відповідають за стресостійкість, у геномі досліджених сортів. В сортах Марія, Бургунка, Росинка і Анатолія була виявлена внутрішньо сортова гетерогенність за геном *Dreb1-B*, тобто спостерігали наявність або відсутність фрагменту ампліфікації розміром 717 п.н. у окремих рослин сорту.

В той же час ми не детектували достовірних відмінностей за дослідженими ознаками у паростків сортів вирощених в однакових умовах – при постійному вологозабезпеченні або при дії змодельованої посухи, і це не дало змоги диференціювати сорти на посухостійкі й не посухостійкі та визначити вплив генів *Dreb* на посухостійкість в змодельованих умовах.

Однак, вважаємо, що експеримент зі штучно-індукованою посухою може сприяти кращому розумінню генетичних і фізіологічних механізмів, що лежать в основі реакції пшениці на стрес, викликаний нестачею вологи, і, за наявності контрастних за посухостійкістю сортів в експерименті, можливо відібрати тестерні сорти – посухостійкі й непосухостійкі, які в подальшому застосовувати в порівняльних дослідженнях з іншими сортами як референсні сорти. Тому для наступного етапу досліджень в експеримент будуть

залучені саме контрастні за посухостійкістю генотипи, охарактеризовані за багатьма молекулярними маркерами, що асоціюються з проявом толерантності до посухи.

Chebotar S.V.^{1,2}, Kuzmina O.V.¹, Bakuma A.O.¹, Chebotar G.O.¹, Lavrynenko Yu.O.³

¹Odesa I. I. Mechnykov National University, Faculty of Biology, Department of Molecular Biology, Biochemistry and Genetics, Odesa, Dvoryanska Street, 2, 65082, Ukraine,

²Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Ovidiopolska road, 3, Odesa, 65036, Ukraine

³Institute of Climate-Oriented Agriculture, Odesa 67806, Hlibodars'k, Ukraine

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

Analysis of drought tolerance of Kherson bread wheat varieties at the juvenile stage of development in conditions of induced osmotic stress

Our study aimed to analyze drought tolerance (DT) at the juvenile stage of bread wheat varieties that have been developed in Institute of Irrigated Agriculture of NAAS and to reveal association between (DT) and genetics polymorphisms at *Dreb*-genes. The results of the molecular genetic analysis showed no variability for *Dreb1* genes from subgenome A and subgenome D. However, intravarietal heterogeneity was detected for *Dreb-B1* for Maria, Burgunka, Rosinka, and Anatolia varieties. An artificial stress test with 12% PEG 6000 showed a significant decrease in growth parameters in both shoot and root, but no statistically significant differences between varieties at the same growing conditions. The study with artificially induced drought can contribute to a better understanding of the genetic and physiological mechanisms underlying wheat response to drought stress, and, in the presence of varieties contrasting in terms of drought resistance in the experiment, it is possible to select test varieties – drought-resistant and non-drought-resistant, which will later be used in comparative studies as reference. Therefore, for the next stage of our research, genotypes contrasting in terms of drought resistance, characterized by many molecular markers associated with the manifestation of drought tolerance, will be involved in the experiment.

ШАРУК Ю.А.¹, ЧЕБОТАР С.В.^{1,2}

¹Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, біологічний факультет, кафедра молекулярної біології, біохімії та генетики, Одеса, вул. Дворянська, 2, 65082, Україна,

²Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення
e-mail: s.v.chebotar@onu.edu.ua

БІОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ DREB ГЕНІВ ПОСУХОСТІЙКОСТІ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ *TRITICUM AESTIVUM* L.

DREB (dehydration-responsive element-binding protein) — це тип специфічного для рослин транскрипційного фактора (ТФ), який може зв'язуватися з елементом DRE/CRT з основною послідовністю 5-CCGAC-3 у промоторах генів-мішеней у відповідь на абіотичні стреси, такі як посуха та низька температура. Належать до суперродини AP2/ERF, що куде білки, які містять амінокислоти валін (V) у положенні 14 та глутамінову кислоту (E) у положенні 19 відповідно в межах консервативного домену AP2, і також відповідають за специфічність зв'язування з ДНК.

Метою роботи було визначення нуклеотидних послідовностей генів *DREB* з геному *Triticum aestivum* L., що представлені в базі даних Phytozome, та аналіз їх екзон-інтронної структури і філогенетичних відносин.

В базі даних Phytozome було ідентифіковано 651 ген, 527 з яких кодують білки, що характеризуються наявністю лише одного домену AP2, а отже є ймовірними членами родини DREB-ТФ. Після вирівнювання амінокислотних послідовностей за допомогою програмного забезпечення DNAMAN виявлено, що лише 78 генів з аналізованих 527 кодують білки, що зберегли консервативні валін (V) та глутамінову кислоту (E) у 14-тій та 19-тій позиціях відповідно, тому можуть належати до родини транскрипційних факторів DREB. Інші амінокислотні послідовності були віднесені до підродин RAV, ERF та AP2 на основі отриманих даних про кількість та тип доменів.

За амінокислотними послідовностями білків аналізували філогенетичні зв'язки між *DREB* генами модельного об'єкту *Arabidopsis thaliana* і 78 *DREB* послідовностями *Triticum aestivum* L., які були класифіковані на п'ять груп (A1-A5), найбільш чисельною з яких виявилась четверта. Представників групи A-6 виявлено не було.

З метою аналізу структури кожного з ідентифікованих генів *TaDREB*, а саме наявності та кількості інтронів, положення екзонів, було виконано порівняння повнорозмірних послідовностей кДНК з відповідними послідовностями геномної ДНК. За результатами виконаного аналізу показано, що дев'яносто відсотків (70/78) послідовностей не мали у своїй структурі інтронів. Три представники родини *TaDREB* мали по одному інтрону (ідентифікатор генів в Phytozome TraesCS1B03G0846400, TraesCS3A03G0218100 та TraesCS6B03G0784500). Одна з проаналізованих послідовностей характеризувалась наявністю двох інтронів (ідентифікатор гена в Phytozome TraesCS1A03G0580100), і, нарешті, дві останніх мали три інтрони (ідентифікатори в Phytozome TraesCS1B03G0672800 та TraesCS1D03G0554000). У структурі решти генів було виявлено більше 3 інтронів (ідентифікатори генів в Phytozome TraesCS3B03G0262600 та TraesCS3D03G0199200). Цікаво, що гени, які мають у своїй структурі інтрони, в основному належали до групи A-2.

Таким чином, було ідентифіковано 78 послідовностей ймовірних представників транскрипційних факторів DREB, які відіграють важливу роль в посухостійкості м'якої пшениці *Triticum aestivum* L. Найбільш чисельною групою, виділеною за допомогою аналізу філогенетичних зв'язків, виявилась A-4 (44 послідовності). 7 з 14 послідовностей групи A-2 характеризувалися наявністю інтронів (такої тенденції не було виявлено в інших групах), решта 70 (а це 90 % від загальної кількості) такої особливості не мала. Членів A-6 ідентифіковано не було.

Sharuk J.A.¹, Chebotar S.V.^{1,2}

¹Odesa I. I. Mechnykov National University, Faculty of Biology, Department of Molecular Biology, Biochemistry and Genetics, Odesa, Dvoryanska Street, 2, 65082, Ukraine,

²Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Ovidiopolska road, 3, Odesa, 65036, Ukraine

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

Bioinformative analysis of Dreb genes for drought resistance in common wheat *Triticum aestivum* L.

78 DREB genes of drought resistance of common wheat *Triticum aestivum* L. were identified, which encode proteins that, on the basis of phylogenetic relationships with TFs of the model object *Arabidopsis thaliana*, were divided into five groups. Comparison of genomic and coding (CDS) sequences showed that 90% of DREB genes lack introns.

**SATAROVA T.M.¹, SEMENOVA V.V.², DENYSIUK K.V.², CHERCHEL V.Y.²,
DZIUBETSKYI B.V.²**

¹Institute of Experimental Botany of the Czech Academy of Sciences, v.v.i. Rozvojová 263, 165 02 Prague 6 - Lysolaje, Czech Republic, e-mail: satarova2008@ukr.net

²State Enterprise Institute of Grain Crops of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Volodymyr Vernadskyi str., 14, Dnipro, Ukraine, kvderkach@gmail.com, vlad_cherch@ukr.net

SINGLE NUCLEOTIDE POLYMORPHISM OF MAIZE IODENT/BSSS BREEDING GROUP

Marker-assisted and genomic selection is a promising direction for optimization of the general selection process in the creation of new varieties, lines and hybrids of agricultural crops, which significantly accelerates and qualitatively improves selecting valuable forms not by phenotype, but also by plant genotype. The achievements of marker-assisted selection are based on the results of research into the fundamental foundations of molecular-biological processes that ensure the inheritance and phenotypic manifestation of valuable economic traits. An important stage of the selection process is the characterization of new inbreds purposefully created by hybridization of representatives of certain maize germplasms.

The aim of the investigation was to characterize the single nucleotide polymorphism (SNP) of modern maize (*Zea mays* L.) breeding group Iodent/BSSS created by the hybridization of the germplasms Iodent and BSSS. In the Iodent/BSSS breeding group 40 inbreds selected in the conditions of the steppe zone of Ukraine were studied. BDI-III panel with 384 SNP markers on the basis of Eurofins BioDiagnostics (USA) under the financial and organizational support of SPFE “Company “Mais”” (Ukraine) was used in the study.

Average homozygosity of the Iodent/BSSS lines was on the level of 97.60%, average genetic diversity – 0.1745 fraction of a unit, frequency of monomorphic markers – 3.27%. Under the comparison with the Iodent germplasm as an originator the frequency of major allele in the Iodent/BSSS breeding group for 14 top SNP markers varied from 0.15 up to 0.79 with the average value at the level of 0.60.

As a result of Iodent and BSSS hybridization and subsequent selection, SNP distances within the Iodent/BSSS group were greater than those of the two initial germplasms, reaching a maximum of 0.5516 and indicating considerable genetic removal. The Iodent/BSSS breeding group seems to be very heterogeneous and closer to the Iodent based on SNP markers. This situation can be explained by the fact that the evolution of the Iodent/BSSS group occurred simultaneously with selection for a shorter duration of the growing season and increased both yield and stress tolerance, which were inherent to Iodent in the steppe zone.

It was demonstrated that a lot of Iodent/BSSS genotypes showed affinity for Iodent, but some were genetically closer to BSSS. Hence, it is important to use pairwise SNP distances within this group and with Iodent and BSSS lines to determine the specific heterotic potential of each Iodent/BSSS line. For example, the initial populations for the next cycle of sister line development can be held at the crossing of DK6869SVZM-Iodent/BSSS with DK6469SVZM-Iodent/BSSS, DK7440-Iodent/BSSS with DK7436SVZM-Iodent or DKS41-Iodent/BSSS with MSST146-BSSS. Introduced comparisons are important in the selection of parental lines for high-heterosis hybrids. The average SNP distances between the Iodent and BSSS lines examined were much greater than 0.3500, indicating a significant number of nucleotide substitutions. The mean and maximum GD values between the lines in the Iodent – BSSS comparison confirm the significant heterotic potential of the Iodent × BSSS model based on lines having been selected in the steppe zone. The largest SNP distance between DK4464SVZM-Iodent and MSST67-BSSS (0.5911), allows the prediction of the most highly heterotic combinations according to a given heterotic model. The SNP distances between DK5401-Iodent and VIK71-Iodent/BSSS (0.5990) and DK7270-BSSS and VIK71-Iodent/BSSS (0.6146) also imply a large heterotic ability. Such pair of genotypes can be recommended as parental components of highly heterotic F₁ crosses.

ZADOROZHNA O. A.¹, ABRIL SOSA-LOREZ E.²

¹Plant Production Institute named after V. Ya. Yuriev of NAAS

²University of Cologne

ACTIVATION OF GENE PROMOTERS DURING MYCORRHIZAL COLONIZATION UNDER PHOSPHATE STARVATION CONDITIONS

Phosphate homeostasis maintenance is very important for crop yield capacity. Phosphorus is often a deficient element in plants. There are different phosphorus uptake pathways: direct via root epidermis and indirect via the arbuscular mycorrhizal (AM) fungal pathway symbiosis. The two pathways of P uptake in an AM root involve different regions of the root, different cell types, and different Pi transporters.

Physiological and molecular research has revealed clearly that the AM pathway plays a major role in P uptake, regardless of the extent to which an AM plant benefits in terms of increased growth or P uptake. At the same time, plants provide all the organic carbon (C) requirements of the fungi, so that AM symbioses are mutualistic, based on an exchange of plant C for soil P and other nutrients including nitrogen.

The molecular mechanisms of interactions between plants and AM fungi have mainly been investigated using model legumes, that is *Medicago truncatula* and *Lotus japonicus*. There are numerous genes involved in metabolism pathways that are regulated by complex photosynthetic signaling networks. The molecular basis of early steps in the interaction includes. Recognition between symbiotic partners and the establishment of a functional AM symbiosis involve the exchange of many signals, and the molecular basis of early stages of the interaction includes genes, that are shared with the legume *Rhizobium* symbiosis. The functional conservation of the symbiotic toolkit suggests that the research done with model plants can be transferred to important crop plants such as wheat.

Possible signaling events in AM roots based on studies of phosphate starvation in non-mycorrhizal plants and miR399 expression in AM medic. In NM plants, low P increases the activity of the transcription factor PHR1, which binds to the P1BS element in promoters of several phosphate starvation-induced genes and increases their expression (Smith, 2011). Now is known that receptor-like kinases play important roles in transmembrane signaling. show 27 out of 40 AM-induced kinases (AMKs) are transcriptionally upregulated by key AM transcription factors in *Lotus japonicus*. Nine AMKs are only conserved in AM-host lineages. Expression of some kinases coded by special genes *KIN* is directly regulated by the transcription factors. Such genes for example *KIN2* are present in species capable of harbouring AM fungi and are absent in the AM nonhost lineages in angiosperms (Leng, 2023). The transcription factors role in the kinase activation is not yet well investigated.

Our work aims to determine how mycorrhiza colonization impacts the promoter activity of the cytoplasmic kinase *KIN2* of the model plant *L. japonicus*. We used promoter *GUS* fusion to analyse the expression pattern of *KIN2* in mycorrhiza colonisation. The results confirmed our hypothesis that under plant mycorrhiza colonisations *KIN2* promoter is active in cortical cells containing arbuscules and hyphae. Whereas in non-mycorrhizal plants we did not observe promoter activity. Together, our results suggest that *L. japonicus KIN2* is a cytoplasmic kinase activated by CYCLOPS during mycorrhiza colonization.

This is important in particular for the facilitation of plant phosphorus uptake and understanding of mycorrhiza's role in the activation of gene promoters during mycorrhizal colonization under phosphate starvation conditions.

СЕКЦІЯ 2

Біотехнологія рослин

Plant Biotechnology

ДУБРОВНА О.В., ПРЯДКІНА Г.О., МИХАЛЬСЬКА С.І., КОМІСАРЕНКО А.Г.

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України,
вул. Васильківська 31/17, Київ, 03022, Україна
e-mail: dubrovny@ukr.net

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РНК-ІНТЕРФЕРЕНЦІЇ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ПОСУХОСТІЙКОСТІ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ

Пшениця є стратегічною зерновою сільськогосподарською культурою в світі та відіграє провідну роль у харчовому забезпеченні людства. Незважаючи на загалом зростаючу тенденцію її виробництва, кліматичні зміни, що призводять до значних температурних перепадів, непередбачуваних опадів або посух та появи нових рас патогенів і шкідників, значно позначаються на її врожайності. Для упередження негативного впливу змін кліматичних умов на продуктивність цієї культури необхідна розробка інноваційних технологій для покращення стійкості пшениці до екологічних стресів. РНК-інтерференція (РНКі) являє собою новий потенційний інструмент для селекції пшениці шляхом впровадження невеликих некодуєчих послідовностей РНК із можливістю глушіння експресії генів специфічним для послідовності способом. Індукція в рослинах пшениці РНКі за допомогою трансгенезу, яка включає специфічну для послідовності генну регуляцію за допомогою малих некодуєчих РНК, стала одним із найпотужніших підходів до поліпшення даної культури, її розвитку та захисту від різних патогенів і шкідників шляхом маніпулювання експресією цільових генів. Здатність до зниження експресії певного гена забезпечує можливість набуття нової ознаки шляхом елімінації або накопичення певних ознак рослин, що призводить до біохімічних або фенотипових змін, які не притаманні вихідним рослинам. Роль технології РНКі у поліпшенні пшениці було показано при покращенні якості зерна шляхом його збагачення незамінними амінокислотами, антиоксидантами та іншими поживними речовинами, корисними для здоров'я людини, або шляхом зменшення кількості алергенів чи антинутриєнтів, підвищення толерантності рослин до різних біотичних (віруси, бактерії, гриби, нематоди, комахи) та абіотичних стресів (посуха, засолення, екстремальні температури тощо).

Основним абіотичним фактором стресу, що обмежує ріст і врожайність пшениці, є посуха. Усі метаболічні та фізіологічні зміни, пов'язані з посухою, базуються на регуляції експресії генів на рівні транскрипції або трансляції, тому регуляція на основі РНКі відіграє важливу роль у відповідь на посуху. Останнім часом для генетичного поліпшення пшениці залучаються біотехнології, пов'язані із використанням генів, що контролюють метаболізм «сумісних» осмотично активних речовин – органічних молекул, здатних в значних концентраціях накопичуватися в клітинах рослин за умов стресу, і не чинити токсичної дії на процеси їх росту і диференціації. Вільний пролін є одним із найбільш багатофункціональних стресових метаболітів у рослин. Оскільки більшість несприятливих впливів призводять до осмотичного дисбалансу та генерації вільних радикалів, вміст проліну є одним з чинників, які визначають неспецифічну стійкість пшениці до дії посухи. Ген проліндегідрогенази (*ProDH*), пов'язаний з катаболізмом проліну, має практичне значення, оскільки часткове пригнічення його експресії може приводити до підвищення вмісту проліну і, як наслідок, рівня толерантності рослин пшениці до абіотичних стресів. Встановлено, що перспективним для часткової супресії гена *ProDH* є використання векторних конструкцій в яких дволанцюговий РНК-супресор розташований як обернений повтор. Припускається, що така конструкція за рахунок РНК-інтерференції є більш ефективною для збільшення рівня L-проліну.

Метою нашої роботи було отримання генетично-модифікованих рослин нових перспективних генотипів озимої пшениці з частковою супресією гена проліндегідрогенази та дослідження їх толерантності до дії ґрунтової посухи. Матеріалом досліджень були рослини нових перспективних генотипів (Ук 065; Ук095/17; Ук 209h; Ук 322/17), створені в Інституті фізіології рослин і генетики НАН України та трансгенні лінії, отримані на їх основі.

Трансгенні генотипи отримували методом *Agrobacterium*-опосередкованої трансформації *in planta*, яку здійснювали в процесі запилення. Рослини трансформували бінарним вектором pBi2E, що включає інвертований повтор, який складається із фрагментів двох копій першого екзону та інтрону гена проліндегідрогенази *A. thaliana*, а також селективний ген неоміцинфосфотрансферази II (*nptII*) *E. coli*. З отриманих трансгенних рослин T₁ шляхом самозапилення одержано рослини насінневого покоління T₃. Інтеграцію елементів векторної конструкції встановлювали ПЛР-методом за наявності фрагментів екзона та інтрона гена *ProDH1* арабідопсису та селективного гена неоміцинфосфотрансферази – *nptII*.

Проаналізовано фізіолого-біохімічні показники та елементи структури урожайності 4 вихідних генотипів та їх трансгенних ліній T₃ зі зниженою активністю гена проліндегідрогенази за дії 7-добової посухи в період кінець виходу у трубку – початок колосіння. Проведені дослідження трансгенних рослин різних генотипів засвідчили зростання у них рівня вільного проліну в 2,3-3,0 рази порівняно з нетрансформованими формами та їх підвищену толерантність до ґрунтової посухи. При цьому вміст проліну у трансгенних ліній був вищим, ніж у нетрансформованих рослин вихідних генотипів як за умов посухи, так і достатнього вологозабезпечення. Позитивний вплив накопичення вільного проліну на стійкість трансгенних рослин до дефіциту вологи у ґрунті може бути пов'язаним з впливом L-проліну на експресію інших генів стресової відповіді рослин, або з позитивним впливом підвищеного вмісту цієї амінокислоти на стійкість на ранніх етапах розвитку стресу. Встановлено, що за дії 7-ми добової посухи у критичний період розвитку пшениці вміст сумарного хлорофілу у прапорцевих листках трансгенних ліній зі зниженою активністю гена *ProDH* був істотно вищим (на 10-17%), а співвідношення вмісту каротиноїдів до хлорофілу нижчим, ніж у рослин вихідних генотипів, що може свідчити про послаблення негативного впливу ґрунтової посухи на рослини трансгенних ліній. Нижчі значення співвідношення вмісту каротиноїдів до хлорофілу можуть свідчити, що за стресових умов у трансгенних ліній зберігалася вища фотосинтетична активність. Можна припустити наявність взаємозв'язку між вмістом вільного проліну та хлорофілу. Це, по-перше, пов'язано з тим, що накопичення проліну в листках толерантних генотипів в умовах стресу є однією з адаптивних реакцій посухостійкості. Його акумуляція знижує утворення вільних радикалів і пов'язана з переокисленням ліпідів. А, по-друге, підвищений вміст проліну може приводити до послаблення негативного впливу водного дефіциту на функціональні і структурні зміни хлоропластів та підтримувати функціональну активність фотосинтетичного апарату. За дефіциту ґрунтової вологи генетично змінені лінії пшениці за показниками структури зернової продуктивності рослин достовірно перевищували відповідні значення у нетрансформованих генотипів. При цьому відмічена генотипова різниця за зерновою продуктивністю у біотехнологічних рослин.

Таким чином, отримані нами результати підтверджують перспективність використання технології РНК-інтерференції, заснованої на створенні генетично-модифікованих рослин та участі коротких інтерферуючих РНК, для підвищення толерантності озимої пшениці до водного дефіциту.

Dubrovna O.V., Priadkina G.O., Mykhalska S.I., Komisarenko A.G.

Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
31/17 Vasylkivska str., Kyiv, 03022, Ukraine
e-mail: dubrovny@ukr.net

Using of RNA interference technology for improving the drought resistance of common wheat

A comprehensive analysis of physiological and biochemical characteristics and grain productivity traits of transgenic common wheat plants with partial suppression of the proline dehydrogenase gene showed an increase in the level of free proline in them by 2.3-3.0 times compared to untransformed forms and their increased tolerance to soil drought. This testifies to the effectiveness of using RNA interference technology to create biotechnological wheat plants with an increased level of tolerance to water deficit.

**ЗАМБРІБОРЩ І.С., ШЕСТОПАЛ О.Л., ФАНІН Я.С., ЛИТВИНЕНКО М.А.,
ЧЕКАЛОВА М.С., АФІНОГЕНОВ О.А.**

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення,
Овідіопольська дорога, 3, Одеса, 65036, Україна

e-mail: izambriborsh@gmail.com

ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ ПОПЕРЕДНЬОЇ ХОЛОДОВОЇ ОБРОБКИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АНДРОГЕНЕЗУ *IN VITRO* ГЕНОТИПІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ З ВИСОКИМ ВМІСТОМ БІЛКА

У зернових культурах використання технології подвійного гаплоїду (DH) дозволяє створювати генетично гомозиготні чисті лінії з гетерозиготного селекційного матеріалу в одному поколінні (Yan et al., 2017). Удосконалення та впровадження технології зробили її швидкою альтернативою звичайним методам розведення, і вона стала необхідним інструментом для досягнення однорідності в різних дослідженнях і програмах. Вивчення та покращення якості зерна пшениці (*Triticum aestivum* L.), яка є основною продовольчою культурою в Україні та у світі, є одним із головних завдань селекціонерів. Провідна роль у визначенні якості зерна належить білкам. Вміст білка в зерні пшениці є досить складною кількісною ознакою з чітко виявленою негативною залежністю від рівня врожаю зерна, яка залежить від середовища та умов вирощування, контролюється комплексом генів із адитивними й неадитивними ефектами. Матеріалом дослідження були мікроспори у пиляках 20 генотипів м'якої озимої пшениці із підвищеним вмістом білка, надані відділом селекції пшениці. В основі процесу андрогенезу, який відбувається в умовах культивування пиляків *in vitro*, лежить феномен формування гаплоїдних рослин-регенерантів із морфогенних мікроспор, які розвиваються по спорофітній програмі. Важливими питаннями сьогодні залишаються підвищення індукції спорофітного морфогенезу в культурі пиляків, можливість цілеспрямованого контролю і регуляції процесів формування новоутворень та їх регенерації. Індукція переключення мікроспор з гаметофітного шляху розвитку на спорофітний вимагає певних умов, які звичайно складаються із застосування до донорного рослинного матеріалу різних стресових чинників. Так, необхідним етапом культури пиляків пшениці багатьма авторами вважається попередня обробка донорного матеріалу холодом у поєднанні з різними фізіологічно активними речовинами, яка сприяє збільшенню кількості мікроспор, що розвиваються за спорофітним шляхом.

З метою вивчення впливу тривалості попередньої холодової обробки на процеси формування новоутворень та регенерацію рослин в культурі пиляків озимої м'якої пшениці із підвищеним вмістом білка, в культуру *in vitro* введено 53567 ізольованих пиляків пшениці м'якої. Висадка пиляків на живильне середовище 190-2 проводилась у три етапи: на 3-4 добу, 9-10 добу та 13-14 добу попередньої обробки.

Показано, що усі генотипи виявили чутливість до першого етапу андрогенезу (новоутворення - калюс та ембріоподібні структури). Процент новоутворень від кількості висаджених пиляків коливався у межах від 0,38% до 21,25%, в середньому $4,41 \pm 0,12$. Виявлено, що тривалість перед обробки достовірно впливає на формування новоутворень. Найвищий показник був при мінімальній тривалості – $5,70 \pm 0,36$ %, при 9-10 добовій обробці – $4,89 \pm 0,16$ % та майже у двічі менший був відсоток новоутворень за двотижневої обробки – $2,43 \pm 0,18$. Негативний вплив тривалої обробки ще більше виявився за регенерації зелених рослин. Так, за два перші строки (від 3 до 10 діб) відсоток зелених регенерантів не розрізнявся в середньому 0,53 та 0,54 відповідно, проте, за тривалої обробки – 0,15%! В результаті дослідження отримано 134 зелених рослини-регенеранти. На відсоток альбіно регенерантів тривалість обробки суттєво не впливає.

Таким чином, для отримання оптимальної кількості зелених рослин регенерантів (в подальшому DH) в культурі пиляків пшениці м'якої рекомендується проводити експлантацію пиляків на живильне середовище не пізніше десятої доби попередньої холодової обробки.

Zambriborshch I.S., Shestopal O.L., Fanin Y.S., Lytvynenko M.A., Chekalova M.S., Afinogenov O.A.

Plant Breeding&Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation,
Ovidiopolskaya road, 3, Odessa, 65036, Ukraine,
e-mail: izambriborsh@gmail.com

**The influence of the duration of preliminary cold treatment on the efficiency of androgenesis
in vitro of high-protein soft winter wheat genotypes**

The duration of pre-treatment has a significant effect on the formation of calluses were found. The highest rate was at the minimum duration – $5.70 \pm 0.36\%$, at 9-10 day treatment – $4.89 \pm 0.16\%$, and the percentage of neoplasms during two-week treatment was almost twice as low – 2.43 ± 0.18 . The negative effect of long-term processing was even more evident during the regeneration of green plants. So, for the first two terms (from 3 to 10 days), the percentage of green regenerants did not differ on average, 0.53 and 0.54, respectively, however, with long-term processing - 0.15%! As a result of the experiment, 134 green regenerative plants were obtained. The percentage of albino regenerants is not significantly affected by the duration of treatment.

МИХАЛЬСЬКА С.І., КОМІСАРЕНКО А.Г., МИХАЛЬСЬКИЙ Л.О., ДУБРОВНА О.В.

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України,

вул. Васильківська, 31/17, м. Київ, 03022, Україна

e-mail: mykhalskasvitlana@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ БІОХІМІЧНИХ ЗМІН У ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ РОСЛИН М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ ЗА ДІЇ ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ

У зв'язку із глобальними змінами клімату підвищення рівня стійкості рослин до негативного впливу стресових чинників стає особливо актуальним. У природних умовах рослини часто піддаються дії посухи та тепловим стресам, які значно знижують їхню врожайність. На сьогодні, поліпшення рослин за ознаками стійкості до водного дефіциту є одним із головних завдань селекції. Серед культурних рослин значну увагу дослідників привертає пшениця (*Triticum aestivum* L.), яка є однією з найважливіших продовольчих культур у світі. Потужним інструментом в її селекції є сучасні методи генетичної інженерії, які дозволяють передавати один або декілька генів, що кодуєть біохімічні шляхи або кінцеві точки сигнальних шляхів від одного виду до іншого. Це суттєво збільшує різноманітність ознак та прискорює процес отримання рослин із заданими властивостями.

Оскільки дія абіотичних стресів призводять до осмотичного дисбалансу і генерації вільних радикалів, одним із важливих чинників, що визначають неспецифічну стійкість у рослин, у тому числі і пшениці, є вміст «сумісних» осмотично активних речовин – органічних молекул, здатних в значних концентраціях накопичуватися в клітинах рослин за умов стресу, і не чинити токсичної дії на процеси їх росту і диференціації. До таких речовин відносяться вільний пролін, який крім добре відомої функції інертного сумісного осмоліту, за дії стресорів виконує цілу низку інших взаємопов'язаних функцій: мембранопротекторну, шаперонну, антиоксидантну, бере участь у регуляції експресії деяких генів, а також є джерелом енергії, підтримує вміст азоту та вуглецю. Загалом, синтез вторинних метаболітів сприяє посиленню захисних реакцій рослин пшениці, які супроводжуються модуляціями їхнього метаболізму. Нещодавно було показано, що рівень сахарози є вирішальним у відповіді пшениці на посуху. Це свідчить про те, що механізм відповіді на водний дефіцит може включати і регуляцію сахарозосинтази. У зв'язку з цим, метою нашої роботи було дослідити зміни біохімічних характеристик у генетично модифікованих рослин пшениці з РНК-супресором гена проліндегідрогенази (*ProDH*) за умов водного дефіциту порівняно з вихідними генотипами.

Матеріалом досліджень були генотипи озимої пшениці УК 106/19, УК 171/19h, УК 95/17 та трансгенні лінії насінневого покоління T2, створені на їх основі, з інтегрованим дволанцюговим РНК-супресором гена *ProDH*, який складається із фрагментів двох копій першого екзону та інтрону гена проліндегідрогенази *A. thaliana*. Досліджувані рослини в період виходу в трубку піддавали дії осмотичного стресу, шляхом зниження вологоємності ґрунту протягом 10 діб на рівні 30 %. Після чого полив відновлювали.

Порівняльний аналіз морфометричних показників, який проводили у фазу повної стиглості показав, що після перенесення осмотичного стресу, генетично модифіковані рослини мали перевагу над вихідними форми за висотою в середньому на 6-8 см, та довжиною головного колоса на 0,5-0,8 см, що свідчить про їх підвищену посухостійкість та є важливим фактором при формуванні врожаю за умов водного дефіциту.

У результаті досліджень встановлено, що у трансгенних рослин пшениці активність проліндегідрогенази за нормальних умов поливу була нижчою в 1,4–1,6 рази порівняно з контрольними рослинами. За дії посухи активність ферменту і у рослин вихідних генотипів, і у генетично змінених ліній знижувалася порівняно з фізіологічними умовами. Так, у рослин вихідних генотипів вона падала на 12–22%, а у трансгенних ліній – на 20,0–33,3%. Тобто трансгенні лінії характеризуються більшим зниженням активності ферменту, яка проявляється як за фізіологічних умов, так і в умовах стресу, що підтверджує часткову супресію гена *ProDH*.

У трансгенних ліній вміст вільного проліну за фізіологічних умов достовірно перевищував ці значення у рослин вихідних генотипів. В умовах посухи вміст цієї амінокислоти збільшився і у нетрансформованих, і у модифікованих рослин. При чому, тенденція більшої акумуляції проліну в трансгенних рослин зберігалась не зважаючи на те, що за стресових умов у вихідних форм вміст амінокислоти збільшувався в 3,1–4,0 рази, тоді як у трансформованих тільки у 1,8–2,3 рази. Після відновлення поливу рівень амінокислоти у вихідних форм знижувався до ~ 50 % від максимальних показників, тоді як у генетично модифікованих рослин його рівень зменшувався в середньому на 20%. Це дає підстави вважати, що збільшення проліну у трансгенних рослин відбувається не тільки за рахунок його синтезу, а й за рахунок часткової супресії гена *ProDH*. Саморегуляція рівня вільного проліну - це динамічний процес, який відбувається постійно, а особливо проявляється за стресових умов, коли продукти його катаболізму можуть виступати індукторами експресії осмочутливих генів, що запускають біохімічні процеси адаптаційних змін. Встановлено, що толерантність трансгенних рослин пшениці до умов водного дефіциту також забезпечувалась перебудовою вуглеводного метаболізму. Так, за нормальних умов вирощування вміст сахарози в тканинах контрольних рослин пшениці був дещо нижчим ніж у генетично змінених варіантів. На 10-у добу зневоднення у T2 рослин вміст сахарози знижувався на 35–50%, хоча у рослин вихідних генотипів він майже не змінювався. Після регідратації рівень сахарози зростав у всіх досліджуваних рослин. Різниця між генетично модифікованими і нетрансформованими рослинами складала близько 10%, на користь вихідного генотипу. Аналогічна тенденція спостерігалась і з моноцукрами (фруктозою). За дії водного дефіциту її вміст в листках змінювався, що може свідчити на користь факту підтримання метаболізму сахарози. Відомо, що моносахариди задіяні у підтримці процесів, які генеруються сахарозою, тому при формуванні реакції на стрес розглядається взаємозв'язок цих вуглеводів та пов'язаних змін у балансі співвідношення сахароза/моносахариди. У контрольних варіантів рівень моноцукрів збільшувався за зневоднення майже в два рази та знижувався після регідратації в середньому на 18%. У трансгенних рослин рівень фруктози змінювався у незначних межах. При цьому, вміст вуглеводів коливався таким чином, що їх баланс (відношення сахароза/фруктоза) у контрольних рослин істотно знижувався при зневодненні та нормалізувався при регідратації. У T2 рослин цей показник майже не змінювався. Сприятливі встановленню балансу вуглеводів могло те, що рівень проліну у генетично змінених рослин за умов водного дефіциту був суттєво вищим, ніж у контрольних варіантів і його підвищений вміст підтримувався після регідратації.

Таким чином, проведено порівняльне дослідження біохімічних характеристик у генетично модифікованих рослин озимої пшениці за дії водного дефіциту виявило достовірне підвищення вмісту вільного проліну порівняно з вихідними генотипами, що сприяло підтриманню балансу вуглеводів. Такі біохімічні зміни можна вважати проявом активної адаптації до несприятливих умов у рослин з частково супресованою активністю гена проліндегідрогенази.

Mykhalska S.I., Komisarenko A.G., Mykhalskiyi L.O., Dubrovna O.V.

Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
31/17 Vasylykivska str., Kyiv, 03022, Ukraine, mykhalskasvitlana@gmail.com

Study of biochemical changes in genetically modified plants of soft wheat under the effects of water deficit

The analysis of transgenic plants of winter wheat with introduced elements that form a double-stranded RNA suppressor of the proline dehydrogenase gene showed that the adaptive properties of genetically modified plants to water deficit conditions are due to an increased level of free proline, the fluctuations of which contribute to maintaining the balance of the carbohydrate composition and are positively reflected on the growth indicators of the main shoot and spike of plants.

МІЩЕНКО С.В.^{1,2}, МАРЧЕНКО Т.Ю.³

¹Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка, вул. Київська, 24, м. Глухів, Сумська обл., 41400, Україна

²Інститут луб'яних культур НААН України, вул. Терещенків, 45, м. Глухів, Сумська обл., 41400, Україна, e-mail: serhii-mishchenko@ukr.net

³Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України, вул. Маяцька дорога, 24, смт. Хлібодарське, Одеський р-н, Одеська обл., 67667, Україна e-mail: tmarchenko74@ukr.net

ЗАЛЕЖНІСТЬ КАЛЮСО- Й ОРГАНОГЕНЕЗУ ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ В УМОВАХ IN VITRO ВІД ТИПУ ЕКСПЛАНТА ТА ГЕНОТИПУ

Використання калюсів набуло поширення у багатьох видів культурних рослин, зокрема і льону звичайного (*Linum usitatissimum* L.), – традиційної агрокультури різних напрямів господарського використання, яку здебільшого вирощують для отримання натурального волокна як сировини для текстильної промисловості (довгунець), а також насіння, харчової чи технічної олії (олійний або довгунець). Не зважаючи на значні успіхи в селекції льону звичайного, проблема отримання нового вихідного матеріалу самозапильної культури носить перманентний характер, тому й виникає потреба у використанні технологій *in vitro* для вирішення низки селекційних завдань. Останнім часом широкого поширення набуває використання калюсних культур льону звичайного та інших видів роду *Linum* L. *in vitro*, отриманих на основі стеблових і листкових експлантів, а також суспензійної культури клітин для синтезу цінних вторинних метаболітів – лігнанів і неолігнанів, що використовують у медицині.

Об'єктом досліджень слугували сорти *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* селекції Інституту луб'яних культур НААН України, зокрема 'Глінум' (номер національного каталогу – UF0401603), 'Есмань' (UF0402071), 'Гладіатор' (UF0401919), 'Глобус' (UF0401920) і 'Чарівний' (UF0400634).

Для індукції калюсо- та органогенезу використовували гіпокотилі, сім'ядолі, листки, незрілі зародки та пиляки. Перші три типи експлантів брали з асептичних пагонів, отриманих з насіння *in vitro*. Незрілі зародки та пиляки інокулювали на стадії вакуолізації клітин після попередньої холодової обробки (3 доби за температури 6°C) і стерилізації водним розчином натрій гіпохлориту (NaOCl) з експозицією 12,5–15 хв та триразовим промиванням стерильною дистильованою водою.

Досліджувані експланти культивували в біологічних пробірках діаметром 20 мм на середовищі Мурасіге і Скуга з додаванням 0,05 мг/л НОК та 1,0 мг/л БАП за фотоперіоду 16 год, інтенсивності освітлення 2500 лк, відносній вологості 60–80% і температурі повітря 22–24°C. Обліки проводили на 35-ту добу культивування.

Інтенсивність калюсогенезу та соматичного ембріогенезу залежала від об'єкта дослідження, а саме – генотипу сорту *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* та типу експланта [3]. Найвищу частоту калюсогенезу під впливом досліджуваних регуляторів росту (НОК і БАП) спостерігали на листкових і гіпокотильних експлантах сорту 'Глінум' (99,4 і 99,3% відповідно) та листкових експлантах сорту 'Чарівний' (99,3%), найменший прояв даної ознаки – у варіанті з використанням пиляків сорту 'Есмань' (лише 9,4%). Найбільша маса калюсу на 35-ту добу культивування сформувалась у варіанті з пиляками сорту 'Глобус' (3,18 г), що більше ніж у 10 разів може перевищувати інші варіанти, а найменша маса калюсу сформувалась на пиляках сорту 'Есмань' (0,18 г). Спостерігається тенденція, яка полягає у тому, що певні типи експлантів (гіпокотилі, сім'ядолі, листки) більш-менш стабільно реагують на екзогенні регулятори росту, що індують калюсогенез, а інші, як-от пиляки, мають специфічну генотипову реакцію на дію даного чинника.

Частота органогенезу не завжди залежала від інтенсивності калюсогенезу і коливалась в межах від 7,4 (пиляки сорту 'Есмань') до 97,3% (гіпокотилі сорту 'Глінум'). Досить

мінливою виявилась ознака кількості пагонів, що формувались з групи калюсних недиференційованих клітин, вона істотно варіювала залежно від типу експланта та генотипу сорту. Найбільше рослин-регенерантів утворилося з калюсних утворень на гіпокотильних сегментах сорту 'Глінум' (4,0 шт.). Найменше пагонів утворилося з калюсів, утворених з пиляків сорту 'Гладіатор' і незрілих зародків насінин сорту 'Глобус' (по 0,6 шт.). Висота пагонів коливалась від 0,34 (пиляки сорту 'Есмань') до 1,63 см (пиляки сорту 'Глобус'), тобто відмінності досягали до п'яти разів.

Загалом, для отримання диплоїдних соматоклонів оптимально використовувати гіпокотилі, а також сорти 'Глінум' і 'Чарівний', для отримання гаплоїдних регенерантів – незрілі зародки та пиляки, сорти 'Глобус' і 'Гладіатор', що забезпечує забезпечить найвищий коефіцієнт розмноження культуральних рослинних об'єктів досліджуваного біологічного виду та різновиду.

Mishchenko S. V.^{1,2}, Marchenko T. Y.³

¹Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University,
24 Kyivska St., Hlukhiv, Sumy region, 41400, Ukraine

²Institute of Bast Crops, NAAS of Ukraine
45 Tereshchenkiv St., Hlukhiv, Sumy region, 41400, Ukraine

e-mail: serhii-mishchenko@ukr.net

³Institute of Climate-Oriented Agriculture, NAAS of Ukraine,
24 Mayatska doroga St., Khlybodarske, Odesa district, Odesa region, 67667, Ukraine

e-mail: tmarchenko74@ukr.net

The dependence of callus and organogenesis of flax *in vitro* on the influences of explant type and genotype

In the analyzed varieties, the intensity of callusogenesis and organogenesis depended on the object of research, namely, the genotype of the variety and the type of explant. At the same time, the frequency of callusogenesis ranged from 9.4 (anthers of the 'Esman' variety) to 99.4% (leaf explants of the 'Hlinum' variety), callus weight – from 0.18 (anthers of the 'Esman' variety) to 3.18 g (anthers of the 'Hlobus' variety), the frequency of organogenesis – from 7.4 (anthers of the 'Esman' variety) to 97.3% (hypocotyls of the 'Hlinum' variety), the number of shoots – from 0.6 (anthers of the 'Gladiator' variety and immature embryos variety 'Hlobus') up to 4.0 pcs. (hypocotyls of the 'Hlinum' variety), shoot height – from 0.34 (anthers of the 'Esman' variety) to 1.63 cm (anthers of the 'Hlobus' variety). All studied varieties are largely capable of effective callusogenesis and organogenesis *in vitro* culture in the presence of phytohormones of exogenous origin, but certain types of explants (hypocotyls, cotyledons, leaves) more or less stably respond to exogenous growth regulators that induce callusogenesis. and others, such as anthers, have a specific genotypic response. To obtain diploid somaclones, it is optimal to use hypocotyls, as well as 'Hlinum' and 'Charivny' varieties; to obtain haploid regenerants – immature embryos and anthers, varieties 'Hlobus' and 'Hladiator', which ensures the highest reproduction rate of cultural plant objects.

ОЛІЙНИК Т.М., ШПАК В.А., БОБРОВНИЦЬКИЙ Ю.А.

Інститут картоплярства НААН України,

Київська обл. смт Немішаєве вул. Ярослава Мудрого 22

e-mail: oliyniktm@gmail.com

ОЗДОРОВЛЕННЯ СОРТІВ КАРТОПЛІ *IN VITRO* ЗА ВИКОРИСТАННЯ РИБАВІРИНУ ТА ІНОЗИНУ ПРАНОБЕКСУ (ГРОПРИНОЗИН)

Для реалізації потенціалу сорту картоплі потрібно використовувати високоякісний насінневий матеріал. Єдиним ефективним способом отримання здорової насінневої картоплі на сьогодні є метод культури апікальної меристеми в поєднанні з методом хіміотерапії. В умовах *in vitro* використання методу культури меристем із застосуванням вірусостгубуючих препаратів дозволяє отримати матеріал вільний від збудників вірусних, бактеріальних хвороб та нематод. Отримані чисті лінії використовують для продукування в польових умовах, для отримання високоякісного насінневого матеріалу картоплі.

Однак існують складнощі за оздоровлення зразків картоплі методом культури апікальних меристем в поєднанні з хіміотерапією. В основному це пов'язано з природою та концентрацією хімічних сполук, які додають до поживного середовища в якості антивірусного препарату. Вірусостгубуючий препарат може згубно діяти на клітини рослини та призвести до змін в генетичному апараті, що недопустимо за оздоровлення. Тому при використанні активних методів оздоровлення необхідно приділяти увагу підбору антивірусних препаратів, їх концентрацій та обов'язковою умовою є як вірусологічний так і генетичний контроль рослин-регенерантів.

Метою наших досліджень є розроблення та оптимізація ефективних прийомів оздоровлення сортів картоплі для покращення якості насінневої картоплі та підвищення коефіцієнта її розмноження з використанням вірусостгубуючих речовин; вивчити вплив інгібіторів вірусів, що забезпечують максимальний вихід рослин-регенерантів вільних від вірусного патогенезу. Дослідження проводили з інгібіторами вірусів гропрінозин та рибавірин, які використовували в дозі 50 мг/л живильного середовища. Об'єктом досліджень слугували сорти картоплі Княгиня, Мирослава, Фотинія. За результатами імуноферментного аналізу нами відібрано лінії рослин сортів картоплі, в яких був найменший вміст антигену вірусу. Сорт Фотинія: лінія 49/2/1п вміст антигену вірусу М становив 0,161, лінія 48/13/3п – 0,183, сорт Княгиня: лінія 40/7/3п – 1,915, лінія 37/6/5п – 1,852, сорт Мирослава: лінія 44/2/6п – 0,290, лінія 44/2/7п – 0,496.

Культивування меристем здійснювали на живильному середовищі з мінеральною основою Мурасіге-Скуга, яке модифіковане для рослин картоплі. Виділяли меристеми в ламінарному боксі. Кожну операцію проводили окремим простерилізованим інструментом. Після виділення меристемний апекс переносили на поверхню живильного середовища згідно варіантів. Культивували в кліматичній кімнаті із штучно регульованим режимом світла, температури і вологості. Температура підтримувалась на рівні 24–25⁰С, освітлення – 6 тис.лк., фотоперіод – 16 годин, вологість – 70%.

В процесі культивування нами проведено 3 пасажі з додаванням вірусостгубуючих препаратів рибавірин (варіант А), гропрінозин (варіант Б), контроль (варіант С), який не містив противірусних препаратів (використовували метод культури апікальних меристем). Після отримання рослин-регенерантів проведено діагностування рослин за використання методу імуноферментного аналізу. За результатами діагностування регенерованих рослин картоплі на вміст антигену вірусу М виявлено, що їх вміст у лінії сорту Княгиня 40/7/3п за використання препарату рибавірин становив 0,407, гропрінозину 1,139, контроль 1,343. У лінії сорту Княгиня 37/6/5п вміст антигенів вірусів в контролі становив 1,130, за використання рибавірину 0,299, гропрінозину 0,977. У лінії сорту Фотинія 49/2/1п в контролі – 0,109, за використання рибавірину – 0,102, гропрінозину – 0,106. У лінії сорту Фотинія 48/13/3п в контролі – 0,178, за використання рибавірину – 0,142, гропрінозину – 1,246. У лінії сорту Мирослава 44/2/7п в контролі – 0,128, за використання рибавірину –

0,113, гропринозину – 0,400. У лінії сорту Мирослава 44/2/6п вміст антигенів вірусів в контролі – 0,110, за використання рибавірину – 0,107, гропринозину – 0,127.

У лінії сорту Фотинія 49/2/1п вміст антигену вірусу М за використання препарату рибавірін зменшився на 37%, гропринозину 34,16% в порівнянні до вихідної інфікованості. В лінії сорту Фотинія 48/13/3п з використанням препарату рибавірін вміст антигену вірусу М зменшився 22,4%, гропринозину – 34%. В лінії сорту Княгиня 40/7/3п при використанні рибавірину вміст антигену вірусу М зменшився на 78,75%, гропринозину на 40,52%. Також спостерігали зменшення вмісту антигену вірусу М в лінії сорту Княгиня 37/6/5п при використанні препарату рибавірін на 83%, гропринозину на 47,25%. В лінії сорту Мирослава 44/2/7п при використанні препарату рибавірін вміст антигену вірусу М зменшився на 77,22%, з використанням препарату гропринозин 19,35%. В лінії сорту Мирослава 44/2/6п за використання препарату рибавірін вміст антигену вірусу М зменшився на 63,1%, гропринозину 56,21%.

За результатами досліджень ДНК-поліморфізму в оздоровлених ліній генетичної мінливості не виявлено.

В результаті досліджень встановлено позитивний вплив препаратів рибавірін та гропринозин (інозину пранобексу) на оздоровлення сортів картоплі в культурі *in vitro*. За використання вірусостійкого препарату рибавірін вміст антигену вірусу М у досліджуваних лініях сортів картоплі зменшився на 22,4–83%, гропринозину 19,35–56,21%. Отже дія препарату рибавірін була на 14–32% ефективніша, ніж за використання препарату гропринозину щодо зменшення вмісту антигену вірусу М.

Oliynyk T.M., Shpak V.A., Bobrovnytskyi Y.A.

Institute of Potato Growing of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Kyiv region. Nemishaeve village, st. Yaroslava Mudroho 22
e-mail: oliynikm@gmail.com

Improvement of potato varieties *in vitro* using ribavirin and inosine pranobex (groprinosin)

Chemotherapy combined with isolation of apical meristem is one of the most effective methods to obtain seed potatoes healthy from viruses. In this work we studied the effect of virus-inhibiting substances ribavirin and inosine pranobex (groprinosin) on Potato virus M (PVM). We found more pronounced effect of ribavirin, reducing the content of PVM measured by semi-quantitative ELISA.

ПРИЛУЦЬКИЙ С.П.¹, КОРКОЦ А.Б.^{2*}

¹Інститут розведення та генетики тварин НААН ім. М.В Зубця, с. Чубинське, Бориспільський р-н, e-mail: priluckijsergej356@gmail.com

²Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького, м. Мелітополь e-mail: korkocanna@gmail.com

МОДУЛЮЮЧА СИСТЕМА *CRISPR/Cas*– ПЕРСПЕКТИВНИЙ ШЛЯХ ФОРМУВАННЯ ХВОРОБОРЕЗИСТЕНТНОСТІ У РОСЛИН

Біотехнологічні розробки наразі поширено використовуються у галузях сільського господарства, медицини, фармацевтики. Одним з перспективних напрямів за останні десять років стала технологія *CRISPR/Cas* – система редагування геному, яка дозволяє зсувати рамки зчитування ДНК, утворювати штучні делеції в окремих ділянках нуклеотидних послідовностей, тощо. Станом на сьогоднішній день дана технологія використовується у передових країнах світу Китай, США, європейські країни і т.д. В Україні поширеного застосування в галузях, де використовуються біотехнології (агарний сектор, медична та фармацевтична галузь) не знайшла. Основні причини – це недостатнє фінансування усіх галузей наукових досліджень, нерентабельне використання через дорогу собівартість необхідних реактивів, проте ефективність її застосування є вражаючою.

Найбільш розповсюдженим та доступним біологічним матеріалом є рослинні клітини. Варто зазначити, що дану технологію доцільно використовувати на сільськогосподарських культурах рослин для підвищення їх резистентності до інфекційних та можливо навіть неінфекційних захворювань різної природи. У світі були застосовані методики редагування геному за допомогою системи *CRISPR/Cas* на картопляних, томатних, виноградних, пшеничних культурах для боротьби з фітопатогенами.

У Казахстані підсистема *CRISPR/Cas13* була застосована, як модулююча система боротьби з вірусом томатного кущового трюкача (TBSV). Для цього були сконструйовані особливі конструкції, які були націлені на збільшення експресивності протеїну-репортер GFP. Продуктивність технології *CRISPR/Cas13* оцінювалася шляхом проведення аналізів з використанням специфічних антитіл P19 і GFP. В результаті, після застосування відповідних конструктивних елементів демонструвалося зниження рівня експресивності білка GFP без мішеней сгРНК, тоді як більші рівні зниження спостерігалися з сгРНК. Вищі сигнали GFP з іншого боку, були виявлені в неспецифічному контролі сгРНК і в досліджуваних рослинах заражених диким типом, що вказує на ефективність системи *CRISPR/Cas13* боротьби з вірусним втручанням. Ці дані свідчать про перспективність застосування підсистеми *CRISPR/Cas13* у боротьбі з TBSV (Iksat.N et al., 2023).

Щодо застосування системи редагування геному на інших видах рослин, то є загально відомими фактами проведення спроб експериментів з насінневими культурами, буряками, картоплею та виноградом. Принцип дії аналогічний до дослідів казахських вчених, що був описаний вище з невеликими відмінностями, однак певно є позитивні результати у формуванні хворобостійкості по відношенню до вірусних, бактеріальних або грибкових захворювань.

Prilutskii S.P.¹, Korkots A.B.²

¹Institute Animal Breeding and Genetic, Chubynske town, Boryspil region, priluckijsergej356@gmail.com

²Melitopol State Pedagogical University, Melitopol city, korkocanna@gmail.com

Modulating system *CRISPR/Cas* – a perspective way of forming disease resistance in plants
CRISPR/Cas genome editing technology is a current trend in the creation of plants with desired traits. This method is significantly more effective than traditional selection methods, but it requires more financial costs. The system is used, mainly abroad, thus the relevance of the application only increases. American, Chinese, and European biotechnologists have made significant progress in

using this technology in the agricultural sector. In Kazakhstan, the CRISPR/Cas subsystem showed excellent results in the fight against TSBV. Consequently, there is a need to encourage the use of such technologies in Ukraine.

СОРОКА А.І.

Інститут олійних культур НААН,
вул. Інститутська, 1, м. Запоріжжя, Україна
e-mail: iocnaas@gmail.com

**ЗМІНИ РОСТУ КАЛУСНОЇ КУЛЬТУРИ ЛЬОНУ ЗА ВПЛИВУ ХІМІЧНИХ
МУТАГЕНІВ**

Калусна культура рослинних клітин широко використовується в наукових дослідженнях і практичних застосуваннях. Використовуючи цей метод, дослідники можуть вивчати різні аспекти фізіології рослин, генетики та біохімії в контрольованому лабораторному середовищі. Калусні культури відомі своєю здатністю продукувати широкий спектр вторинних метаболітів, включаючи алкалоїди, флавоноїди та багато інших речовин. Ці метаболіти мають широке фармацевтичне, сільськогосподарське та промислове використання. Культура калусів рослин служить важливою платформою для досліджень із генетичної трансформації, дозволяючи вводити екзогенні гени в клітини. Ця техніка полегшує створення генетично модифікованих рослин з бажаними ознаками, включаючи стійкість до хвороб, підвищення врожайності або поліпшення поживної цінності.

Калусна культура також надає унікальну систему вивчення розвитку і диференціації рослинного організму. Маніпулюючи регуляторами росту і умовами навколишнього середовища, дослідники можуть індукувати формування певних типів клітин і вивчати шляхи їх диференціювання. Ці знання сприяють кращому розумінню процесів росту і розвитку рослин. Калусна культура рослинних клітин пропонує цінний метод збереження рідкісних і зникаючих видів. Ініціюючи калусну культуру з тканин різноманітних видів рослин, вчені можуть зберегти генетичну різноманітність цих видів і відновити їх в природному середовищі існування в разі потреби. Калусна культура відіграє важливу роль в програмах покращення культурних рослин. Використовуючи цю методику, дослідники можуть виводити нові сорти з поліпшеними характеристиками, такими як підвищена врожайність, стійкість до хвороб чи толерантність до абіотичних стресів. Калусна культура також дозволяє швидко збільшити кількість бажаних ліній рослин, скорочуючи час, необхідний для традиційних способів розмноження.

При використанні мутагенів, фізичних чи хімічних, можливо змінити спадкову інформацію клітини та викликати появу мутацій. Ініціюючи мутації в конкретних генах, можна спостерігати вплив на фенотип отриманих рослин, що допомагає зрозуміти роль генів та їх взаємодію в різних біологічних процесах. Мутагенез здатний створити широкий спектр генетичних варіацій у популяції клітин, що є цінним для програм селекції рослин та генетичних досліджень. Так, обробляючи калусні культури мутагенами, можливо викликати конкретні мутації, які можуть призвести до корисних змін, таких як підвищення стійкості до захворювань чи стресів, збільшення врожайності або покращення вмісту певних поживних речовин. Наприклад, серед мутантів сої, тютюну, отриманих після мутагенної обробки калусу, були знайдені солестійкі генотипи (Celik, Atak, 2015), мутантні калусні культури рису дозволили отримати ряд генотипів з підвищеною стійкістю до хвороб, абіотичних та біотичних стресів, високою врожайністю та технологічністю, підвищеною харчовою цінністю (Viana et al., 2019), мутагенез у культурі клітин дозволив змінити деякі характеристики ряду декоративних (Jain, 2006) та енергетичних (Perera et al., 2015) рослин. Таким чином, за допомогою методу штучного мутагенезу, можливо викликати генетичні зміни у клітинах, які є основою для подальшої селекційної роботи. Однак, застосування мутагенів не повинно повністю пригнічувати здатність клітин до подальшого розвитку. В зв'язку з чим, метою нашого дослідження було виявити, яким чином використання мутагену впливає на виживання калусних клітин та їхню можливість продовжувати свій ріст.

В якості матеріалу застосовували калусну культуру льону, отриману після культивування гіпокотилів сорту Запорізький богатир впродовж двох пасажів. Мутагенну обробку проводили з використанням хімічних мутагенів етилметансульфонату (EMS) та

нітрозометилсечовини (НМС) в концентрації 0,01 та 0,05%. У контролі в якості мутагенного чинника використовували дистильовану воду. Через 30 днів культивування калусів на штучному поживному середовищі N6, оцінювали такі характеристики як найбільший діаметр калусу, поява некротичних ділянок, загибель калусу.

В результаті дослідження встановлено, що використання ЕМС у вказаних концентраціях не впливало суттєво на ріст калусної культури. Як найбільший діаметр калусів, так і його виживання залишались у межах значень контрольного варіанту. Незначною мірою, на 1-2 мм, зменшувався діаметр калусів при використанні більш високої концентрації мутагену, однак ці зміни не виходили за межі статистичної похибки. Нітрозометилсечовина спричинювала більш суттєву дію. Навіть найменша з випробуваних концентрацій викликала зупинку росту калусної культури льону, а більш жорстка обробка призводила до масової загибелі клітин. Оскільки для подальшої роботи по добору на рівні калусної культури необхідно, щоб лише частина клітин залишалась життєздатною, концентрацію застосованих хімічних реагентів необхідно корегувати, підвищуючи чи зменшуючи її в залежності від використовованого мутагену - ЕМС чи НМС. Таким чином, виявлено суттєву різницю у впливі випробуваних мутагенів на виживання калусної культури льону, що дозволить їх більш ефективно використовувати при індукуванні генетичних змін *in vitro*.

Soroka A.I.

Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agrarian Sciences,
st. Institutska, 1, Zaporozhye, Ukraine
e-mail: iocnaas@gmail.com

Growth changes in flax calus culture under the influence of chemical mutagens

Callus culture of plant cells is widely used in scientific studies and practical applications. This method allows researchers to study various aspects of plant physiology, genetics, and biochemistry in a controlled laboratory environment. By using artificial mutagenesis, it is possible to induce genetic changes in cells that serve as the basis for further breeding efforts.

In this study, a callus culture of flax was utilized as the material. This callus culture was obtained by cultivating hypocotyls from the "Zaporizhsky bogatyr" variety. Mutagenic treatment was conducted using chemical mutagens, specifically ethylmethane sulfonate (EMS) and nitroso-methylurea, at concentrations of 0.01% and 0.05% respectively.

The results of the study demonstrated that the use of EMS at these concentrations did not have a significant impact on the growth of the callus culture. However, nitroso-methylurea had a more pronounced effect. Even the lowest concentration tested led to a cessation of growth in the flax callus culture, and higher concentrations resulted in widespread cell death.

These findings highlight the significant differences in the influence of the tested mutagens on the survival of flax callus culture. This knowledge can be leveraged to more effectively induce genetic changes *in vitro*, thereby advancing the application of flax callus culture for genetic research and breeding purposes.

BILYNSKA O.V., SHELYAKINA T.A., BOHUSLAVSKIY R.L.

Plant Production Institute n.a. V.Ya. Yuryev, NAAS of Ukraine

Heroiv Kharkova Ave., 142, Kharkiv, 61060, Ukraine

e-mail: bilinska@ukr.net

INHERITANCE OF ABILITY TO HAPLOID PRODUCTION IN ANTHER CULTURE IN VITRO IN BARLEY HYBRID POPULATIONS OF DIFFERENT ORIGIN

Ability to produce morphogenic structures (embryoids, calli) and to regenerate haploid plants in anther (isolated microspore) culture *in vitro* is known to be under the strong genetic control. This means that not only plant species but varieties, lines and hybrids within a particular species are characterized by different androgenetic potentials. Obviously, low androgenetic ability of donor material seriously restricts haploid production and limits application of androgenesis *in vitro* as an experimental approach for rapid production of homozygous lines both in genetics and breeding.

Because of above mentioned characters of culturability were proved to be heritable and genetically determined, investigations aimed to study peculiarities of their inheritance are still very important and promising for increase the efficiency of haploid production in different crops. This perspective lies in the prediction of haploid production frequencies in cross-combinations and in further use of hybrids developed by crossing of highly responsive genotypes as donor plants.

It should be noted that data related to the inheritance of androgenetic response are diverse and sometimes controversial. In particular, effects of dominant, recessive, additive as well as epistatic genes were suggested to take part in determination of sporophytic development of microspores resulting in haploid plant formation. However, in most cases high androgenetic ability was proved to be partially or completely dominated that allowed to predict the results of haploid induction when at least one parent of cross combination was a highly responsive genotype. This explains great value of genotypes possessing a high androgenetic capacity. Undoubtedly, among these genotypes the unique ones combined a high culturability in anther culture *in vitro* with the superior agronomic traits are of great interest. To select them for further use in special breeding programs, in particular for elaboration of the most appropriate breeding designs for hybrid development, seems to be a reliable way for increase the yield of haploids in anther culture *in vitro* along with the improvement of different elements of technologies for haploid production.

Results of the long-term investigations carried out for production of homozygous doubled haploid lines (DH-lines) in spring barley via anther culture *in vitro* were summarized. In spite of comprehensive character of these investigations, attention was focused on the genetic aspect of haploid production, particularly on the androgenetic abilities of accessions involved in hybridization and on the inheritance of morphogenic anther frequency and the number of regenerated plants with a normal green pigmentation.

Hybrids and DH-lines were produced within several breeding programs: awn-less barley, hulless barley, barley with waxy endosperm, resistance to smut diseases, high protein content in grain as well as broadening of cultivated barley genetic diversity via hybridization with *H. spontaneum*. All accessions were supplied by the National Centre of Plant Genetic Resources of Ukraine and from the laboratory of Barley Breeding and Genetics of Plant Production Institute n.a. V.Ya. Yuryev. Frequencies of morphogenic anthers and the number of green plants both in varieties and hybrids were determined by using our own technology for spring barley haploid production. This technology included such main elements as cold pre-treatment of isolated spikes for 28 days at 4⁰ C (Patent 113261) and cultivation of anthers on the inductive media solidified with chemically modified starches.

For characterization of spring barley cultivars and lines in the respect of culturability in anther culture *in vitro*, results of the best experimental variants were used. Line of androgenetic origin – DH00-126 – were used as etalon of a high androgenetic ability with the frequency of morphogenic anthers close to 90 % and with the yield of regenerated green plants reached 145

plants per 100 cultivated anthers. Inheritance of culturability was determined by means of comparison between varieties, lines and hybrids derived from their crosses.

In the breeding program aimed to create barley lines with awn-free spikes four sources of this agronomic character were involved, in particular mutant accessions derived from varieties Strunkyi and Kharkivskiy 99, variety Sicarpi 7 which were the sources of recessive genes for awn reduction. Also variety Granal which was a carrier of dominant gene was included. It was appeared that Granal possessed a relatively high androgenetic ability (close to 30 % of morphogenic anthers and 25.0 green plants) while the rest accessions had low culturabilities. High androgenetic ability of Granal dominated in hybrid populations developed on the basis of this variety. Moreover, androgenic capacity of Granal was transferred to a high yielding variety Modern. On the chemically modified induction medium, 47.0 % of morphogenic anthers and 71.7 green plants per 100 cultivated anthers were obtained in anther culture of the latter genotype. In later experiment, high androgenetic response was revealed in awn-less variety Revansh – 51.5 % of morphogenic anthers and almost 50.0 green plants per 100 cultivated anthers. Interestingly, that this variety has an additional agronomic value because it was a carrier of genes for resistance to smut diseases.

Highly responding genotypes were found among other sources of genes for resistance to smut diseases. In particular, varieties Signal and Rosalina are characterized by relatively high percentages of morphogenic anthers (47.2 and 32.0 % respectively) and by moderate levels of plant regeneration (19.4 and 21.4 plants respectively). High culturability dominated in hybrid populations developed by crossing of these genotypes. For example, in crosses of Signal and Rosalina with varieties CDC Candle and Omskiy Golozerniy possessed very low androgenetic abilities, the frequencies of morphogenic anthers varied from 70.6 to 92.0 %, and the yields of green plants ranged from 13.1 to 29.9 per 100 cultivated anthers. In this experiment androgenetic response of DH00-126 reached 79.8 % of morphogenic anthers and 135.9 green plants.

In general, hulless and waxy varieties originated from CIMMIT and included in our investigations demonstrated low capabilities for haploid production. In the previous experiments, frequency of morphogenic anthers was not exceeded 15 % and the number of green regenerants was lower than two plants per 100 cultivated anthers. In the recent investigation carried out by application of the improved technique of haploid production, in advances variety CDC Alamo possessed both hulless grain and waxy endosperm 48.0 % of morphogenic anthers were obtained. However, regeneration efficiency of this genotype was low (1.3 green plants per 100 cultivated anthers). Hulless variety Tula was more responsive (47.3 % of morphogenic anthers and 9.1 green plants per 100 cultivated anthers). Accession GSHO18288193444 which is the source of *wx* allele had a low androgenic capacity (13.9 % of morphogenic anthers and 3.1 green plants). This accession was crossed with two highly responsive genotypes (Vakula and DH00-126) as well as with five genotypes possessed moderate androgenetic ability. In all crosses partial dominance of higher ability to produce androgenic structures was observed. At the same time, a low ability for green plant regeneration of this amylopectin rich accession was partially dominated in hybrids.

Six accessions of spring barley with high protein contents were also tested in respect of androgenetic ability. Varieties Velikan and Yavir were selected as the most responsive and promising for the use in spring barley breeding for improvement of protein content via anther culture *in vitro*. Etalon of a high protein content IR06605 (MEX) has appeared to be a lowly responsive genotype (6.9 % of morphogenic anthers and 1.6 regenerated green plants per 100 cultivated anthers). Androgenetic abilities of Velikan and Yavir partially dominated both in crosses between varieties and lines of cultivated barley and in interspecific crosses with *H. spontaneum*.

In conclusion, it should be noted that permanent screening of spring barley lines and cultivars with valuable agronomic traits are desirable to be carried out in order to find genotypes with a high androgenetic ability. According to obtained results, dominance of high culturability in most genetically diverse cross-combinations allow to predict the yield of haploids and thus to increase the efficiency and reliability of haploid production. Such highly responding genotypes as Modern, Velikan, Yavir, Signal, Tula, Revansh, Vakula, Rosalina can be recommended for use in special breeding programs and as the model genotypes in fundamental and applied investigations in the field of plant biotechnology.

KHODJAEVA Z.F.^{a)} AND RASHIDOV N.E.^{b)}

Bukhara State University, Bukhara, 200100, Uzbekistan

a) z.f.xodjaeva@buxdu.uz, xadjaeva@2993gmail.com

b) n.e.rashidov@buxdu.uz, rashidovnegmurod@gmail.com

DEVELOPMENT BIOTECHNOLOGY OF ALGAE IN THE WATERS OF THE DENGIZKUL COLLECTOR

Today, special attention is paid to monitoring the state of water bodies prone to anthropogenic pressure, determining the factors affecting the state of hydrobionts in them and introducing promising types into efficient development. In particular, variations in hydrological and hydrochemical indicators of inland water bodies distributed in local areas have been identified, and ways to develop fisheries in them have been developed based on various hydrobionts, including algae. As you know, salts are constantly changing in the structure of soils, watering brine and crops in places where there are collector-plant networks, processing between the rows leads to a decrease in salts, but on the contrary, not working at the required level of collector-plant networks, settling mineralized grunt waters close to the surface of the Earth, not washing the brine, The result is a change in salts for the season or a year, either positive or negative.

Literature analysis and research methods: in conditions of water scarcity, taking into account the above, it is difficult to obtain a stable, high yield from agricultural crops, to create additional water reserves. Scientific research has been carried out by several scientists in this regard, and effective and high results have been obtained. Including a.Khamidov conducted scientific research on improving the reclamation of land in the lower reaches of the Amudarya, as well as desalination of saline lands by phytomelioration. D.S. Yadavov, S. Azimov, M.L. Ikramovas studied the procedures for irrigation of acorns in the conditions of the Bukhara region in which the waters of sizot are located at different depths, groundwater is located at a depth of up to 2 m, mechanical composition irrigation in heavy soils is found in the system 1-2-1, groundwater is in the system 1-4-1 on land located at a depth of 2-3 m,

Research work began in the spring season of 2020-2023 and was carried out in field and laboratory conditions. Hydrobiological samples were collected from the Dengizkul collector of the Bukhara region once a month. The main three streams of the Dengizkul Collector were covered during the research:

Upper reaches of Kagan district, Bukhara region;

Middle stream of Jandar district, Bukhara region;

Lower reaches of Karakul District, Bukhara region;

Analysis of the physicochemical state of water consists of two types.

1. Hydrochemical analysis in field conditions.

2. Hydrochemical analysis under laboratory conditions

In field conditions, indicators of water temperature, color, clarity, turbidity and m were determined. With the air temperature thermometer "TSN -15", The temperature of the water should be determined using the number thermometer Wt-1, and the thermometer should be kept at a sampling depth of at least 7-10 minutes to determine the temperature. A common technique for determining the clarity of water is the Sekki disc (a white plate with a diameter of 20 cm is mounted on a measuring rope).

The water environment RN i.e., the amount of hydrogen ion of water (m)- was measured using indicator paper and the LPU-01 brand RN in meters. The light was measured on the Yu-16 brand luxmeter instrument. During the experiment, a DRL-400 lamp was used to provide light to algae in laboratory conditions. All remaining indicators of water were determined in laboratory conditions. In the conditions of laboratory, the Scientific Laboratory of biotechnology and ichthyology of Bukhara State University and the scientific laboratory of yu under the State Committee for Ecology and Environmental Protection.

Plankton collection consists of two types: qualitative and quantitative samples. In this, the Apstein Capron net was used. Capron No. 76, water inlet diameter No. 20. Samples from Bontos

and perfiton were collected by hand, using a scalpel and knife. In determining the amount of phytoplankton, plankton samples were collected mainly with a specially prepared bottle of kefir (up to 0.5; 3M depth). The collection of Material and its reanalysis was carried out according to the generally accepted style. The samples were collected and a few drops of 4% formalin were instilled into it, and no formalin was added to the sample to isolate the algologically clean cell, and the number of species in both cases was determined. In the process of work, the XDS-3, B-380 microscope was used. Phytoplankton levels were found at ECZ/L, and biomass at mg, g/m³. In laboratory conditions, an increase in cells was observed, and the number was determined through the Goryaev camera. At the end of the experiment, the cells of the algae were isolated using centrifuga.

The following authors styles were used to distinguish algologically pure species from the identified algae from plant species identifiers, and extract biomass from algae species in the waters of the Dengizkul collector. When determining the number and biomass of phytoplactons.

Results of the study: Several experiments have been carried out in the waters of the Dengizkul collector with the aim of increasing the growth, development and yield of *Chlorella pyrenoidosa* and *Scenedesmus obliquus*.

In the first experiment, to reduce the amount of mineral salts in the water of collectors, *Chlorella pyrenoidosa* and *Scenedesmus obliquus*, consisting of 2.0-2.5 mln/ml cells, were planted in samples prepared by diluting them in a 1:1 ratio with tap water.

The experiments lasted 4-5 days. During this time, the *Chlorella* cell was estimated at 9.0-11.0 mln/ml, *S. obliquus*, on the other hand, was found to have reached 7.0-9.0 mln/ml. The results of the experiments conducted showed that the mineral salts contained in the water of all currents of the Dengizkul collector did not adversely affect the growth of *Chlorella pyrenoidosa* and *Scenedesmus obliquus*. The growth, development and yield of algae in diluted collector Waters is almost 2 times less than in undiluted options.

So, as a result of the experiments carried out, it became known that for the well-growing development of *Chlorella pyrenoidosa* and *Scenedesmus obliquus*, some of the necessary nutrient elements in all the flowing waters of the Dengizkul collector must be supplied through anthropogenic factors.

Plant species that grow in wetlands rich in organic matter produce large amounts of green biomass in conjunction with biological treatment of water from minerals. This ensures the growth and development of green algae at the expense of mineral substances and cleanses them of all kinds of toxic chemicals in the composition of zovur water. The large amount of biomass generated can be used in many areas of Agriculture.

СЕКЦІЯ 3

*Фізіолого-біохімічні основи продуктивності,
якості продукції та стійкості рослин до
біо- та абіотичних стресових факторів*

*Physiological and biochemical aspects of
productivity, quality and plant resistance to
biotic and abiotic stress factors*

**КОКОРЕВ О.І.¹, ШАХОВ І.В.^{1,2}, ТАРАБАН Д.А.², РЯБЧУН Н.І.¹,
ЛЕОНОВ О.Ю.¹, КОЛУПАЄВ Ю.Є.^{1,2,3}**

¹Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН України, вул. Героїв Харкова, 142, Харків, Україна, e-mail: plant_biology@ukr.net

²Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, Харків, Україна

³Полтавський державний аграрний університет, вул. Сковороди, 1/3, Полтава, Україна,

РЕАКЦІЯ РОСЛИН ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ РІЗНОГО ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ГРУНТОВУ ПОСУХУ

Згідно з аналізом даних польових експериментів, опублікованих у рецензованих виданнях у період з 1980 до 2015 року, зниження кількості доступної води на 40% від оптимального спричиняє падіння врожайності пшениці більш ніж на 20% (Daryanto et al., 2016). Отже, пошук ефективних підходів, спрямованих на підвищення посухостійкості культурних злаків, є надзвичайно актуальним.

Стійкість рослин до посухи – результат функціонування численних взаємозалежних механізмів, що реалізуються на молекулярному, клітинному та організмовому рівнях. Серед них нині ключовими вважають накопичення в клітинах різноманітних осмолітів, активацію аквапоринів, посилення функціонування антиоксидантної системи (Kolupaev et al., 2023). Кількісна оцінка вказаних реакцій у різних генотипів може сприяти поліпшенню пошуку і добору донорів посухостійкості в селекційному процесі, а також оцінці отриманого нового матеріалу.

Метою роботи було дослідження ростової реакції та стану окремих компонентів стрес-протекторних систем у семи сортів пшениці озимої м'якої (*Triticum aestivum* L.) різного еколого-географічного походження за дії ґрунтової посухи на ранніх фазах розвитку рослин. Із цих сортів було п'ять генотипів, створених в Україні: сорт Досконала (оригінатор; Інститут рослинництва ім. Юр'єва НААН України, Харків), призначений переважно для вирощування в Лісостепу та відрізняється чутливістю до посухи; сорти Даринка київська і Богдана (оригінатор: Інститут фізіології рослин та генетики НАН України, Київ), створені на межі Полісся і Лісостепу і також відносно чутливі до посухи; Ліра одеська та Антонівка (оригінатор – СГІ-НЦНС НААН України, Одеса), які мають екологічну пластичність, необхідну для вирощування в зоні Степу. Також для досліджень використовували сорт Тобак (оригінатор: Saaten-Union GmbH, Isernhagen HB, Germany), призначений для вирощування в Центральній Європі, але здатний до збереження продуктивності в умовах дії посухи та високих температур (Uran et al., 2018). Ще одним об'єктом був сорт Августина, створений для вирощування у вологому регіоні білоруського Полісся (оригінатор: Scientific and Practical Center of NAS of Belarus). Зразки насіння отримані в Національному центрі генетичних ресурсів рослин України.

Рослини вирощували в ґрунті (чорнозем типовий середньосуглинковий) за температури 24/18°C (день/ніч), освітлення 150 Вт/м² і вологості ґрунту 70% від ПВ. Шестидобові рослини піддавали 4-денній посузі з поступовим зниженням вологості ґрунту до 25% від ПВ.

Найменше інгібування показників лінійного росту листків за умов посухи було характерним для сортів Антонівка і Тобак (до 10%), помірну стійкість виявили сорти Ліра одеська і Богдана (зменшення ростових показників в межах 23-29%), більше помітне інгібування росту виявлено у сортів Даринка київська і Досконала (39-46%), і найбільше — у сорту Августина (до 60%).

Відносний вміст води у перших листках за умов посухи найменшою мірою знижувався у сортів Антонівка і Тобак, дещо більшими були втрати води у сортів Ліра одеська, Богдана, Досконала і Даринка Київська, найбільш істотне (на 18%) зниження вмісту води спостерігалось у сорту Августина. Між показниками інгібування росту і зниження відносного вмісту води за умов посухи відзначалася висока кореляція ($r = 0,852$).

Одним з інтегральних показників стійкості рослин до окиснювального стресу

вважається зростання вмісту кінцевого продукту пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) малонового діальдегіду (МДА) за стресових умов. Ґрунтова посуха практично не змінювала вміст МДА у листках рослин сортів Антонівка і Тобак, що вказує на їх стійкість до окиснювального стресу. Середнє зростання вмісту МДА (на 22-36% від контролю) відзначалося у сортів Богдана, Даринка київська і Ліра одеська, а найвище збільшення цього показника (на 60-89%) спостерігали у сортів Августина і Досконала. При цьому відзначено високий рівень кореляції між інгібуванням росту і зростанням вмісту МДА ($r = 0,845$).

Відомою реакцією на посуху є підвищення вмісту сумісних осмолітів у тканинах (Liang et al., 2013; Kolupaev et al., 2023). Збільшення вмісту проліну спостерігалося в усіх сортах, найбільш помітним воно було у сортів Досконала, Августина і Даринка київська (59-76%), в усіх інших сортах вміст проліну зростав на 25-35%. Таким чином, значимої кореляції між збільшенням вмісту проліну і посухостійкістю сортів не виявлено. Водночас вірогідне збільшення сумарного вмісту розчинних вуглеводів у відповідь на дію посухи виявлено у посухостійких сортів Антонівка і Тобак, тенденція до такого ефекту відзначалася у сорту Ліра одеська. У інших сортах вміст цукрів за стресових умов істотно не змінювався, а у сорту Досконала навіть знижувався. Між інгібуванням росту і підвищенням вмісту цукрів за умов посухи виявлено високу зворотну кореляцію ($r = - 0,729$).

Одним з ключових антиоксидантних ферментів є неспецифічна пероксидаза. Цей фермент має високу афінність до пероксиду водню і є поліфункціональним (Tognolli et al., 2003). Поряд з антиоксидантною функцією він бере участь в окисненні фенольних сполук і утворенні так званих фенольних зшивок в клітинних стінках, що призводить до їх зміцнення. Вважається, що такий ефект може сприяти збільшенню водоутримувальної здатності листків. В умовах наших експериментів високий базовий рівень активності пероксидази виявлений у сортів Антонівка і Тобак. При цьому за умов посухи у цих сортів відзначалося помітне підвищення активності ферменту. Тенденція до збільшення активності пероксидази у відповідь на дію посухи також виявлена у сорту Ліра одеська. Водночас в усіх інших сортах зростання активності пероксидази за дії посухи не спостерігалося.

Таким чином, для посухостійких сортів було характерним зростання за стресових умов активності неспецифічної пероксидази, вмісту розчинних вуглеводів, незначне підвищення вмісту проліну та збереження стабільного рівня пероксидного окиснення ліпідів. Останнє свідчить про тісний зв'язок між посухостійкістю і стійкістю рослин до окиснювального стресу. При цьому для визначення внеску окремих компонентів антиоксидантної системи в цю ознаку необхідні спеціальні дослідження.

**Kokorev A.I.¹, Shakhov I.V.¹, Taraban D.A.², Ryabchun N.I.¹, Leonov O.Yu.¹,
Kolupaev Yu.^{1,2,3*}**

¹Yuriev Plant Production Institute of the NAAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine,

*e-mail: plant_biology@ukr.net

²State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

³Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

Response of plants of bread winter wheat of different ecological and geographical origin to soil drought

The relationship between drought resistance and the functioning of individual components of the antioxidant system of wheat plants at the age of 6-10 days has been studied. An increase in the content of soluble carbohydrates and nonspecific peroxidase activity in drought-resistant cultivars was shown. However, no positive relationship was found between drought resistance and increased proline content in leaves. A high correlation has been established between the development of oxidative stress (increased malondialdehyde content) and growth inhibition under drought conditions.

КОЛУПАЄВ Ю.Є.^{1,2,3}, ШАХОВ І.В.^{1,2}, КОКОРЕВ О.І.¹, ДМИТРИЄВ О.П.⁴

¹Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН України, вул. Героїв Харкова, 142, Харків, Україна, e-mail: plant_biology@ukr.net

²Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, Харків, Україна

³Полтавський державний аграрний університет, вул. Сковороди, 1/3, Полтава, Україна,

⁴Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, вул. Академіка Заболотного, 148, Київ, Україна

СТРЕС-ПРОТЕКТОРНИЙ ВПЛИВ ГАММА-АМІНОМАСЛЯНОЇ КИСЛОТИ НА ПРОРОСТКИ ПШЕНИЦІ ЗА УМОВ ГІПЕРТЕРМІЇ: РОЛЬ АКТИВНИХ ФОРМ КИСНЮ І АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ

Протягом двох останніх десятиліть накопичено відомості, які засвідчують, що адаптація рослин до абіотичних стресорів відбувається за участю як стресових фітогормонів (абсцизової кислоти, саліцилової і жасмонової кислот та брасиностероїдів) (Kosakivska et al., 2022; Kavulych et al., 2023; Kolupaev et al., 2023), так і розгалуженої регуляторної мережі, до складу якої входять сигнальні посередники, окремі стресові метаболіти і так звані “рослинні нейротрансмітери” — мелатонін, серотонін, дофамін, ацетилхолін та ГАМК — γ -аміномасляна кислота (Akula, Mukherjee, 2020; Raza et al., 2022).

Протекторні ефекти ГАМК на рослини різних таксономічних груп виявлено за дії стресорів різної природи: гіпоксії, посухи, засолення, низьких та високих температур, важких металів та низьки біотичних стресів (Sheteiwy et al., 2019; Shelp et al., 2021). Застосування екзогенної ГАМК зазвичай підвищує її ендогенний вміст та спричиняє різноманітні зміни на молекулярному, біохімічному та організмовому рівнях. Зокрема, підвищений вміст ендогенної ГАМК може посилювати індуковане стрес-факторами зростання активності антиоксидантних ферментів та вмісту низькомолекулярних антиоксидантів і накопичення осмолітів. Всі ці ефекти важливі для розвитку теплостійкості рослин.

Незважаючи на важливість та поширеність пшениці м'якої (*Triticum aestivum*) як зернової культури, вплив екзогенної ГАМК на її стійкість до теплового стресу вивчений поки що дуже слабо. У недавній роботі Wang і співавт. (2022) показано, що обробка молодих рослин пшениці ГАМК підвищувала стабільність мембран, зменшувала генерацію активних форм кисню (АФК) і окиснювальні пошкодження за умов теплового стресу. Стрес-протекторний вплив ГАМК на рослини пшениці показаний також за умов посухи (Faroq et al., 2017, Zhao et al., 2023). Проте відомості про його механізми поки що дуже обмежені і суперечливі. На підставі даних, отриманих на інших видах рослин, припускають, що АФК можуть виступати у ролі сигнальних посередників у реалізації окремих ефектів ГАМК. Так, на прикладі рослин дині показано, що екзогенна ГАМК індукувала експресію генів однієї з форм каталітичної субодиниці НАДФН-оксидази (RBOHD) і накопичення H_2O_2 за нормальних умов, але при цьому виявляла захисний ефект за дії содового засолення, знижуючи вміст пероксиду водню у листках (Jin et al., 2019). Проте можлива роль АФК і ферментативних систем, що їх генерують, в процесах індукування стресостійкості злаків дотепер спеціально не вивчалася.

Метою нашого дослідження було встановлення ймовірної участі пероксиду водню як сигнального посередника в процесах індукування теплостійкості проростків пшениці та їх антиоксидантної системи.

У роботі використовували корені інтактних проростків пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) сорту Досконала. Тридобові проростки протягом 24 год інкубували на розчинах ГАМК в концентраціях діапазону 0,1-2,5 мМ, після чого піддавали ушкоджувальному прогріву у водяному термостаті за температури 46°C протягом 10 хв. Через дві доби після стресу оцінювали виживаність проростків.

В окремій серії дослідів проводили інгібіторний аналіз ефектів ГАМК, використовуючи скавенджер пероксиду водню диметилтіосечовину (ДМТС — 150 мкМ) та інгібітор НАДФН-оксидази імідазол (10 мкМ). У варіантах з комбінованим впливом ГАМК та

інгібіторів останні вносили у середовище інкубації коренів за 2 год до їх обробки ГАМК.

Під час інкубування коренів інтактних проростків на розчинах з додаванням ГАМК та/або антагоністів АФК досліджували динаміку генерування коренями пероксиду водню і активність у них антиоксидантних ферментів — супероксиддисмутази (СОД), каталази і гваяколпероксидази.

Обробка проростків розчинами ГАМК спричинювала істотне підвищення їх виживаності після потенційно летального теплового стресу. Позитивний ефект спричиняли всі досліджувані концентрації, а максимальним він був при застосуванні 0,5 мМ ГАМК. Вже через 20 хв від початку впливу ГАМК на корені в них відзначалося підвищення вмісту пероксиду водню, максимум якого спостерігався через 1-2 год. Надалі величини вмісту пероксиду водню у дослідному варіанті наближалися до значень контролю. Ефект зростання вмісту пероксиду водню усувався обробкою коренів ДМТС та інгібітором НАДФН-оксидази імідазолом.

У відповідь на обробку ГАМК у коренях підвищувалися активності антиоксидантних ферментів — СОД, каталази і гваякопероксидази. Суттєве зростання активності СОД спостерігалося через 2 год від початку обробки коренів ГАМК, цей ефект зберігався і у наступні години. Через 4 год відзначали істотне підвищення каталази і гваякопероксидази. Після ушкоджувального прогріву спостерігали зниження активностей СОД і каталази в коренях контрольного варіанта, у то же час обробка ГАМК стабілізувала активність цих ферментів. Також у варіанті з дією ГАМК відзначалося підвищення активності гваякопероксидази за умов теплового стресу.

Спричинювані ГАМК ефекти підвищення активностей антиоксидантних ферментів, як і ефект зростання виживаності проростків, усувалися їх попередньою обробкою антиоксидантом ДМТС та інгібітором НАДФН-оксидази імідазолом.

Таким чином, отримані результати вказують на роль пероксиду водню, який, ймовірно, генерується з участю НАДФН-оксидази, у формуванні сигналу, що спричиняє наступну активацію антиоксидантної системи і в цілому підвищення теплостійкості проростків пшениці.

Kolupaev Yu.E.^{1,2,3*}, **Shakhov I.V.**^{1,2}, **Kokorev A.I.**¹, **Dmitriev A.P.**⁴

¹Yuriev Plant Production Institute of the NAAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine,

*e-mail: plant_biology@ukr.net

²State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

³Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

⁴Institute of Cell Biology and Genetic Engineering of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Stress-protective effect of gamma-amino butyric acid on wheat seedlings under conditions of hyperthermia: the role of reactive oxygen species and the antioxidant system

Treatment of wheat seedlings with gamma-aminobutyric acid caused an increase in their survival after damaging heating. This effect is at least partly associated with ROS-dependent enhancement of the antioxidant system. The participation of ROS in the GABA-induced increase in heat resistance of seedlings is evidenced by the elimination of the effects of GABA when seedlings are treated with a hydrogen peroxide scavenger and an NADPH oxidase inhibitor.

ЛЕВКІВСЬКИЙ І.В., ВИШНЕВСЬКА О.В.

Інститут картоплярства НААН, вулиця Ярослава Мудрого, 22, смт. Немішаєве, Бучанський район, Київська область iknaan.ukr@gmail.com

ПРОТИВІРУСНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОЧАСТИНОК НІКЕЛЮ ЗА ВИКОРИСТАННЯ В ДОБАЗОВОМУ НАСІННИЦТВІ ВИХІДНОГО НАСІННЕВОГО МАТЕРІАЛУ КАРТОПЛІ В ШТУЧНИХ УМОВАХ

Вірусні хвороби знижують продуктивність та якість насінневої та продовольчої картоплі. Допуски нормативних документів передбачають нульовий рівень вмісту латентної інфекції фітопатогенних вірусів, особливо таких як вірус скручування листя картоплі (ВСЛК), Y – вірус картоплі (YVK – різні штами), M – вірус картоплі (МВК). За сильного поширення цих патогенів втрати врожаю можуть досягати 50–80%. ВСЛК, YVK, МВК завжди передаються потомству, яке розмножується вегетативними частинами рослини, і спричиняють тяжкі та середні форми вірусних уражень. Існуюча в Україні система безвірусного насінництва картоплі дозволяє звільнити його від найбільш шкочочинних вірусів. Проте, процес оздоровлення картоплі від МВК потребує використання речовин з антивірусною дією.

Застосування біогенних матеріалів у вигляді наночастинок (НЧ) відкриває нові напрями стратегії створення противірусних препаратів.

Попередніми дослідженнями встановлено позитивний вплив НЧ Ag, Ti, Fe, Cu, Si, Co на ріст, розвиток рослин картоплі, одноманітність розміру бульб, вміст крохмалю, вітамінів, тощо.

НЧ Ni мають позитивну перспективу використання їх в добазовому насінництві картоплі для вихідного насінневого матеріалу, який відтворюється в штучних умовах (рослин *in vitro*) та в польових умовах, для класу насіння першого польового покоління від рослин *in vitro*. Недостатньо дослідженими є питання щодо впливу НЧ Ni на пригнічення розвитку збудників вірусних хвороб картоплі.

Метою наших досліджень було виявити віруліцидні властивості НЧ Ni для добазового вихідного насінневого матеріалу картоплі рослин *in vitro*. Стабілізовані цитрат-аніоніми НЧ Ni одержано від доктора технічних наук В.Г. Каплуненка (ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології»).

Об'єкт дослідження – вихідний насінневий матеріал картоплі, відтворюваний в культурі *in vitro* сортів селекції Інституту картоплярства: Містерія та Житниця.

Для проведення досліджень було виділено лінії сортів з високим вмістом антигену МВК. На другому етапі досліджень провели розмноження пробіркового матеріалу та заклали дослід з вивчення віруліцидної активності НЧ Ni щодо МВК в культурі *in vitro* картоплі за різної концентрації НЧ Ni. Перед використанням водну суспензії НЧ Ni розбавляли до потрібної концентрації та доводили значення рН до нейтрального. Суспензію після розведення стерилізували автоклавуванням. Вихідна кількість рослин для варіанту 30 штук.

НЧ Ni вводили в рідке живильне середовище та висаджували живці рослин сортів картоплі з латентною формою МВК. Штативи із живцями розміщали у кліматичну кімнату із штучно регульованими режимом світла, температури і вологості. Температура повітря підтримувалася на рівні 24–25⁰С, освітлення 5 тис. лк., фотоперіод 16 годин, вологість 70%. Зразки рослин вихідного насінневого матеріалу картоплі після культивування в живильному середовищі з додаванням НЧ Ni було піддано діагностуванню на вміст антигенів МВК методом імуноферментного твердофазного (сандвіч) аналізу (DAS-ELISA).

Для контролю якості реакції використовували позитивні контролю до відповідного вірусу виробництва LOWE Biochemica GmbH. Імуноферментний аналіз проводили згідно «Instruction for ELISA: Standard Double Antibody Sandwich Assay (DAS-ELISA)» LOWE Biochemica GmbH. Оцінювання результатів аналізу проводили з допомогою аналізатора-фотометра - Універсальний рідер для мікропланшет ELx800™ №12022014 (табл.1).

Таблиця 1. Віруліцидна активність НЧ Ni щодо МВК в культурі *in vitro* картоплі за різної концентрації.

| Сорт/лінія | Концентрація НЧ Ni, мл/л | Оптична щільність антигена, вихідна зараженість | Оптична щільність антигена, експозиція | Різниця оптичної щільності антигена, +/- |
|---------------|--------------------------|---|--|--|
| 20 Жит 1/1 2п | контроль | 2,583 | 2,579 | -0,004 |
| 20 Жит 1/1 2п | 100 | 2,893 | 2,613 | -0,280 |
| 20 Жит 1/1 2п | 25 | 2,084 | 1,780 | -0,304 |
| 20 Жит 1/1 3п | контроль | 2,264 | 2,189 | -0,075 |
| 20 Жит 1/1 3п | 100 | 2,449 | 2,188 | -0,261 |
| 20 Жит 1/1 3п | 25 | 2,087 | 1,776 | -0,311 |
| 20 Мр 1/2 1п | контроль | 2,275 | 2,145 | -0,13 |
| 20 Мр 1/2 1п | 100 | 2,306 | 1,924 | -0,382 |
| 20 Мр 1/2 1п | 25 | 1,846 | 1,667 | -0,179 |
| 20 Мр1/7 4п | контроль | 2,317 | 2,361 | -0,044 |
| 20 Мр1/7 4п | 100 | 2,416 | 1,995 | -0,421 |
| 20 Мр1/7 4п | 25 | 1,846 | 1,579 | -0,267 |

Дослідженнями виявлена тенденція до зменшення концентрації продукту ферментної реакції в рослинах картоплі після експозиції на живильному середовищі з НЧ Ni. За використання класичного живильного середовища Мурасіге - Скуга зниження вмісту вірусної інфекції МВК перебувало в межах статистичної помилки. Також не виявлено стабільної залежності впливу концентрації НЧ Ni на зменшення ступеню зараження рослин вірусною інфекцією МВК.

Levkivsky I.V., Vushnevska O.V.

Institute of Potato Growing of the National Academy of Sciences, 22 Yaroslav Mudry Street, village Nemishaeve, Buchansky district, Kyiv region iknaan.ukr@gmail.com

Antiviral properties of nickel nanoparticles when used in pre-based seeding of potato seed starting material in artificial conditions

Studies have revealed a tendency to decrease the concentration of the enzyme reaction product in potato plants after exposure to a nutrient medium with Ni nanoparticles. With the use of the classic Murashige-Skuga nutrient medium, the decrease in the content of the viral infection of the MVK was within the limits of statistical error. No stable dependence of the effect of the concentration of Ni NPs on mixing the degree of infection of plants with viral infection of PVM was found.

ЛІСОВА Г.М

Інститут захисту рослин НААН, м. Київ, 03022, вул.. Васильківська, 33, mail_gl@ukr.net

СТІЙКІСТЬ МАЙЖЕ ІЗОГЕННИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ СОРТУ THATCHER ДО ЗБУДНИКА БУРОЇ ІРЖІ ПШЕНИЦІ (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) В 2022-2023 РОКАХ

На всій території України в місцях вирощування пшениці поширеним є збудник бурої іржі (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*). Його вплив на рослини пшениці позначається на якості і кількості врожаю. Сьогоднішні умови не завжди сприяють вчасному і якісному проведенню робіт із застосування хімічних засобів захисту рослин, тому необхідною є інформація щодо ефективності генів стійкості пшениці з метою залучення їх до селекційного процесу. Також необхідним є розуміння того, які гени стійкості мають низьку ефективність в умовах Правобережного Лісостепу України. Метою досліджень було визначити ефективність відомих генів стійкості пшениці і з'ясувати рівень такої ефективності для зони Правобережного Лісостепу України.

В 2022-2023 рр. в умовах дії місцевої популяції патогена, типової для зони Правобережного Лісостепу України, визначено ефективність відомих генів стійкості із застосуванням генетичної моделі. В якості рослинного матеріалу використовували набір майже ізогенних за гемами стійкості до збудника бурої іржі ліній пшениці сорту Thatcher та сортів, носіїв відомих генів стійкості, які внесені до міжнародного набору.

Дослідження проводили на дослідній ділянці Інституту захисту рослин НААН лабораторії імунітету сільськогосподарських рослин до хвороб, Київська обл. (Селекційно-виробничий відділ Інституту фізіології рослин та генетики НАНУ). Оцінку проводили за умов високо інфекційного рівня в 2022 році та епіфітотії 2023 року у фазу молочно-воскової стиглості на природному інфекційному фоні за максимального розвитку хвороби, згідно загальноприйнятої методики досліджень (Бабаянц О.В., Бабаянц Л.Т., 2014).

За результатами досліджень встановлено, що прояв стійкості залежить від рівня інфекційного навантаження - в 2022 році за умов високого інфекційного рівня стійкість виявлено у більшості майже ізогенних ліній і сортів, а за умов епіфітотії в 2023 р. – відмічено різке падіння рівня ефективності у більшості генів стійкості:

- в 2022 році до групи генів, які здатні обумовити дуже високий рівень стійкості до всіх місцевих рас збудника (бал 9 - ознаки хвороби відсутні; бал 8 – поодинокі некротичні плями) було віднесено гени стійкості Lr9, Lr18, Lr19, Lr21, Lr27+31, Lr28, Lr32, Lr35, Lr39, Lr40, Lr41, Lr42, Lr24+43, Lr43+Lr21+Lr39, LrTm. В 2023 р. до цієї групи увійшли гени Lr9, Lr25, Lr28, Lr24+43;

- група генів, що обумовлюють стійкість - рослини незначно уражуються патогеном - (бал 8 - поодинокі некротичні плями та уредніюпустили інтенсивністю до 5%; бал 7 - уредніюпустили інтенсивністю до 10%) – в 2022 р. увійшли гени стійкості Lr12, Lr14b, Lr23, Lr26. В 2023 р. до цієї групи увійшли гени Lr19, Lr33, Lr36, Lr21, Lr40, Lr41.

- гени, що обумовлюють стійкість - рослини незначно уражуються патогеном – (бали 7 і 6 - уредніюпустили інтенсивністю від 10 до 15%) – в 2022 р. увійшли гени Lr11, Lr12, Lr14a, Lr22a, Lr24, Lr33, Lr34, Lr36, Lr46, Lr50. В 2023 р. увійшли гени Lr36, Lr39, Lr50.

За підсумком можна виділити ще одну групу генів стійкості, рівень експресії якої визначається як лабільний - має мінливий характер і залежить від рівня інфекційного навантаження і рівня вірулентності популяції патогена в цілому. До неї відносимо всі гени стійкості, які входили до вище перелічених груп в 2022 р., але через епіфітотію 2023 р. втратили стійкість чи значно її знизили.

Так, в 2023 р. рослини ряду майже ізогенних ліній проявили стійкість в фазу молочної стійкості, а в фазу молочно-воскової стійкості за епіфітотійного розвитку хвороби втратили її – Lr2a, Lr2b, Lr12, Lr20, Lr21, Lr22a, Lr23, Lr24, Lr29, Lr30, Lr34, Lr35, Lr37, Lr46, LrB, Lr42, Lr43+Lr21+Lr39.

Всі вище наведені гени стійкості ми радимо використовувати в селекційному процесі з врахуванням особливостей останньої групи. Неefективними до дії всіх рас популяції збудника бурої іржі пшениці в зоні Правобережного Лісостепу України за умов епіфітотійного розвитку хвороби є гени Lr1, Lr2c, Lr3, Lr3ka, Lr3bg, Lr10, Lr11, Lr13, Lr14a, Lr14b, Lr15, Lr16, Lr20, Lr26, Lr 27+31, Lr29, Lr30, Lr32 Lr34, Lr35, Lr37, LrB, Lr42, Lr46. Якщо вони пов'язані з корисними ознаками, їх використання в селекції повинно проводитись за рахунок пірамидування з іншими більш ефективними генами стійкості.

Сам сорт Thatcher в 2022 р. був помірно сприйнятливим (бал 5), а в 2023 р. був стійким (бал 6) в фазу молочної стиглості і сприйнятливим (бал 2) в фазу молочно-воскової стиглості.

Отже, експресія генів стійкості пшениці до збудника бурої іржі залежить від рівня інфекційного навантаження і рівня вірулентності популяції патогена. За умов високого рівня розвитку патогена більшість генів стійкості зберігає високий і помірний рівень експресії, що забезпечує стійкість рослин до дії місцевої популяції патогена. При епіфітотійному розвитку захворювання більшість генів стійкості пшениці значно знижують рівень експресії до помірної сприйнятливості, але значна частина втрачає ефективність до сприйнятливості. За умов епіфітотії гени стійкості Lr9, Lr25, Lr28, Lr43+24 та Lr19, Lr33 Lr36, Lr21, Lr40, Lr41 і Lr36, Lr39, Lr50 здатні забезпечити стійкість рослин до дії місцевої популяції патогена.

Lisova H.M.

Institute of Plant Protection, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Vasylykivska Str., 33, Kyiv 03022, Ukraine, mail_gl@ukr.net

Resistance of nearly isogenic wheat lines of the thatcher variety to leaf rust of wheat (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) in 2022-2023

The expression of wheat resistance genes to the causative agent of leaf rust depends on the level of infectious load and the level of virulence of the pathogen population. Under conditions of a high level of pathogen development, most resistance genes maintain a high and moderate level of expression, which ensures plant resistance to the action of the local population of the pathogen. In epiphytotic development of the disease, most wheat resistance genes significantly reduce their expression level to moderate susceptibility, but a significant number lose their effectiveness to susceptibility. Under epiphytotic conditions, resistance genes Lr9, Lr25, Lr28, Lr43+24; Lr19, Lr33 Lr36, Lr21, Lr40, Lr41 and Lr36, Lr39, Lr50 are able to ensure plant resistance to the action of the local population of the pathogen.

ЛІСОВА Г.М., БОЙКО І.А., КОНОВАЛОВА С.А.

Інститут захисту рослин НААН, м. Київ, 03022, вул. Васильківська, 33, mail_gl@ukr.net

ПРОЯВ СТІЙКОСТІ СОТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ДО ГРУПИ ЗБУДНИКІВ ГРИБНИХ ХВОРОБ ЛИСТЯ В 2022-2023 РОКАХ

Збудники грибних хвороб бурої іржі (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. ex Desm (син. *P. triticina* Erikss), борошнистої роси (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *tritici* Marchal. (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal) та септоріозу листя пшениці (*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg&Crous, 2011 син. *Septoria tritici* Roberge ex Dem.) входять до п'ятірки домінуючих хвороб пшениці в зоні Правобережного Лісостепу України. Їх розвиток різної інтенсивності відмічається кожен рік і при сприятливих умовах для розвитку патогенів вони становлять значну загрозу для врожаю, значного зниження його якості і кількості. В 2022-2023 рр. в умовах дії місцевих популяції патогенів, типових для зони Правобережного Лісостепу України, відмічався різний рівень розвитку захворювання на буру ірж: 2022 рік - високий інфекційний рівень; 2023 р. - епіфітотія. Такі умови зазвичай мають вплив на розвиток інших збудників хвороб, що відмічалось в науковій літературі. Використовуючи природний інфекційний фон трьох збудників грибних листових хвороб пшениці, було досліджено потенціал стійкості сортів пшениці озимої.

В якості рослинного матеріалу використовували колекцію сортів пшениці озимої різного еколого-географічного походження, надану нам з Національного центра генетичних ресурсів рослин України Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН.

Для дослідження було передано колекцію, яка містила 26 сортів з різних селекційних центрів України (18 сортів), США, Німеччини, Швеції та Австрії (по 1 сорту) і 4 сорти з рф. Краса ланів, Гармоніка, Гайок, Вигадка, Принада (Пишна), Патріотка, Проня, Марія, Чернозерна, Асканійська, Академічна 100, Джамала, Генічанка, Соборна, Арабатка, Палітра Фортеця, Асканійська берегиня (UKR); Мого (USA); Atlon (DEU); Dominikus (AUT); Arina (SWE); Новелла, Московская 39, Дельта, Колос Оренбуржя (rus).

Дослідження проводили на дослідній ділянці лабораторії імунітету сільськогосподарських рослин до хвороб Інституту захисту рослин НААН (Київська обл., Фастівський р-н, смт Глеваха. Науково-селекційний відділ Інституту фізіології рослин та генетики НАНУ) в 2022-2023 рр. Обліки проводили в декілька етапів за різних фаз розвитку рослин згідно загально прийнятої методики (Бабаянц О.Б., Бабаянц Л.Т., 2014).

Результати оцінки стійкості сортів пшениці м'якої озимої на природному інфекційному фоні збудників борошнистої роси, бурої іржі та септоріозу листя показали, що групову стійкість до дії всіх трьох збудників хвороб в 2022 р. за умов високого інфекційного рівня розвитку збудника бурої іржі мали сорти Чернозерна, Соборна (UKR), Dominikus (AUT) та Новелла і Дельта (rus). Стійкість до збудників борошнистої роси, бурої листової іржі та зниження стійкості у фазу молочно-воскової стиглості до збудника септоріозу листя проявили сорти Гайок, Винадка, Проня, Академічна 100, Арабатка, Палітра Фортеця, Асканійська берегиня (UKR), Atlon (DEU), Dominikus (AUT), Московская 39 (rus).

В 2023 р. за умов епіфітотійного розвитку збудника бурої іржі стійкість до трьох збудників хвороб зберегли сорти Соборна (UKR), Dominikus (AUT) та Новелла і Дельта (rus). Для всіх сортів в цей рік відмічено зниження стійкості до збудника борошнистої роси з 7-8-6 балів – висока стійкість – стійкість до 6-7 балів- стійкість у вище перелічених сортів і 5-4-3 бали – слабка сприйнятливості – сприйнятливості для решти.

Знизили стійкість за умов епіфітотії збудника бурої іржі сорти Мого (USA), Atlon (DEU), Краса ланів, Принада (Пишна), Патріотка, Марія, Асканійська, Арабатка та Асканійська берегиня (UKR)

Сорт Arina (SWE) не проявляв стійкості до збудника бурої іржі в 2022-2023 рр. (бали 5 в 4, відповідно), проте не знижував показники стійкості до борошнистої роси та септоріозу під час епіфітотії.

Сорти Гайок і Вигадка (UKR) в 2023 р. проявили стійкість (6 балів) до бурої іржі, 7 балів стійкість до борошнистої роси і в фазу молочно-воскової стиглості мали стійкість до септоріозу на рівні 2022р.

Сорти Джамала і Генічанка (UKR) при збереженій стійкості до збудників борошнистої роси та бурої іржі в 2023 р., знизили стійкість до збудника септоріозу в 2023 р.

Сорти Асканійська і Асканійська берегиня (UKR) були стійкими в 2022 р. до збудників борошнистої роси та бурої іржі., а в 2023 р. виявилися сприйнятливими до цих же патогенів і стійкими до збудника септоріозу листя (бали 7-6).

Зниження стійкості до збудника борошнистої роси в 2023 р. відмічено для сортів Асканійська, Академічна 100, Арабатка, Фортеця, Палітра, Асканійська берегиня (UKR), Atlon (DEU).

У сортів Краса ланів, Проня, Чернозерна, Арабатка, Фортеця (UKR), Мого (USA), Atlon (DEU), Московская 39 (rus) в 2023 р. відмічено зниження стійкості до помірної сприйнятливості – сприйнятливості (бали 5-4) до збудника септоріозу листя.

Отже, умови епіфітотійного розвитку одного із збудників листових хвороб мають у деяких сортів вплив і на прояв стійкості до інших патогенів. Це може бути пов'язано із конкурентним розвитком збудників і, звичайно, із генетичним потенціалом сортів щодо резистентності до одночасної дії групи збудників хвороб. За умов значного інфекційного навантаження можливим є зниження експресії відповідних генів стійкості рослини-пшениці.

Lisova H.M., Boyko I.A., Konovalova S.A.

Institute of Plant Protection of the National Academy of Agricultural Sciences, Kyiv, 03022, Vasylkivska St., 33 mail_gl@ukr.net

Demonstration of resistance of winter wheat varieties to the group of fungal leaf diseases in 2022-2023

A high and epiphytotic level of development of wheat pathogens poses a threat to the harvest and significantly reduces its quality and quantity. In 2022-2023, under the conditions of local populations of leaf rust, powdery mildew and septoriosi, typical for the Right Bank Forest-Steppe zone of Ukraine, a different level of leaf rust disease development was noted: 2022 - high infection level; 2023 - epiphytota. Under such conditions, the resistance potential for 26 varieties of winter wheat of different ecological and geographical origin was determined. Varieties that maintain high resistance to all three pathogens have been established. Varieties have been identified that significantly reduce resistance to one or two pathogens.

ЛОСЬ Р.М.¹, ДУБОВИК Н.С.², КИРИЛЕНКО В.В.¹, ГУМЕНЮК О.В.¹, САБАДИН В.Я.², КУМАНСЬКА Ю.О.², СИДОРОВА І.М.²

¹Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України, вул. Центральна буд. 68, с. Центральне, Миронівський ТГ, Обухівський р-н., Київська обл., 08853; mwheats@ukr.net

²Білоцерківський національний аграрний університет МОН України, Соборна площа, 8/1, Біла Церква, Київська обл., 09117; interdc@btsau.edu.ua

ІНДЕКСИ ПОСУХОСТІЙКОСТІ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Спостерігаються циклічні посухи, які з року в рік посилюються через глобальне потепління. Для досягнення високої врожайності пшениці в цих умовах необхідно вирощувати стійкі до хвороб сорти, пристосовані до дефіциту вологи та позитивно реагують на зміни середовища.

Матеріалом для досліджень були шість сортів пшениці: м'якої – МП Фортуна, МП Лада, МП Ювілейна, Аврора миронівська (оригіатор Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МП)), Подолянка (оригіатори МП та інститут фізіології рослин та генетики НААН України (ІФРГ)); твердої – МП Лакомка (оригіатор МП). У досліджах використовували насіння однієї репродукції та однакової фракції. Під час оцінки стійкості сортів пшениці до водного дефіциту були використані модифіковані методики скринінгу пшениці розробленим лабораторним методом «Спосіб оцінки генотипів пшениці м'якої озимої до дії водного дефіциту».

За дослідженими індексами кращими є сорти з меншим числовим значенням індексів толерантності (TOL), стресосприйнятливості (SSI), абіотичної толерантності (АТІ), зниження врожайності (YRR) та відсоткової сприйнятливості до стресу (SSPI). За рештою індексів толерантніші до посухи (середньої врожайності (MP), врожайності (YI), середньої геометричної врожайності (GMP), середньої гармонійної (HM), продуктивності в стресових і сприятливих умовах (SNPI)) генотипи з більшим числовим значенням показника. Згідно з індексом толерантності (TOL) у середньому за дослідженими різниця врожайності становила $TOL = 4,12$ т/га.

В умовах випробування центрального Лісостепу виявлено в сорту МП Фортуна найменшу різницю, й нижче значення, індексу толерантності ($TOL = 2,91$), та за значеннями індексу стресосприйнятливості ($SSI = 0,66$), процентного індексу сприйнятливості до стресу ($SSPI = 18,67$) та індексу зниження врожайності ($YRR = 0,35$). Сорт Аврора миронівська вирізняли за індексом врожайності ($YI = 60,9$), середнім геометричним врожайності ($GMP = 4,15$), індексом продуктивності в стресових і сприятливих умовах ($SNPI = 4,12$) та гармонічним середнім значенням ($HM = 3,47$).

За показниками середньої продуктивності кращим був сорт МП Лакомка ($MP = 4,85$). В умовах випробування північно-східного Лісостепу України сорт МП Ювілейна виділили за: індексом толерантності ($TOL = 1,60$), стресосприйнятливості ($SSI = 0,65$), процентним індексом сприйнятливості до стресу ($SSPI = 12,67$) та індексом зниження врожайності ($YRR = 0,25$). За рештою індексів посухостійкості кращим відмітили сорт МП Лакомка за індексом врожайності ($YI = 86,14$) та індексом продуктивності в стресових і сприятливих умовах ($SNPI = 6,21$), Аврора миронівська: ($GMP = 4,51$), ($HM = 4,37$) та МП Лада ($MP = 7,84$).

Встановлено, що серед досліджуваних зразків високим рівнем посухостійкості, в умовах центрального Лісостепу характеризувалися сорти МП Фортуна та Аврора миронівська за YI, GMP, SNPI, HM індексами. В умовах випробування північно-східного Лісостепу України – МП Ювілейна та МП Лакомка, які за результатами оцінки виділили за TOL, SSI, SSPI, YRR. Відносно високою посухостійкістю також характеризували сорти МП Лада.

**Los R.M.¹, Dubovyk N.S.², Kyrylenko V.V.¹, Humeniuk O.V.¹, Sabadyn V.Y.,
Kumanska Y.O., Sidorova I.M.**

¹The V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat NAAS of Ukraine; mwheats@ukr.net

²Bila Tserkva National Agrarian University; interdc@btsau.edu.ua

Indices of drought resistance of winter wheat varieties

In order to achieve a high yield of wheat in these conditions, it is necessary to grow disease-resistant varieties that are adapted to moisture deficits and respond positively to environmental changes. In the test conditions of the central forest-steppe, found in the MIP Fortuna variety the smallest difference and lower value of the tolerance index (TOL = 2.91), and the values of the stress susceptibility index (SSI = 0.66), percentage stress susceptibility index (SSPI = 18, 67) and yield reduction index (YRR = 0.35). In terms of average productivity, the MIP Lakomka variety was the best (MP = 4.85). In the testing conditions of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine, the MIP Yuvileina variety was distinguished by: tolerance index (TOL = 1.60), stress susceptibility (SSI = 0.65), stress susceptibility percentage index (SSPI = 12.67) and yield reduction index (YRR = 0.25).

ЛЮБИЧ В.В.

Уманський національний університет садівництва, вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., Україна, e-mail: LyubichV@gmail.com

УРАЖЕННЯ РІЗНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ СЕПТОРІОЗОМ

Пшениця озима – головна зернофуражна культура, яка посідає в Україні перше місце серед зернових за посівними площами і валовими зборами зерна. Але фактичний показник врожайності у виробництві значно нижчий за потенційні можливості сортів. Однією з причин цього є масовий розвиток і поширення в агроценозі пшениці захворювань, серед яких значного розвитку набули плямистості листя, викликані збудником септоріозу.

Необхідність покращення фітосанітарного стану посівів зернових культур в Україні та отримання високоякісної сільськогосподарської продукції потребує постійного пошуку шляхів підвищення безпеки доквілля. Серед асортименту пестицидів є стійкі сполуки, які потрапляючи в агроценози кумулюються як у вирощеній продукції так і навколишньому середовищі. Безконтрольне використання пестицидів у біоценозах призводить до появи стійких форм патогенів, посилюючи тим самим інфекційний процес. Саме тому, вирощування стійких сортів є одним із пріоритетних і важливих прийомів. Практичним досвідом і даними наукових установ встановлено, що втрати врожаю від септоріозу листя можуть сягати 30 % і більше. Тому сорт залишається найбільш вагомим фактором підвищення збору зерна та покращення фітосанітарного стану посівів і йому необхідно приділяти першочергове значення.

Дослідження проводили впродовж 2021–2022 рр. на дослідному полі кафедри захисту і карантину рослин Уманського НУС. Предметом досліджень були сорти пшениці озимої вітчизняної та зарубіжної селекції, включені в Каталог сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2021 р. Об'єктом досліджень були збудники септоріозної плямистості листя (*Septoria spp.*). Сорти висівали на ділянках площею 5м² в трьохкратній повторності. Ступінь прояву, розповсюдженість хвороби, стійкість сортів до ураження септоріозом листя впродовж вегетації визначали за загальноприйнятими методиками. Спостереження та обліки проводили у фазі весняного кушення (двічі з інтервалом через 30 діб), виходу в трубку, колосіння і молочної стиглості зерна.

Погодні умови вегетаційного періоду 2021 р. були в цілому сприятливими для збудника септоріозу листя. Перші симптоми ураження було виявлено на початку третьої декади березня. У 2022 р. симптоми захворювання було виявлено в фазу виходу рослин в трубку, тобто в другій декаді травня. Значні коливання середньодобових температур в подальшому не сприяли розвитку і поширенню септоріозу. Найвища інтенсивність та розповсюдженість захворювання рослин пшениці септоріозом за два роки досліджень були в фазі колосіння та молочної стиглості зерна. У 2021 р. ступінь прояву хвороби під час першого обліку складав 1,0–1,5 %, а розповсюдженість хвороби – 30,0–40,0 %. Суттєвої різниці між сортами не встановлено. У 2022 р. ознак септоріозу в фазу весняного кушення не виявлено.

У результаті досліджень були виявлені сорти, які впродовж двох років досліджень значно уражувались збудниками септоріозу листя у фазу виходу рослин в трубку. Ступінь прояву септоріозу в 2021 р. був в межах 41,6–49,7 %. Найнижчий ступінь прояву хвороби був у сорту Благо (41,6 %), а найвищий – у сортів Зорепад, Снігурочка, Господиня, Єрмак, Епоха (49,2–49,8 %). Розповсюдженість септоріозу у 2021 р. була також високою. Залежно від сорту вона коливалась від 60 до 100 %. У 2022 р. ступінь прояву захворювання був у межах 27,1–49,4 %. Розповсюдженість септоріозу була в межах від 60 % (сорта Снігурочка, Господиня) до ураження рослин на 100 % (сорта Зорепад, Трипільська, Єрмак, Донецька 48, Служниця одеська, Борвій).

Періодом найбільш інтенсивного розвитку та високої шкідливості є період колосіння–цвітіння рослин пшениці. В обидва роки досліджень у фазу колосіння зеленими залишались лише листки верхнього ярусу. Кількість уражених листків у 2021 р. в

середньому по сортах складала 0,5–1 листок на стебло, а в 2022 р. від 0,3 до 0,9 листка на стебло.

Ступінь прояву септоріозу листя в 2021 р. залежно від сорту коливався в межах 12,8–24,4 %, розповсюдженість – 45–90 %. Показники інтенсивності та поширеності були найнижчими у сортів Пивна, Копилівчанка, а найвищими – у сортів Землячка Одеська, Нива Київщини, Ярославна та Ластівка Одеська.

У 2022 р. висока стійкість проти захворювання спостерігалась у сортів Шестопапівка, Копилівчанка, Землячка Одеська та Миронівська 61. Найвищий ступінь ураження та розповсюдженість септоріозу виявлено у сортів Диканька, Василина та Нива Київщини.

Кількість уражених листків у фазу молочної стиглості зерна у 2021 р. в середньому по сортах, складала 0,5–1 листок на стебло, а в 2022 р. від 0,3 листка на стебло (сорт Пивна, Копилівчанка, Землячка одеська, Миронівська 61) до 1,5 листка на стебло (сорт Василина).

Ступінь прояву септоріозу листя в 2021 р. залежно від сорту коливався в межах 26,4 – 35,4 %, розповсюдженість від 60 до 100 %. У сортів Шестопапівка, Диканька, Нива Київщини, Ярославна та Ластівка одеська на час молочної стиглості всі листки були відмерлими. У 2022 р у сортів Пивна, Копилівчанка, Миронівська 61 та Землячка одеська на верхніх листках ступінь прояву септоріозу був 3,8–4,2 %, поширеність – 22–31 %. У решти сортів ступінь прояву хвороби коливався від 8,9 % (сорт Диканька) до 14,5 % (сорт Василина). У сорту Шестопапівка всі листки були відмерлими. Розповсюдженість септоріозу коливалась від 22 % (сорт Копилівчанка та Землячка одеська) до 100 % (сорт Диканька і Василина).

У 2021 р. у фазі виходу в трубку на всіх сортах спостерігалась слабка інфекція на нижній третині рослини, нижні листки були уражені помірно. В фазу колосіння ми спостерігали значне ураження нижніх і середніх листків з інфекцією та одиничними проявами на прапорцевому листку. В молочній стиглості зерна відмічалось ураження всіх листків, а на сортах Шестопапівка, Диканька, Василина, Нива Київщини, Ярославна та Ластівка одеська провести обліки було неможливо, оскільки листки до цієї фази вегетації відмерли. У 2022 р. прояв захворювання характеризувався стрімким наростанням у фазу колосіння та молочної стиглості зерна. Так, якщо у фазу виходу в трубку ми спостерігали поодинокі локальні ураження тільки на нижніх листках, то в фазу колосіння і молочної стиглості зерна септоріозом уражені були всі рослини. У сорту Шестопапівка листки до цієї фази вегетації відмерли.

Ступінь прояву та розповсюдженість септоріозу листя сортів пшениці озимої залежали від погодних умов, фази вегетації культури та сорту. Найвища інтенсивність та розповсюдженість захворювання рослин пшениці септоріозом були в фазі колосіння та молочної стиглості зерна. Залежність між ступенем прояву та розповсюдженістю септоріозу листя відрізнялась по сортах.

Liubych V.V.

Uman National University of Horticulture, str. Instytutska, 1, Uman, Cherkasy region, Ukraine,
e-mail: LyubichV@gmail.com

Different varieties of soft winter wheat infected by septoriosi

The degree of manifestation and spread of septoriosi of the leaves of winter wheat varieties depended on weather conditions, the vegetation phase of the crop and the variety. The highest intensity and spread of wheat plant disease with septoriosi were in the earing and milky ripeness phase of the grain. The relationship between the degree of manifestation and the prevalence of septoriosi of leaves differed by variety.

МАХАРИНСЬКА Н.М.

Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України,
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17,
e-mail: nadjavasko@ukr.net

МОРФОМЕТРИЧНІ ОЗНАКИ СТІЙКОСТІ РОСЛИН ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ДО ПОСУХИ

Важливу роль у продуктивності рослин відіграє його асиміляційний апарат, що пов'язаний з одним із фундаментальних процесів – фотосинтезом. Визначальними ознаками, що впливають на архітектуру рослин та потенціал урожайності пшениці, вважають морфологічні ознаки прапорцевого листка. Вплив кута нахилу прапорцевих листків на ефективність перехоплення світла, швидкість фотосинтезу та урожайність досліджують з 1960-х років, однак про генетичний контроль цієї складної ознаки поки ще відомо небагато. Значну роль у функціонуванні листків та рослин може відігравати товщина листкової пластинки, яка пов'язана з видовою або генотипною стратегією акумуляції і використання асимілятів. До того ж, питома площа листків може впливати на перехоплення та ефективність використання світла.

Метою роботи був пошук морфометричних ознак стійкості рослин озимої пшениці до несприятливих умов вирощування за показниками асиміляційного апарату.

Польові дослідження проводили на ділянках конкурсного сортопробування у дослідному сільськогосподарському виробництві Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (сmt. Глеваха Васильківського району Київської області). Ґрунти на ділянках – світло-сірі, опідзолені легкосуглинкові. Агротехніка догляду за посівами – загальноприйнята для посівів озимої пшениці в лісостеповій агрокліматичній зоні. Норма висіву насіння складала 5,5-6 млн. зерен на гектар. За період вегетації було внесено 145 кг/га діючої речовини азоту і по 90 кг фосфору і калію ($N_{145}P_{90}K_{90}$). Протягом вегетації проводили підживлення рослин, боротьбу зі шкідниками та хворобами. Облікова площа кожного з 4-х повторень складала 20 м². Вивчення морфометричних показників продукційного процесу проводили як для головного, так і для середнього пагонів озимої пшениці. В останньому випадку рослини відбирали підряд з одного рядку довжиною 50 см і формували середню пробу по 5 пагонів в кожному з 4 повторень (20 пагонів загалом). Фенологічні спостереження за фазами розвитку рослин проводили за зовнішніми морфологічними змінами рослин раз у кожні 3-4 доби. Фенологічну фазу фіксували в день, коли її спостерігали у 75% головних пагонів рослин.

Варіабельність показників асиміляційної поверхні листків окремих ярусів 6-ти сортів озимої пшениці (Київська-17, Городниця, Порадниця, Почайна, Краснопілка, смуглянка) в репродуктивний період розвитку досліджено в польових експериментах за умов природної посухи, викликаній нестачею опадів в період наливання зерна.

Досліджені сорти не відрізнялися за положенням листків на стеблі: всім було притаманно еректоїдне розташування листків верхніх ярусів. Можна також відмітити, що прапорцеві та підпрапорцеві листки зберігали еректоїдність і у фазу молочної стиглості.

У фазу цвітіння таке положення листків на стеблі сприяє кращому проникненню світла до листків нижче розташованих ярусів, а у фазу молочної стиглості, коли нижні листки відмирають – до стебла, яке теж має здатність до поглинання CO₂.

Дослідження питомої маси листків, частіше за все, проводять на прапорцевому листку, якій відіграє важливу роль у забезпеченні зерна асимілятами на пізніх етапах вегетації. Але оскільки на початку репродуктивного періоду, коли площа листків на рослині є максимальною, значний внесок у фотосинтез рослини можуть вносити і нижче розташовані листки, було порівняно питому масу листків всіх ярусів. Більш високу питому масу двох верхніх листків спостерігали у сортів Київська 17 та Господарка, найменшу – у сорту Краснопілка.

Аналіз кореляційного зв'язку показників асиміляційного апарату прапорцевого листка з масою зерна колосу головного пагону в обидві фази показав, що вона була тісно пов'язана з усіма цими показниками у фазу цвітіння та з масою сухої речовини і питомою масою прапорцевого листка у фазу МС.

Отже, сорти озимої пшениці з більшою питомою масою прапорцевого листка та його масою у фазі цвітіння та молочної стиглості відрізнялися вищою зерновою продуктивністю.

Makharynska N.M.

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine, 31/17 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine, e-mail: nadjavasko@ukr.net

Morphometric signs of drought resistance of winter wheat plants

Phenotyping by morphological parameters of winter wheat varieties in field experiments under natural drought showed significant genotypic variability of dry weight main shoot stem and the traits of the flag leaf in the studied varieties of winter wheat. Analysis of the correlation between the assimilation apparatus of the flag leaf with the grain weight of main shoot ear in both phases showed that it was closely related to the area, dry matter weight and specific weight of the flag leaf at anthesis and with the last two indicators at milk ripeness.

ПРИЛУЦЬКА С.В.^{1*}, ДАЩЕНКО А.В.¹, ТКАЧЕНКО Т.А.¹, МОЛОДЧЕНКОВА О.О.², КОТІКОВ В.В.³, МІЩЕНКО Л.Т.^{3*}

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, psvit_1977@ukr.net

²Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення, Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, 65036, Україна

³Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, м. Київ, 01601, Україна, lmishchenko@ukr.net

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНИЙ СТАН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) РІЗНИХ СОРТІВ ЗА ВІРУСНОЇ ІНФЕКЦІЇ ТА ХОЛОДОВОГО СТРЕСУ

Наразі в Україні і світі загалом існує нагальна проблема продовольчої безпеки, спричинена бойовими діями в Європі, погіршенням екологічної ситуації та кліматичними змінами. Екстремальні кліматичні умови, шкідники і хвороби, а також забруднення навколишнього середовища значно впливають на вирощування сільськогосподарської продукції та якість рослинної сировини. Озима пшениця є основною сільськогосподарською культурою України, тому актуальним є вивчення фізіолого-біохімічного стану рослин як за вірусної інфекції, так і холодового стресу.

Метою роботи було вивчити фізіолого-біохімічний стан рослин пшениці декількох сортів за вмістом фотосинтетичних пігментів і активністю антиоксидантних ензимів та ідентифікувати вірусну інфекцію.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили на рослинах пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) сорту Джерсі закордонної селекції та сортів Шестопалівка, Сталева, Лісова пісня і Богдана вітчизняної селекції. Рослинний матеріал відбирали у травні-червні 2023 р. на фермерських полях у Полтавській області. Біоморфометричні вимірювання проводили за загальноприйнятими методиками; вміст фотосинтетичних пігментів (хлорофілів і каротиноїдів) визначали спектрофотометричним методом у спиртовому екстракті при оптичному поглинанні 665, 649 та 441 нм; активність каталази (КФ 1.11.1.6) та аскорбатпероксидази (КФ 1.11.1.11) визначали спектрофотометричним методом при оптичному поглинанні 410 нм і 290 нм у динаміці, відповідно; ідентифікацію вірусів проводили за допомогою імуноферментного аналізу (DAS-ELISA) з використанням комерційних тест-систем фірми LOEWE (Німеччина) до трьох вірусів (ВСМП, ВЖКЯ і ВКП), які найбільше уражують пшеницю. Статистичну обробку результатів досліджень проводили загально прийнятими методами варіаційної статистики, програмного забезпечення Microsoft Excel 2010 та GraphPad Prism 7, результати вважались достовірними при значеннях $p < 0,05$.

Результати досліджень. За польових умов проведено порівняльне дослідження контрольних та уражених листків пшениці озимої у фазі виходу в трубку (травень) та у фазі колосіння (червень). При візуальному обстеженні рослин пшениці озимої сортів Джерсі, Шестопалівка, Сталева, Лісова пісня і Богдана було виявлено суттєві відмінності між здоровими та ураженими рослинами з певними симптомами, що супроводжувалося у останніх меншими розмірами висоти стебла, довжини листка, кушцінням, пожовтінням та світло-зеленими і жовтими смужками різної довжини на листках, які поширювалися паралельно до жилкування. Виявлені нами морфометричні зміни можуть свідчити про вірусні інфекції або холодострес у рослин пшениці.

Як відомо, негативна дія біотичних та абіотичних чинників на живий організм призводить до розвитку окисного стресу, який супроводжується дисбалансом між рівнем вільних радикалів та антиоксидантами. Маркерами фізіолого-біохімічного стану рослин на дію стресових чинників є вміст фотосинтетичних пігментів (хлорофіли *a* і *b* та каротиноїди), а також активність антиоксидантних ензимів (каталаза і аскорбатпероксидаза). Значних відмінностей у вмісті фотосинтетичних пігментів між фазами трубкування і колосіння у листках здорових рослин не виявлено. Проте спостерігалось значне зниження вмісту

пігментів у листі уражених рослин сортів пшениці, порівняно зі здоровими (контрольними). Так, у фазі колосіння в листках пшениці ушкоджених рослин вміст хлорофілів *a* і *b* та каротиноїдів був нижчим удвічі у сорту Шестопалівка, утричі у сорту Джерсі та у чотири рази у сорту Сталева відносно показників у здорових рослин. Зниження вмісту хлорофілів свідчить про суттєві зміни у процесах поглинання світла і відповідно ефективності накопичення енергії і відповідно біомаси. Зниження вмісту каротиноїдів також супроводжується порушенням функціонування світлозбираючих комплексів пігментних систем, внаслідок чого порушуються метаболічні процеси, які забезпечують ріст і розвиток рослин.

Крім того, нами було виявлено активацію антиоксидантних процесів у рослин пшениці у фазі колосіння, про що свідчило зростання активності каталази та аскорбатпероксидази на 39% та 51% відносно контролю, відповідно, у сорту Джерсі та на 54% і 41% у сорту Шестопалівка. Отримані результати вказують на активацію захисних систем у рослин.

За використання методу ІФА було підтверджено, що рослини пшениці сорту Шестопалівка інфіковані вірусом смугастої мозаїки пшениці (ВСМП); сорту Сталева – інфіковані ВСМП, вірусом жовтої карликовості ячменю (ВЖКЯ) і вірусом карликовості пшениці (ВКП), а сорту Джерсі – ВЖКЯ. У пшениці сортів Лісова пісня, Богдана не виявлено вірусних хвороб, а зниження вмісту хлорофілів і каротиноїдів, а також активація досліджуваних антиоксидантних ензимів свідчить про реакцію відгуку рослин на холододовий стрес.

Таким чином, отримані результати свідчать про активацію фізіолого-біохімічних протекторних реакцій рослин пшениці за впливу вірусної інфекції та холододового стресу.

Prylutska S.V.^{1*}, Dashchenko A.V.¹, Tkachenko T.A.¹, Molodchenkova O.O.², Kotikov V.V.³, Mishchenko L.T.^{3*}

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
st. Heroes of Oborony, 15, Kyiv, 03041, Ukraine, psvit_1977@ukr.net

²Plant Breeding & Genetics Institute - National Center of Seed and Cultivar Investigation,
Ovidiopolska doroga, 3, Odesa, 65036, Ukraine

³Taras Shevchenko National University of Kyiv,
64/13, Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine, lmishchenko@ukr.net

Physiological and biochemical state of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) of different varieties at viral infection and cold stress

It is studied the physiological and biochemical state of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants of several varieties according to the content of photosynthetic pigments and the activity of antioxidant enzymes and identified a viral infection. At the visual studies of winter wheat plants of Jersey, Shestopalivka, Staleva, Lisova pisnia and Bohdana varieties, significant differences between healthy and damaged plants were found. A significant decrease the content of chlorophylls *a* and *b* and carotenoids in the leaves of affected plants of wheat varieties in comparison with healthy was observed. A significant increase activity of catalase and ascorbate peroxidase was detected in the Jersey and Shestopalivka varieties. Phytoviruses were identified in Staleva and Jersey varieties of wheat plants.

РИМАР Ю.Ю.¹, ЛІСОВА Г.М.², ПРОНІНА О.В.¹, СЛИВКА Л.В.³, РЯБЧУН В.К.⁴,
МОРГУН Б.В.¹

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, м. Київ, 03143,
вул. Академіка Заболотного, 148, yulia-r@i.ua

²Інститут захисту рослини НААН України, м. Київ, 03022, вул. Васильківська, 33,
mail_gl@ukr.net

³Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, м. Київ, 03022,
вул. Васильківська, 31/17

⁴Національний Центр генетичних ресурсів рослин України, Інститут рослинництва імені
В.Я. Юр'єва НААН України, м. Харків, 61060, просп. Героїв Харкова, 142

СТІЙКІСТЬ ВИДІВ ПШЕНИЦІ З РІЗНИМИ ГЕНОМАМИ ДО ЗБУДНИКІВ БОРОШНИСТОЇ РОСИ ТА СЕПТОРІОЗУ ЛИСТЯ

Одомашнення пшениці та багаторічний селекційний тиск призвели до зменшення її різноманіття у культурі та зниження адаптації до дії збудників грибних хвороб. Останнім часом спостерігається посилений розвиток збудників септоріозу листя і борошністої роси пшениці. Їх одночасна дія на рослини пшениці може спричинити втрату врожаю до 50-70 %. У зв'язку з цим, дослідження стійкості різних генотипів пшениці і її родичів з відмінним геномним складом дає можливість виявити потенційні носії стійкості до цих патогенів і дати рекомендації щодо залучення їх до селекційного процесу. Тому метою досліджень було визначити серед колекції пшениці і її диких родичів різного еколого-географічного походження зразки, які є потенційними носіями генів стійкості до збудників борошністої роси та септоріозу листя.

У дослідженнях використовували озимі зразки із зібраної нами колекції, а зокрема види пшениці м'якої, пшениці твердої, пшениці шарозерної, спельти, полби, жита, тритикале та інших диких співродичей пшениці з відмінними геномами. В основному зерновий матеріал було залучено з Національного центру генетичних ресурсів рослин України Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України.

Оцінку стійкості 25 зразків різних видів пшениці, які можуть бути потенційними носіями генів стійкості до дії природних популяцій збудників борошністої роси та септоріозу листя пшениці проводили згідно з загальноприйнятою методикою (Бабаянц О.Б., Бабабянц Л.Т., 2014). Зразки вирощували на дослідній ділянці ІФРГ НАН України впродовж 2022–2023 років за традиційною технологією. Обліки ураження проводили в період максимального розвитку захворювання – у фазу молочно-воскової стиглості. У цей час на листках рослин утворювалися клейстотеції збудника борошністої роси пшениці та некротичні плями з пікнідами збудника септоріозу пшениці. Як контроль рівня стійкості були сорти 'Подільянка' і 'Наталка' (*Triticum aestivum*, геном ABD) – слабка сприйнятливості до збудника борошністої роси (бал 5) та стійкість (бал 6) до збудника септоріозу листя.

Оцінка стійкості показала імунність до двох збудників хвороб у зразків *Triticosecale* var. *ferrugineum*, 'Borislav' (геном ABR), *Secale* subsp. *cereale* (Typus) var. *vulgare* 'Пам'яті Дерев'янка' (геном ABR), *Triticosecale* var. *erithrospermum* 'Борівітер Харківський' (геном ABDR) – бал 9 (дуже висока стійкість, імунність). Висока стійкість і стійкість (бали 9-8 і 7) до збудників борошністої роси та септоріозу листя виявлені у зразків *T. durum* var. *leucurum* 'Шуліндінка' (геном AB), *T. dicoccum* var. *rufum* (геном AB), *T. dicoccum* var. *semicanum* (геном AB), *Triticosecale* var. *erithrospermum* 'Свобода Харківська' (геном ABDR). Стійкість в межах 6-7 балів (інтенсивність розвитку захворювання на лисках рослин від 10 до 15 %) мали зразки *T. durum* var. *leucurum* 'Континент' (геном AB), *T. macha* var. *palaeoimereticum* (геном ABD), *T. sphaerococcum* var. *rubiginosum* 'ЛІ 322-15' (геном ABD).

Серед всіх зразків *T. spelta* (геном ABD) різного еколого-географічного походження (Польща, Німеччина, Таджикистан, Україна) характерним був прояв слабкої сприйнятливості (бали 5 і 4, 3) до місцевої популяції збудника борошністої роси й стійкість (бали 6-7) до збудника септоріозу листя. Серед всіх зразків цього виду виділявся за рівнем

стійкості до збудника септоріозу зразок *T. spelta* var. *duhamelianum* 'Зоря України' (Україна). Можливо, що цей сорт спельти містить ефективні гени стійкості до дії цього патогену. Такі ж результати стійкості проявив зразок *T. vavilovii* var. *vavilovii* (геном ABD) (Вірменія).

Стійкість до збудника септоріозу листя на фоні сприйнятливості до збудника борошнистої роси проявили зразки *T. sphaerococcum* var. *spicatum* 'Шарада' (геном ABD), *T. x palmovae* (*T. boeoticum* – *Ae. tauschii*) (геном A/D). Серед зразків пшениці м'якої озимої подібні результати мав зразок *T. aestivum* var. *erythrosperrum*, 'Метелиця Харківська' (геном ABD). Зразок *T. aestivum* var. *erythrosperrum*, 'Спадщина Одеська' (геном ABD) та *T. aestivum* var. *erythrosperrum*, 'Вигадка' (геном ABD) були слабо сприйнятливими – стійкими (бали 5-6) до обох збудників хвороб.

Як свідчать попередні дослідження визначення стійкості різних видів пшениці до збудників борошнистої роси та септоріозу листя, зразки із наявністю в геномі хромосом групи D мають слабку сприйнятливість – сприйнятливість до збудника борошнистої роси та стійкість до збудника септоріозу листя. Можливо саме в хромосомах групи D містяться ефективні гени стійкості до цього патогену. Наявність в геномі групи хромосом від жита ABR чи окремих хромосом жита сприяє прояву дуже високої стійкості й навіть імунності до дії двох збудників хвороб. Зразок з геномом ABDR проявляє повну імунність до дії місцевих популяцій двох збудників хвороб і підтверджує цінність залучення житніх хромосом у селекційний процес для підвищення стійкості рослин. З цієї точки зору, геном AB твердих пшениць є досить «вдалим поєднанням», яке також сприяє прояву стійкості до двох збудників хвороб.

Таким чином, виявлено, що найбільша стійкість до збудників борошнистої роси та септоріозу детектується у зразках, що поєднують житньо-пшеничні геноми (ABR та ABDR), а також поєднання двох субгеномів AB у пшениці твердої проявляє досліджувану стійкість.

Rymar Yu.Yu.¹, Lisova H.M.², Pronina O.V.¹, Slyvka L.V.³, Riabchun V.K.⁴, Morgun B.V.¹

¹Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 03143, str. Akademika Zabolotny, 148

²Institute of Plant Protection, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, 03022, str. Vasylykivska, 33 mail_gl@ukr.net

³Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 03022, str. Vasylykivska, 31/17

⁴National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine, Yuriev Plant Production Institute National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kharkiv, 61060, ave. Heroiv Kharkiv, 142

Resistance of wheat species with different genomes to pathogens of powdery mildew and leaf septoria

Recently, there has been an increased development of septorioses and powdery mildew leaf pathogens of wheat. Therefore, the aim of the research was to identify samples that are potential carriers of resistance genes to pathogens of powdery mildew and leaf septorioses among the collection of wheat and its wild relatives of different ecological and geographical origins with different genomes. As a result of the work, it was found that the availability of rye chromosomes in the genome contributes to the manifestation of very high resistance and even immunity to the action of two pathogens (the ABR and ABDR genomes). Also, the AB genome of durum wheat shows resistance to the pathogens of the studied diseases.

ТАРАБАН Д.А.¹, КАРПЕЦЬ Ю.В.¹, КОКОРЕВ О.І.², КОБИЗЄВА Л.Н.²,
КОЛУПАЄВ Ю.Є.^{1,2,3}

¹Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, Харків, Україна

²Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН України, вул. Героїв Харкова, 142, Харків, Україна, e-mail: plant_biology@ukr.net

³Полтавський державний аграрний університет, вул. Сковороди, 1/3, Полтава, Україна,

ВПЛИВ МЕЛАТОНІНУ НА СТАН АНТИОКСИДАНТНОЇ ТА ОСМОПРОТЕКТОРНОЇ СИСТЕМ ПРОРОСТКІВ ПШЕНИЦІ ЗА УМОВ МОДЕЛЬНОЇ ПОСУХИ

Нині мелатонін (*N*-ацетил-5-метокситриптамін) розглядається як плейотропна сигнальна молекула, що відіграє важливу роль у регуляції відповідей на дію різних стресових чинників (Buttar et al., 2020). Накопичено великий обсяг даних про позитивний вплив екзогенного мелатоніну на стійкість рослин до абіотичних стресорів (Ciu et al., 2018; Li et al., 2020). Проте досліджено переважно феноменологію, а не механізми стрес-протекторних ефектів мелатоніну. Принаймні одна з причин захисних ефектів мелатоніну пов'язана з модифікацією редокс-гомеостазу. Зокрема, припускають пряму антиоксидантну дію мелатоніну, враховуючи його здатність взаємодіяти з АФК та присутність у рослинах у значній кількості (Arnao, Hernandez-Ruiz, J., 2015; Fan et al., 2018). Однак вплив мелатоніну на редокс-гомеостаз не обмежується прямим антиоксидантним ефектом. У ряді досліджень повідомляється про індукування мелатоніном експресії генів антиоксидантних ферментів (Martinez et al., 2018; Zhao et al., 2018) та його вплив на синтез низькомолекулярних антиоксидантів (Awan et al., 2023).

Особливістю реакції рослин на посуху є накопичення різних осмолітів, насамперед проліну (Joseph et al., 2015) та цукрів (Mukarram et al., 2021). Ці сполуки мають антиоксидантну активність і можуть виявляти мембрано протекторні та антиденатураційні ефекти (Liang et al., 2013; Kolupaev et al., 2019). Відомо, що під впливом мелатоніну у рослин змінюється характер накопичення стресових метаболітів (Shi et al., 2015; Tiwari et al., 2021; Zafar et al., 2020; Sattar et al., 2023). Однак зареєстровані ефекти можуть бути різними. Так, наприклад, повідомляється як про підвищення (Antoniou et al., 2017; Ahmad et al., 2019; Awan et al., 2023), так і про зниження (Zamani et al., 2019; Buttar et al., 2020) вмісту проліну під впливом мелатоніну у рослин різних видів за умов посухи.

Відомо, що адаптивні стратегії сортів пшениці та інших зернових культур можуть суттєво відрізнятися, що може виявлятися у різному внеску в адаптацію до окиснювального стресу ферментативних та неферментативних компонентів антиоксидантної системи (Kolupaev et al., 2023).

Незважаючи на велике значення пшениці як продовольчої культури, вплив мелатоніну на її посухостійкість поки що вивчено лише в поодиноких роботах (Li et al., 2020; Zhang et al., 2023). Особливо фрагментарна інформація про специфічність прояву стрес-протекторних ефектів мелатоніну у сортів із різною стратегією адаптації до посухи. Метою роботи було порівняння реакцій стрес-протекторних систем 2-4-добових проростків пшениці (*Triticum aestivum*) сортів Тобак (псухостійкий) та Досконала (чутливий до посухи) на дію мелатоніну в умовах зневоднення (обробка 15% ПЕГ 6000).

Знезаражене насіння пророщували на воді у чашках Петрі в термостаті при 24°C без освітлення протягом 2 діб. Після цього проростки приблизно однакових розмірів переносили у чашки Петрі з двома шарами фільтрувального паперу, змоченого 15% розчином ПЕГ 6000 або дистильованою водою (контроль). Мелатонін вносили до чашок Петрі для отримання робочих розчинів з концентраціями діапазону 0,2-5,0 мкМ. Після 2-добової експозиції проростків на розчинах ПЕГ 6000 та/або мелатоніну оцінювали біомасу пагонів та коренів проростків, а також визначали біохімічні показники у пагонах.

Обробка мелатоніном у концентраціях 0,2-5,0 мкМ помітно пом'якшувала рістінгібувальну дію осмотичного стресу. Найбільш ефективною виявилася концентрація 1 мкМ. При цьому відзначалися сортові відмінності: позитивний вплив мелатоніну на ріст

коренів та пагонів при осмотичному стресі у сорту Досконала був помітнішим, ніж у сорту Тобак. Вміст продукту пероксидного окиснення ліпідів малонового діальдегіду (МДА) в умовах посухи у сорту Тобак підвищувався майже на 30%, а у сорту Досконала — на 70%. Під впливом обробки мелатоніном цей ефект у нестійкого сорту Досконала знижувався до 35%. У той же час у сорту Тобак зниження вмісту МДА у присутності мелатоніну було менш помітним.

Базова активність супероксиддисмутази (СОД) у стійкого сорту Тобак була суттєво вищою, ніж у нестійкого сорту Досконала. За дії посухи активність СОД знижувалася в обох сортів. Обробка мелатоніном пом'якшувала цей ефект у сорту Тобак, а у сорту Досконала під впливом мелатоніну активність ферменту суттєво збільшувалася і перевищувала величини не лише варіанта з обробкою ПЕГ 6000, а й контролю. Активність каталази у стійкого сорту Тобак за модельної посухи суттєво не змінювалася, обробка мелатоніном також не впливала на цей показник. У той же час у чутливого до посухи сорту Досконала спостерігалось помітне зниження активності каталази при стресі, обробка мелатоніном пом'якшувала цей ефект. Активність гваяколпероксидази у відповідь на дію осмотичного стресу знижувалася як у сорту Досконала, так і (меншою мірою) у сорту Тобак. Під впливом мелатоніну спостерігалася тенденція до стабілізації активності ферменту в обох досліджуваних сортів.

Конститутивний вміст проліну в пагонах проростків стійкого сорту Тобак виявився значно нижчим, ніж у нестійкого сорту Досконала. У відповідь дію модельної посухи він пропорційно підвищувався в обох сортів. Обробка мелатоніном сорту Тобак майже не впливала на характер змін вмісту проліну під час стресу. У той же час у сорту Досконала під впливом мелатоніну відбувалося значне підвищення вмісту проліну в пагонах проростків за умов посухи. Вміст цукрів без стресу у сорту Тобак був помітно вищим, ніж у сорту Досконала. Під впливом модельної посухи в обох сортів відбувалося пропорційне зниження їхньої кількості. Обробка мелатоніном частково нівелювала такий ефект посухи у сорту Тобак, ще помітнішим був її ефект у сорту Досконала: у варіанті з поєднанням впливу мелатоніну та стресу вміст цукрів перевищував значення контролю.

Таким чином, захисна дія мелатоніну пов'язана з нормалізацією функціонування антиоксидантної та осмопротекторної систем за умов посухи і вона певною мірою залежить від сортових особливостей адаптивних стратегій. При цьому більш виражена стрес-протекторна дія мелатоніну виявлялася на проростках чутливого до посухи сорту пшениці.

Taraban D.A.¹, Karpets Yu.V.¹, Kokorev A.I.², Kobzyeva L.N.², Kolupaev Yu.E.^{1,2,3*}

¹State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

²Yuriev Plant Production Institute of the NAAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine,

*e-mail: plant_biology@ukr.net

³Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

Influence of melatonin on state of antioxidant and osmoprotective systems of wheat seedlings under conditions of model drought

Melatonin treatment had a positive effect on biomass accumulation by wheat seedlings under osmotic stress. Under the influence of melatonin, the activity of key antioxidative enzymes superoxide dismutase and guaiacol peroxidase stabilized, as well as the amount of sugars. Melatonin had a more pronounced stress-protective effect on seedlings of drought-sensitive wheat variety. The stress-protective effect of melatonin is associated with normalization of antioxidant and osmoprotective systems functioning under the drought, and it depends to some extent on varietal characteristics of adaptive strategies.

ТИХОНОВ П.С., МОЛОДЧЕНКОВА О.О., МОЦНИЙ І.І., КАРТУЗОВА Т.В.

Селекційно-генетичний інститут-Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення
Овідіопольська дорога, 3, Одеса, Україна, 65036, pavth@ukr.net

МІНЛИВІСТЬ КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ ІЗОФЕРМЕНТІВ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗИ ЗА ВПЛИВУ ГІПЕРТЕРМІЇ ТА ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ У РІЗНИХ ЗА СТІЙКІСТЮ ДО ПОСУХИ ІНТРОГРЕСИВНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ

Ізоферменти супероксиддисмутази (СОД) належать до антиоксидантних ферментів, що є компонентами редокс-сигналіngu рослин, які можуть брати участь у формуванні стійкості рослин до несприятливих абіотичних чинників довкілля. Метою дослідження було вивчити мінливість компонентного складу ізоферментів СОД за впливу гіпертермії та водного дефіциту у різних за стійкістю до посухи генотипів пшениці.

Дослідження проведені на проростках сортів та поліпшених інтрогресивних ліній пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.), отриманих в результаті гібридизації первинних інтрогресивних ліній і амфіплоїдів за участю *Aegilops tauschii* Coss. з сучасними сортами селекції СГІ–НЦНС, що відрізнялися за рівнем стійкості до грибних хвороб та посухостійкості. Проростки вирощували в темряві за температури +25° С та оптимального зволоження протягом 7 діб. Водний дефіцит створювали перенесенням проростків на 10% ПЕГ(6000) та в камеру з вологістю повітря 35-40%. Гіпертермію створювали розміщенням проростків у термостаті при 42°С. Тривалість дії водного дефіциту і гіпертермії – 6 годин. Активність ізоформ СОД визначали за допомогою нативного гель-електрофорезу в кислому середовищі в ПААГ (Радюк та ін., 2013).

Електрофореграми СОД показали наявність окремих ізоформ в різних за молекулярною масою зонах поліакриламідного гелю. Загальна кількість компонентів коливалася від 7 до 10 залежно від зразка. Найбільш насиченою була високомолекулярна зона спектру, що налічувала 5-7 компонентів. Відмінності в електрофоретичних спектрах між окремими сортами і лініями пшениці, що вирощені за сприятливих температурних умов (+25°С) та оптимальному зволоженні, не спостерігалися.

За дії стресових факторів (підвищена температура, водний дефіцит та їх спільний вплив) в проростках пшениці стійких та сприйнятливих до посухи генотипів спостерігався перерозподіл відносного вмісту окремих ізоформ СОД. Так, у посухостійкого сорту Куяльник зменшувався відносний вміст всіх ізоформ СОД. Причому найбільш суттєве зменшення відбувалося за спільної дії водного дефіциту і підвищеної температури. За цих самих умов практично зникали ізоформи ензиму середньої молекулярної маси.

За дії зазначених несприятливих факторів на проростки сприйнятливого до посухи сорту пшениці Панна вплив на вміст окремих ізоформ СОД був більш значним, ніж у посухостійкого сорту Куяльник. Вміст ізоформ високої і середньої молекулярної маси значно зменшувався, а найбільш високомолекулярні ізоформи геть зникали. Найбільш значний вплив у цьому випадку спричиняли водний дефіцит та спільна дія водного дефіциту і підвищеної температури.

Наявність високомолекулярних ізоформ СОД в проростках пшениці за дії стресових факторів (підвищена температура та водний дефіцит) може слугувати індикаторною ознакою посухостійкості рослин пшениці.

Tykhonov P.S., Molodchenkova O.O, Motsnyi I.I., Kartuzova T.V.

Plant Breeding & Genetics Institute - National Center of Seed and Cultivar Investigation,
Ovidiopolska road, 3, Odesa, Ukraine, 65036

E-mail: pavth@ukr.net

Variability of the component composition of superoxide dismutase isozymes under the influence of hyperthermia and water deficit in introgression wheat lines differing in drought tolerance

Under the influence of stress factors (hyperthermia — 42°C, water deficit and their combined effects), a redistribution of the relative content of individual SOD isoforms is observed in wheat seedlings of drought-tolerant and drought-susceptible varieties. The presence of high-molecular SOD isoforms in wheat seedlings under the influence of stress factors (hyperthermia and water deficit) may serve as an indicator of drought tolerance of wheat plants.

ФЕОКТИСТОВ П.О., ГАВРИЛОВ С.В., ЯРМОЛЬСЬКА О.Є.

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, 65036, Одеса, Овідіопольська дорога, 3, e-mail: pbgi@ukr.net

ОПТИМІЗАЦІЯ ДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ ПЕРШОЇ ФАЗИ ЗАГАРТУВАННЯ РОСЛИН ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ДЛЯ ТЕРИТОРІЇ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Методи математичного моделювання агроценозів привертають увагу представників теоретичного та експериментального напрямку в агроекології з певних причин. Практичні успіхи цього напрямку дозволили закріпити впевненість в тому, що математичні моделі можуть стати ефективним засобом інтеграції великого комплексу теоретичних представлень про життєдіяльність агрокосистем для вирішення практичних задач.

Головними вимогами до методології динамічного моделювання агроценозів є необхідність забезпечення об'єктивного представлення стану агроценозу та його керуючих змінних, вибір найбільш раціональної процедури обробки даних, оцінки адекватності процесів, що описуються моделлю, а також отримання надійних доказів, що підтверджують правомірність використання моделі для вирішення конкретних завдань.

Одним з основних умов реалізації потенційної продуктивності озимої пшениці на Півдні України є успішна перезимівля культури. В основі моделювання формування зимостійкості рослинами озимої пшениці лежить морфологічний стан культури перед входженням рослин в зиму, який залежить від агрометеорологічних умов поточного року, строків сівби, часу появи сходів та тривалості осіннього періоду вегетації рослин.

Наявність попередньо розробленої моделі, яка адекватно описує процес формування зимостійкості рослинами озимої пшениці, дозволила провести ряд чисельних експериментів з оцінки впливу агрометеорологічних умов на формування та приріст резервів продуктів фотосинтезу в першу фазу загартування та динаміку вмісту вільної та зв'язаної води в рослинних тканинах у другу фазу загартування.

Найбільший приріст резервів продуктів фотосинтезу спостерігається при $\text{ФАР} = 0,9$ кал/см²*хв та температурі повітря 15 °С, найменший приріст – при $\text{ФАР} = 0,1$ кал/см²*хв та температурі повітря +5 °С, при цьому приріст резервів продуктів фотосинтезу зменшується вдвоє з 0,5 до 0,28 мг/добу.

За умови, що запаси вологи в шарі 0-20 см близькі до найменшої вологості і при збільшенні інтенсивності ФАР до величини 0,9 кал/см²*хв, приріст резервів продуктів фотосинтезу зростає до 0,5 мг за добу.

При поступовому зменшенні вологості ґрунту аж до 0,3 відн. од. від найменшої вологості, приріст резервів продуктів зменшується втричі і становить 0,15 мг на добу.

Далі в ході чисельного експерименту було розглянуто вплив інтенсивності освітленості та температури повітря на динаміку приросту легкокорозчинних вуглеводів у надземній частині та у вузлах кушення рослин озимої пшениці.

При температурі повітря вище +5 °С та ясній погоді, спостерігається найбільший приріст легкокорозчинних вуглеводів – від 3 до 5 мг за добу у вузлах кушення та від 1,8 до 2,5 мг на добу у надземній частині рослин.

При хмарній або похмурій погоді, приріст легкокорозчинних вуглеводів значно зменшується (до 2 мг за добу у вузлах кушення та до 1 мг за добу у надземній частині).

Як вказувалося раніше, в другу половину осені хід зниження температури повітря, особливо в нічні години, призводить до гальмування ростових процесів, і ті продукти фотосинтезу, які не використовуються на приріст надземної та підземної біомаси, йдуть на утворення розчинних вуглеводів у тканинах рослин. Зі збільшенням амплітуди температури повітря спостерігається збільшення приросту розчинних вуглеводів у рослинних тканинах.

Якщо при амплітуді температури повітря $A = 3$ °С приріст розчинних вуглеводів у вузлах кушення на добу дорівнює 0,7...1,25 мг, а в надземній частині – 0,45...0,6 мг, то зі збільшенням амплітуди температури повітря до $A = 15$ °С приріст вуглеводів зростає до 3...5 мг за добу у вузлах кушення, а у надземній частині – до 1,8...2,5 мг за добу. Отримані

результати узгоджуються з літературними даними, згідно з якими накопичення розчинних вуглеводів восени може відбуватися і при змінних температурах повітря, особливо в сонячні дні, коли вдень температура повітря підвищується до +10...+15 °С, а вночі може знижуватись до 0 °С.

У період другої фази загартування простежується тісна залежність між вмістом зв'язаної та вільної води в рослинних тканинах та температурою повітря нижче 0 °С. Чим нижче температура повітря, тим більше вільної води переходить у зв'язану, таким чином, змінюється співвідношення вільної та зв'язаної води, відповідно, кількість вільної води зменшується, а зв'язаної – зростає. Так, при температурі повітря 0 °С відношення вмісту зв'язаної до вмісту вільної води становить 0,095, а при температурі повітря -10 °С відношення зростає до 0,29. Ці результати підтверджують дані, згідно яких вміст зв'язаної води в листках озимої пшениці з наближенням до зими також збільшується.

Таким чином, встановлено залежність приросту резервів продуктів фотосинтезу від інтенсивності ФАР та температури повітря: максимальний приріст спостерігається при поєднанні високої інтенсивності ФАР (0,9 кал / см²*хв) та температури повітря +15 °С. Максимальний приріст легкорозчинних вуглеводів спостерігається при високому рівні освітленості та високому значенні амплітуди температури повітря (A = 12...10 °С). У період загартування рослин, при переході температури повітря через 0 °С у бік негативних температур, відношення вмісту зв'язаної води до вмісту вільної зростає внаслідок переходу вільної води в зв'язану. В першу фазу загартування найбільший вплив на накопичення розчинних вуглеводів має інтенсивність сонячного сяйва вдень та знижені позитивні температури вночі. Отримані результати дозволяють спрогнозувати суму розчинних вуглеводів у вузлах рослинах озимої пшениці під впливом агрометеорологічних умов на дату припинення осінньої вегетації. Помилка між розрахованими модельними значеннями та фактичними даними, отриманих в ході лабораторно-польових досліджень на дату припинення вегетації, становить 7 %.

На основі ідентифікованих параметрів, оптимізовано блок формування зимостійкості рослинами озимої пшениці в динамічній моделі для території Південного Степу України.

Feoktistov P., Gavrylov S., Yarmolska O.

Plant Breeding & Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, 65036, Odesa, Ovidiopolska road, 3, e-mail: pbgi@ukr.net

Optimization of the dynamic model of the formation of first phase of hardening of winter wheat plants for the territory of the southern steppe of Ukraine

The basis of modeling the formation of winter resistance in winter wheat plants is the morphophysiological state of the crop before the plants enter winter, which depends on the agrometeorological conditions of the current year, sowing dates, the time of emergence of seedlings and the duration of the autumn vegetation period of plants. The dependence of the increase in the reserves of photosynthesis products on the intensity of FA and air temperature has been established. The maximum growth of easily soluble carbohydrates is observed at a high level of illumination and a high value of the air temperature amplitude (A = 12...10 °С). During the period of hardening of plants, when the air temperature passes from 0 °С towards negative temperatures, the ratio of the content of bound water to the content of free water increases due to the transition of free water to bound water. In the first phase of hardening, the intensity of sunlight during the day and low positive temperatures at night have the greatest influence on the accumulation of soluble hydrocarbons. The obtained results make it possible to predict the amount of soluble carbohydrates in the nodes of winter wheat plants under the influence of agrometeorological conditions on the date of the end of the autumn vegetation. On the basis of the identified parameters, the winter resistance formation block of winter wheat plants of the dynamic model for the territory of the Southern Steppe of Ukraine was optimized.

FANIN YA.S., LYTUVYENENKO M.A., MOTSNYI I.I., MOLODCHENKOVA O.O.
Plant Breeding & Genetics Institute - National Center of Seed and Cultivar Investigation,
Ovidiopolska road, 3, Odesa, Ukraine, 65036, e-mail: yaroslavfanin96@gamil.com

FEATURES OF NITROGEN ACCUMULATION AND REUTILIZATION IN NEW GENETIC SOURCES OF HIGH PROTEIN OF WHEAT

The basis of the diet of the majority of humanity is a wheat grain. That is why scientifically based wheat breeding has been going on for a long time, more than 100 years, and fundamental changes have taken place during this time. First, extensive varieties were replaced by semi-intensive and then extensive varieties with short-stemmed genes from Krasnodarsky Karlik 1, Zlada Dolina, Norin 10, etc. In recent decades, these fundamentally new genetic sources have helped wheat breeders achieve significant yield gains, but grain quality, which is negatively correlated with productivity, has declined (Barraclough et al., 2014). Since the protein content of grain is the main factor of its nutritional and biological value, and nitrogen is the main substance for protein biosynthesis, studies of the peculiarities of nitrogen uptake and distribution in wheat plants are undoubtedly relevant. The biosynthesis of protein in grain occurs through the use of two sources of nitrogen compounds: the first is the reutilization of nitrogen that was accumulated during growth in vegetative organs (mainly leaves and stem) before flowering, and the absorption of nitrogen from the soil during grain filling (Pochynok et al., 2010). The leaves and stem accumulate the most nitrogen, which is utilized for protein synthesis in the grain. Any increase in grain quality, namely wheat protein content, should be accompanied by an increase in nitrogen uptake and efficiency of its use. Our research aimed to identify genetic systems that could enhance fertilizer uptake and increase the overall protein content of grain.

The research was conducted during the 2019-20 and 2020-21 growing seasons. The varieties were categorized based on the following principles: Odeska 16, an early-stage breeding variety with tall stems; Kuyalnyk carries the short-stemmedness genes *Rht8*, *Rht-B1*, *Rht-D1*; Shchedrist with wheat-rye translocation (1BL.1RS); a line from crosses with *Aegilops tauschii* Coss (Er. 1598/12); a line with the *GPC-B1* gene (Er. 9520 GPC-B1+) and one line without *GPC-B1* gene (Er. 9099 GPC-B1-). The material for the study of the *GPC-B1* gene was the F₆-F₇ lines obtained from crossing the Kuyalnyk variety (*Triticum aestivum* L.) with the *Gpc-B1* gene donor line from *T. turgidum* ssp. *dicoccoides*, which were obtained from Dr. O.I. Rybalka, the introgression lines of bread winter wheat were created by repeated crossing of primary lines, collection samples or amphiploids with the participation of *Ae. tauschii* Coss with modern wheat varieties of PBGI-NCSCI were obtained from Dr. I.I. Motsnyi.

Nitrogen content was measured after each phase of flag leaf emergence, heading, flowering, and grain ripeness. The experiments were conducted using two variants of fertilizer application: the first involved the application of ammonium nitrate at a rate of 60 kg/ha, while the second involved an application rate of 120 kg/ha. The nitrogen/protein content was determined by the Kjeldahl method (Kjeldahl, 1983). The weight of thousand kernels was measured using the standard method (Kindruk, 2003) with two portions in 500 kernels.

According to two years of research, the intensity of nitrogen use in the leaves during the growing season and grain filling was found to be higher compared to the stem. The most significant remobilization of nitrogen content is observed during the earing and milk ripeness phases. In the leaves and stems of intensive varieties (Kuyalnyk, Shchedrist), the percentage of nitrogen content and reutilization is much higher than in Odeska 16. The Kuyalnyk and Shchedrist varieties outperform other genotypes in terms of yield, although they are inferior in terms of protein in grain and protein yield per hectare to Odeska 16 and the Er. 9520 and Er. 1598/12 lines. The Er. 9520 line with the *GPC-B1* gene has a slightly lower nitrogen content in leaves and especially stems than the sister Er. 9099 line without the gene and intensive varieties, but the percentage of nitrogen recycling (reuse) is much higher. This percentage increases especially significantly with increasing agro background, which indicates the influence of the *GPCB1* gene on the processes of nitrogen assimilation and reutilization. The fundamental differences in the line with high protein genes from

Ae. tauschii in the accumulation and utilization of nitrogen compared to intensive varieties are not observed.

Conclusions.

- 1) According to the data of two years, there was a significant difference in the amount of accumulated nitrogen and the percentage of reuse between vegetative organs, the intensity of nitrogen use in leaves during the growing season and grain filling is higher compared to the stem. Therefore, it can be said that it is the nitrogen in the leaf that forms the protein content of the grain.
- 2) Variety Odeska 16 reacts less strongly to the increase in nitrogen content and percentage of reuse than introgression line Er. 1598/12 and other varieties. At the same time, having a lower percentage of recycling, it has a high grain protein content and the weight of thousand kernels compared to other genotypes, especially at low agrobacground. In the leaves and stems of intensive varieties (Odeska semi-dwarf, Kuyalnyk, Shchedrist), the percentage of nitrogen content and reuse is significantly higher than in the extensive variety Odeska 16 and the line with gene *GPC-B1* (Er. 9520). The Odeska semi-dwarf, Kuyalnyk, and Shchedrist varieties outperform other genotypes in terms of yield and have a significant increase in nitrogen and reuse percentage with increased agro background. Although the Er. 9520 line with the *GPC-B1* gene has a slightly lower nitrogen content in leaves and stems than the sister Er. 9099 line without the gene and intensive varieties, the percentage of nitrogen recycling (reuse) is significantly higher.

**MISHCHENKO L.¹, RAHMATOV M.², ARMONIENĖR.³, GORASH A.³,
MOLODCHENKOVA O.⁴, MOTSNYI I.⁴, MISHCHENKO I.⁵, DUNICH A.¹,
DASHCHENKO A.⁵**

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13, Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine

²Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Plant Breeding, Alnarp, Sweden

³Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry (LAMMC)

⁴Plant Breeding & Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigations, Ovidiopolska road, 3, Odesa, 65036, Ukraine

⁵National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroyiv Oborony str, Kyiv, 03041, Ukraine

WHEAT RESILIENCE TO VIRAL AND FUNGAL DISEASES UNDER THE CONDITIONS OF GLOBAL WARMING AND WARTIME

Bread wheat (*Triticum aestivum* L.) is a vital global resource for ensuring food security and feeding the world's population. Even a single year of poor wheat harvests has historically led to social, economic, and political turmoil. Globally, wheat is one of the three major crops, covering 220 million hectares and producing 770 million tons in 2021. Ukraine is one of the five largest exporters of grain on the world market, supplying more than 24 million tons of wheat grain to the world market every year, especially to countries with food shortages). Several countries in Africa and the Middle East are largely dependent on imports of wheat and other crops from Ukraine (Bentley et al 2022). The monitoring and control of plant pathogens is essential to the bio- and food security of the country, as well as the sustainable production of food crops for human and animal consumption, and exports. The underestimation of phytopathogens and the emergence of their new variants pose a significant risk, potentially leading to a global economic crisis and unpredictable consequences. FAO estimates that each year, at least 40% of global food production is lost to plant diseases, with an economic value of US\$220 billion annually. There are several factors contributing to the decrease in cultivated areas, even in regions without active hostilities: i) Limited export opportunities, expensive logistics, and rising fuel prices have made cultivation less economically viable; ii) Mined fields remain uncultivated and serve as reservoirs for virus-infected plants and insects, which can act as potential carriers of viruses; iii) Climatic changes also play a significant role in reducing crop yields, as they do not create favorable conditions for crop improvement. As a result of excessive rains in the autumn of 2022, in many areas of Ukraine, the sowing of winter crops was delayed, which weakened their growth and development in the spring. At the same time, the dry autumn of 2023 does not favor the sowing of winter crops in many regions of Ukraine (as of September 29). Therefore, wheat resilience to abiotic factors is extremely important. Thus, the main goal in this situation should be the creating wheat varieties with complex resistance to viruses, fungi and abiotic factors. As a result, global warming from 1980 to 2008 may have offset some of the wheat yield gains achieved from agro-technical progress and rising atmospheric carbon dioxide (CO₂) content (Lobell et al., 2011). Therefore, the research aimed to monitor wheat damage by the most common viral and fungal diseases which may change over the years due to global warming in Ukraine and Lithuania, some of their biological and molecular properties, to investigate the impact of phytopathogens on yield and plant biochemical defense reactions.

Phytopathological monitoring (long-term) of viral and fungal diseases was conducted on winter wheat crops in various regions of Ukraine, as well as on spring and winter wheat breeding in Lithuania at the Agricultural and Forestry Research Center (LAMMC) in 2023. The following wheat varieties of Ukraine were used in the research: Donskaya polukarlikovaya, Ukrainka poltavskaya, Smuglyanka, Podolyanka, Poliska-90, Kolonia, Jersey, Staleva, Svitanok Myronivskiy, Bozhena, Kuyalnyk, Bereginya Myronivska, Remeslivna, Kalita, Vidrada, Rozkishna, Vasylyna, Akter, Dogmar, Patras, Pamir, Zymoyarka, Bohdana, Kosach, Shestopalivka, Julia, Antonivka, Nova Orzhitsa, Amandus, Krasa Laniv, Trypilska, Producent, Akter, Driada, Lisova pisnia, Vilshana, Panianka, Favoritka, Zhuravka, Aksioma, Melodiya, etc. The following breeding lines and varieties from LAMMC spring wheat breeding plots were also used: No. 4055, No. 4049, NW

124 disB, NW 180 disB, NW 023 disB, NW 324 disA, NW 067 disA, NW 044 B, NW 017 disA, NW 276 disA.

In recent years, with the onset of global warming, there has been an increase in the occurrence of symptoms resembling damage caused by *Wheat streak mosaic virus* (WSMV) and *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) on wheat leaves. Particularly concerning are daytime temperature fluctuations, which negatively impact the young leaves of both winter wheat in Ukraine and spring and winter wheat in Lithuania. This phenomenon is typically observed from mid-May to mid-June in the Ukrainian region (Mishchenko, 2007; 2009; Mishchenko et al., 2018; 2021). In particular, during 2023, distinctive bright chlorotic-yellowish stripes were identified on the experimental site located in the Poltava region, characterized by an arid climate zone. Our research has definitively confirmed the presence of WSMV in Ukraine and its detrimental impact on wheat productivity. The properties of these viruses under simulated microgravity conditions have also been investigated in previous studies (Savenkov et al., 2004; Mishchenko et al., 2004; 2007). In 2020, we discovered *Wheat dwarf virus* (WDV) and documented its impact on crop health (Mishchenko et al., 2021). Additionally, the periodic occurrence of BYDV on wheat, barley, and oats, as documented in earlier research (Mishchenko, 2009; Mishchenko et al., 2014; 2017), in conjunction with the alternating presence of WSMV, suggests climatic changes influencing both virus vectors and the viruses themselves. Using the ELISA method, it was established that BYDV is present in samples with symptoms in Ukraine and Lithuania. BYDV was detected in sections NW 067 dis A and NW 044 B in Lithuanian samples. In Ukraine, BYDV-PAV was discovered 2023 in the Poltava region in the Staleva variety. The DAS-ELISA method also detected WDV in this field No. 2 in the Staleva variety. In contrast, WDV was not detected in any of the examined Lithuanian samples. For the first time, simultaneous monitoring (examination) of wheat crops in Ukraine and Lithuania was carried out for their damage by viral diseases. A comparative analysis of the external symptoms of viral infections in Ukraine with previous years was conducted. It was established that in Ukraine, as in previous years, the most widespread is the WSMV. In 2023, the specified virus was not detected in LAMMC fields in Lithuania. It is the same with WDV – it was discovered only in Ukraine. BYDV was diagnosed on two varieties of winter wheat in Ukraine and two spring wheat lines in Lithuania. It has also been proven that the yield of winter wheat is more significantly reduced by *Fusarium nivale* Ces, compared to the fungus *Pyrenophora tritici-repentis* which appeared in Ukraine in recent years. Wheat viruses reduce yield more strongly (more) than fungi in dry 2019. We detected "cold peaks", i.e. a drop in daily temperatures of more than 18°C, which caused stress symptoms of reddening leaves or the formation of various chlorotic and yellowish-brown stripes or stripes. Phylogenetic analysis of the Ukrainian isolate of WSMV (PP-21-Ukr) showed that it belongs to clade B and all European isolates of this virus, including Lithuanian and other Ukrainian isolates. Mutations in the nucleotide (nt) and amino acid (aa) sequences of the genome of the WSMV can lead to changes in their properties and virulence, thus increasing the epidemiological potential of pathogens. Diagnosis of viral and fungal diseases of wheat is extremely important for developing measures to protect and preserve the environment. This is especially true of chlorotic stripes, which later turn yellow-brown, and purple wheat leaves, which are widespread due to the difference in daily temperatures in both countries. The results of our long-term research on phytopathogens, particularly wheat viruses, have revealed their significant harmful effect on yield, indicating the need for constant monitoring of pathogens and the study of their biological and molecular properties to develop adequate protection measures and minimal crop losses. Wheat varieties resistant to phytopathogens (Bereginya Myronivska, Chaika, Vidrada, Rozkishna, etc.) have been identified, which can be recommended as sources of resilience in various breeding programs. It was detected the dislocation of pro-/antioxidant balance in wheat plants infected by viral and fungal diseases in direction of H₂O₂, lipid peroxidation products accumulation that may be a signal to activation of other defense mechanisms (antioxidants, PR-proteins), formation of plant resilience and further preserve the wheat yield. These biochemical responses to the infection depend on the phytopathogen. Our research demonstrates that predicting the resilience of a specific wheat plants to a particular phytopathogen requires measuring multiple biochemical characteristics, including parameters of Reactive Oxygen Species (ROS) homeostasis, content of chlorophyll and saccharides, activity of protective proteins.

MOLODCHENKOVA O.O.¹, SOKOLOV V.M.¹, SMERTENKO A.P.², NAZAROV T.², MISHCHENKO L.T.³, MOTSNYI I.I.¹, TYKHONOV P.S.¹, BEZKROVNA L.Ya.¹, RYSHCHAKOVA O.V.¹, FANIN Ya.S.¹, LEVITSKY Yu.A.¹, KARTUZOVA T.V.¹, UNTILOVA I.A.¹

¹Plant Breeding & Genetics Institute - National Center of Seed and Cultivar Investigation, Ovidiopolska road,3, Odesa, 65036, Ukraine

²Institute of Biological Chemistry, Washington State University, PO Box 646340, Pullman, WA 99164, USA

³Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13, Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine
e-mail: olgamolod@ukr.net

CELLULAR MECHANISMS OF RESILIENCE TO BIOTIC AND ABIOTIC ENVIRONMENTAL FACTORS IN WHEAT

Wheat is one of the most important cereal crops in the world, providing food for billions of people (FAOSTAT 2021). Wheat yield losses from extreme biotic and abiotic environmental factors represent an acute problem across the world, including Ukraine. Thus, fungal and viral diseases cause significant damage of wheat yield (Mishchenko et al., 2019, 2021, 2022). Drought and hyperthermia also play a role in limiting yield of cereals in Southern arid regions of Ukraine (Lytvynenko, 2016). Thus, the use of agrotechnical, breeding, and biotechnological methods to increase plant resilience to stresses is the key national economical task. Biotic and abiotic stresses induce physiologic, cellular, and metabolomic changes in plants (Backes et al., 2021). It has been shown that protective proteins and redox signaling components (PR-proteins, lectins, inhibitors of proteolytic enzymes, components of ROS homeostasis, salicylic acid, jasmonic acid etc.) contribute to biochemical processes of plant resilience (Kolupaev and Karpets, 2019; Kaur et al., 2022). Many redox reactions occur in chloroplasts, peroxisomes, and mitochondria. One of the key components of ROS metabolism are peroxisomes. Peroxisomes are ubiquitous organelles surrounded by a single membrane. Peroxisomes play many roles in cellular metabolism including photorespiration as part of glycolate cycle, β -oxidation of fatty acids, metabolism of hydrogen peroxide and nitrogen, and in synthesis of the hormones auxin and jasmonic acid (Hu et al., 2012; Nyathi and Baker, 2006).

The goal of our research is to characterize protective reactions in wheat genotypes in response to biotic and abiotic stress factors with the aim to identify biochemical traits of immunity and drought resilience.

The 4-7-day-old seedlings and plants at the heading stage of wheat (*Triticum aestivum* L.) infected by *Fusarium graminearum* Schabe, *Puccinia triticina* Erikss. & Henn., *Puccinia graminis* sp. tritici Erikss. & Henn.), *Wheat streak mosaic virus* (WSMV), *Wheat dwarf virus* (WDV) and under conditions of water deficit, hyperthermia and their combined effect were used for research. Wheat commercial varieties and introgression lines were used in the research. The introgression lines of bread winter wheat were created by repeated crossing of primary lines, collection samples or amphiploids with the participation of *Aegilops tauschii* Coss with modern wheat varieties of PBGI-NCSCI, which differed in the level of resilience to fungal diseases and drought tolerance.

The field trials and greenhouse experiments were conducted during 2018-2022 growth seasons. We measured parameters of ROS homeostasis, activity and composition of protective proteins (trypsin inhibitor, lectins, chitinase, β -1,3-glucanase) using spectrophotometry, protein electrophoresis, hemagglutination of trypsinized erythrocytes, affinity chromatography. Peroxisome abundance was measured using Nitro-BODIPY. The technique for measuring peroxisome abundance was developed by A. Smertenko's team (Hickey et al., 2022). Data processing was performed using Prism Graph 8 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA).

We detected changes of redox balance in wheat plants infected by viral or fungal diseases in direction of H_2O_2 accumulation, lipid peroxidation, and activation of ROS scavenging mechanisms. Our findings demonstrate that peroxisome abundance increases in response to both viral and fungal infections, however biochemical parameters of response are both pathogen and genotype-specific. Our research demonstrate that precise predicting the resilience of a specific genotype to a particular

pathogens requires measuring multiple biochemical characteristics, including parameters of ROS homeostasis, level of peroxisome abundance, activity and component composition of protective proteins (trypsin inhibitor, lectins, chitinase and β -1,3-glucanase), content of chlorophyll, saccharides and flavonoids.

We also analyzed the role of salicylic and jasmonic acids in the formation of wheat resilience to fungal and viral pathogens. One outcome of the salicylic acid and jasmonic acid signaling pathways is induction of protective proteins that contribute to plant immunity. Pretreatment of wheat grain or plants with salicylic acid modulated ROS homeostasis in the plant cells and increased plant resilience to further infection by the phytopathogens.

The changes in the content of lipid peroxidation products, reduced glutathione content, activity of ROS-scavenging enzymes (superoxide dismutase, catalase, peroxidase, glutathione peroxidase), PR-proteins (β -1,3-glucanase, chitinase) under conditions of water deficit, hyperthermia and their combined effect have been established in the seedlings of the wheat lines with different drought tolerance. A significant increase of peroxisome abundance was detected in roots of seedlings under a given abiotic stress factor, especially in the roots of non-drought-tolerant line. This is probably due to the greater sensitivity of the roots to these stress factors and the accumulation of reactive oxygen species, including hydrogen peroxide, products of lipid peroxidation. Peroxisome abundance could change in response to significant destabilization of ROS-homeostasis in the tissues of non-drought-tolerant lines. In addition, it is known that peroxins participate in the biogenesis of peroxisomes. Thus, the increased peroxin expression under the influence of studied stress factors can also affect the level of peroxisome proliferation in wheat plants.

The introgression wheat lines provide a source of genes for improving disease and drought resilience of winter bread wheat. We plan to apply the markers of biochemical reactions involved in resiliency for phenotyping wheat genotypes and identification of resilience. Obtained results can be used for developing varieties with enhanced resilience to fungal and viral pathogens, and drought tolerance.

СЕКЦІЯ 4

***Сучасні методи створення та оцінки
вихідного селекційного матеріалу
сільськогосподарських культур***

***Modern methods for developing and evaluation
of the initial breeding material***

ІВЧЕНКО Т.В., МІРОШНІЧЕНКО Т.М., БАШТАН Н.О., МОЗГОВСЬКА Г.В.

Інститут овочівництва і баштанництва НААН, 62478, вул. Інститутська, 1,
с. Селекційне, Харківський р-н, Харківська обл., e-mail: ovoch.iob@gmail.com

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ МІКРОГРАФТІНГУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЩЕПЛЕННЯ ПОМІДОРА В КУЛЬТУРІ *IN VITRO*

В даний час швидким альтернативним інструментом створення стресотолерантних генотипів помідора, підвищення їх продуктивності та ранньостиглості, а також стійкості до основних хвороб і стресових умов вирощування є щеплення. Перевага щеплених рослин полягає в одержанні прищепю завдяки підщепі необхідної стійкості та розвитку протягом вегетаційного періоду потужнішої кореневої системи. Цей метод є ефективним у тих випадках, коли традиційна селекція, яка є тривалою, не дозволяє швидко створювати стійкі сорти. Дану технологію вже успішно впроваджують у виробництво вчені багатьох країн світу – Нідерландів, Бельгії, Японії, Турції, Канади, Кореї, Китаю та ін. Об'єми ринку щепленого посадкового матеріалу овочевих культур вже перевищують 30 млн. € і щорічно збільшуються. Через підвищену конкуренцію на ринку підщеп селекційні компанії активно використовують на етапі їх створення сучасні лабораторні методи, в тому числі технологію мікрощеплення, яка зберігає основні переваги методу розмноження рослин в культурі *in vitro* – швидке виробництво високоякісного, однорідного за всіма параметрами посадкового матеріалу, вільного від хвороб і шкідників.

Мета – дослідити вплив різних елементів технології мікрографтінгу та умов культивування пробіркових рослин на ефективність щеплення помідора в культурі *in vitro*.

Дослідження виконували у 2023 р. в лабораторних умовах з дотриманням вимог ISO 17025 та ДСТУ 7645:2014. У якості підщепи використовували створений нами гібрид *F₁ Solanum lycopersicum* (інбредна лінія Т-5) / *S. habrochaites* (інбредна лінія Л1), прищепу – верхівки проростків районаного сорту Смаколик довжиною 5, 10, 20, 25 мм, отримані із уведеного в культуру *in vitro* насіння. Досліджували п'ять способів з'єднання підщепи і прищепи в умовах *in vitro*: 1) з'єднання у розщеп без додаткової фіксації; 2) закріплення щеп у стик за допомогою пластикових трубок; 3) закріплення щеп у стик за допомогою алюмінієвої фольги; 4) з'єднання у розщеп з додатковою фіксацією алюмінієвою фольгою; 5) закріплення щеп за допомогою лабораторної плівки Parafilm. Підрощування щеплених експлантатів проводили на трьох варіантах поживних середовищ: 1) безгормональне агаризоване середовище MS (контроль); 2) безгормональне агаризоване середовище MS з половинним вмістом мінеральних речовин; 3) рідке безгормональне середовище MS з половинним вмістом мінеральних речовин з додаванням перліту. Повторність усіх дослідів чотириразова. Силу росту щеплених пробіркових рослин оцінювали через 3 тижні культивування. Визначали життєздатність щеплених пробіркових рослин, та аналізували їх біометричні показники (висоту пагонів, кількість листків, довжину кореневої системи). Експериментальні дані обробляли методом дисперсійного аналізу за допомогою пакету комп'ютерних програм Excel.

Визначено, що зростання мікрощеп в усіх варіантах досліді починалось у середньому на 10-14-ту добу культивування. Найбільший відсоток життєздатних приживлених щеп (64,7 %) визначено за використання способу з'єднання у розщеп без додаткової фіксації (варіант 1). Перевагою даного способу є те, що він не потребує додаткових витратних матеріалів (кліпсів, трубок тощо). Однак за його використання розвиток щеплених рослин відбувається значно повільніше, через що біометричні показники щеплених рослин були нижчими, ніж в інших варіантах. Крім того, навколо місця приєднання прищепи формується калюс із тканин підщепи, із якого в умовах *in vitro* навіть на безгормональному середовищі можуть регенерувати її пагони. Середня частка приживлення прищеп за використання інших способів з'єднання була на рівні 45,2 – 54,5 %. Найкращу фіксацію і швидке зрощування щеп (10 діб) забезпечувало використання у якості фіксатора пластикової трубки (варіант 2). Головною перевагою цього способу є технічна зручність і простота. Вимогою щодо його

застосування є обов'язкове співпадіння щеп між собою та із діаметром трубки, яка використовується. Кількісні результати використання способів з'єднання за використання фольги (варіанти 3 і 4) виявились близькими між собою. За цих способів зрощування підщепи і прищепи відтермінувалось порівняно із попереднім варіантом на п'ять днів, проте пробіркові рослини характеризувались більш високими біометричними показниками. Так, середня висота пагона становила близько 40 мм, а середня довжина кореневої системи – 115 – 120 мм. До переваг даних методів можна також віднести простоту видалення фіксуєчого матеріалу (фольги) після приживлення прищепи. Варіант 5 з використанням для фіксації щеп лабораторної плівки Parafilm не дав позитивних результатів, оскільки при роботі з мікрощепами помідора її використання виявилось технічно незручним.

Встановлено, що на сумісність мікрощеплених рослин-регенерантів впливає розмір первинних експлантатів. Максимальну ефективність мікрощеплення забезпечувало використання у якості підщепи 10 – 14 денних пробіркових рослин, які знаходяться у фазі першої пари справжніх листків. За попередніми результатами оптимальний діаметр щеп, який забезпечує приживлення не нижче 50 % і технічну простоту процесу їх з'єднання – 2 мм, оптимальна довжина підщепи – 30 мм, довжина прищепи – 20 – 25 мм.

У процесі підрощування найбільш сприятливим для розвитку мікрощеплених пробіркових рослин помідора виявилось безгормональне поживне середовище MS з половинним вмістом мінеральних речовин з додаванням перліту (варіант 3). Перліт у даному випадку дозволяв надійно фіксувати рослини у середовищі. Середня висота пагона на даному середовищі становить 46,5 мм, довжина кореня – 126,0 мм, кількість листків – 7,1 шт., що істотно перевищує аналогічні показники контрольного варіанту (відповідно 27,9 мм, 87,5 мм, 4,7 шт.). Параметри рослин регенерантів на агарізованому середовищі MS з половинним вмістом мінеральних речовин (варіант 2) знаходились на рівні контролю. Істотним чинником, який впливав на ефективність приживлення рослин на даному середовищі було співвідношення рідини (власне поживного середовища) до сухого перліту. За використання у якості культуральних посудів скляних банок ємністю 250 мл найбільш оптимальним виявилось додавання 35 мл рідкого середовища на 10 г перліту.

Таким чином, запропоновані елементи методики мікрографтіну дозволяють ефективно проводити щеплення помідора в культурі *in vitro*.

Ivchenko T.V., Miroschnichenko T.M., Bashtan N.O., Mozgovska H.V.

Institute of Vegetable and Melon Growing of NAAS, 62478, Institutska st., 1, Seleksiynе, Kharkiv rg, Ukraine, e-mail: ovoch.iob@gmail.com

Influence of micrografting elements technology on the efficiency of tomato grafting *in vitro*

Research is aimed at determining the influence of various elements of micrografting technology and the cultivation conditions of test-tube plants on the efficiency of tomato grafting *in vitro*. It has been established that the effective methods of connecting tomato scion material are their fixation in a joint with plastic tubes or aluminum foil. After 10-14 days, they ensure the growth of 45.2-54.5% of grafts. The maximum efficiency of micrografting is obtained by using the scion, which is in the phase of the first pair of true leaves. At the stage of growing micrografted tomato plants, high rates of growth of regenerants are ensured by cultivation on a liquid hormone-free nutrient medium MS with half the content of minerals with the addition of perlite.

КРЕМЕНЧУК Р.І., РУДНИК-ІВАЩЕНКО О.І.

Інститут садівництва НААНУ, 03027, Київ-27, вул. Садова, 23, Україна, e-mail: krem07@ukr.net

МІНЛИВІСТЬ ТА УСПАДКУВАННЯ ВМІСТУ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ В АЛЛОТРИПЛОЇДНИХ ГІБРИДІВ ЛАВАНДИ ВУЗЬКОЛИСТОЇ

Селекція лаванди вузьколистої, перспективної для виробництва як ефіроолійної культури, пов'язана з отриманням міжвидових гібридів F_1 на диплоїдному рівні від схрещування різних сортотипів з насиченням донорів необхідних ознак. Відсутність теоретичного обґрунтування по підборі батьківських пар ускладнює проведення спрямованої селекції і створення синтезу гібридів із заданими властивостями. Перспективним напрямком може бути створення гібридного генотипу шляхом міжвидової гібридизації із залученням індукованих поліплоїдних форм. При цьому необхідне попереднє узагальнення закономірностей успадкування у подібних комбінаціях схрещування. Для вирішення поставленого завдання були індуковані амфідиплоїдні форми і проведені спрямовані схрещування з докладним аналізом отриманого потомства з метою розробки теоретичних підходів до підбору батьківських пар для схрещування і прогнозування його результатів.

Вихідні батьківські форми представлені такими хемотипами. Лаванда вузьколиста: сорт Мрія з масовою часткою ефірної олії на сиру масу, мл кущ – 5,6; сорт Лівадія з масовою часткою ефірної олії 5,3; сорт Оріон – 4,9. Амфідиплоїд № 48 взятий в якості материнської форми, у якій масова частка ефірної олії становить 5,9 мл кущ на сиру масу сировини. Між амфідиплоїдом і трьома сортами лаванди вузьколистої проведені міжвидові схрещування та досліджений вміст ефірної олії в отриманих гібридах.

Для створення аллотриплоїдного гібриду F_1 лаванди використовували метод штучної гібридизації, яку проводили в ранкові години. Запилення проводили на другий - третій день пилком дозрілих пиляків з батьківської рослини. В усіх отриманих рослин від міжвидових схрещувань визначали масову частку ефірної олії в сирій рослинній сировині, шляхом гідродистиляції суцвіть на пристрої дистилятора типу Аламб'юк і перераховували на абсолютно суху масу сировини. Експериментальні дані піддавали статистичному опрацюванню.

Для створення гібридів лаванди з високим вмістом ефірної олії до міжвидової гібридизації залучили індукований амфідиплоїд і диплоїдні сорти культури. Як показали дослідження, генетична система амфідиплоїдних форм лаванди характеризується високою стійкістю і відтворюється насіннево. Це пояснюється тим, що розвиваються тільки зиготи, які утворилися в результаті злиття 48-хромосомних гамет з повними геномами батьківських видів. Амфідиплоїд залучений до селекційного процесу як материнські рослини.

Гібридні генотипи, отримані від схрещування амфідиплоїдів з диплоїдом лаванди вузьколистої, мають соматичне число хромосом $2n = 72$, включають два генома *Lavandula angustifolia* (AA) і один *L. latifolia* (геномний склад AA-L), є аллотриплоїдами.

Комбінація схрещування: Амфідиплоїд x Мрія, Амфідиплоїд x Лівадія, Амфідиплоїд x Оріон. Найнижчий показник вмісту ефірної олії у сорту Оріон, а найвищий у амфідиплоїду № 48.

Інтервал варіювання чітко диференційований, ступінь мінливості цього показника низький. Необхідно зауважити, що вихідні форми істотно різняться як за середніми, так і за крайніми значеннями. Особливо велика різниця по мінімальному його вмісту.

Гібридизація амфідиплоїдів з диплоїдними сортами у всіх комбінаціях схрещування призводить до збільшення інтервалу і ступеня мінливості вмісту ефірної олії з проявом гетерозисних форм. При цьому величина гетерозисного ефекту визначається рівнем його вмісту у батьківських формах. Так, за використання як батьківської форми високоолійного сорту Мрія гетерозисний ефект становить 183 %, а при використанні сорту Оріон – 96 %.

Таким чином, відносно величини гетерозисного ефекту спостерігається вплив батьківської форми. Порівняльний аналіз комбінацій схрещування показав, що частка рослин

з гетерозисним ефектом досягає максимально 68,0 % у комбінації схрещування (Амфідиплоїд х Мрія), трохи нижче в комбінації (АМФ х Лівадія) – 53,2 % і мінімальне число в комбінації (АМФ. Х Оріон) - 24,5 %. У першій комбінації схрещування у гібридів зафіксовано максимально високий вміст ефірної олії, а найнижчий в третій комбінації.

За результатами досліджень спостерігали чітку залежність виходу гібридів з гетерозисом від вмісту ефірної олії у батьківських форм. Зі збільшенням цього показника збільшується і число гетерозисних гібридів. Однак необхідно зазначити, що в третій комбінації схрещування значно зросла кількість гібридів з вмістом ефірної олії на рівні кращої батьківської форми: відповідно 36,7 %, в той час як у другій – 19,7 % і 14,1 % у першій.

Висока ефіроолійність гібридів у комбінації схрещування (АМФ × Мрія) обумовлена, ймовірно, генетичними особливостями батьківських форм, зокрема у них виявляється широкий спектр мінливості за вмістом ефірної олії при самозапиленні, що свідчить про їх гетерозиготність. Гетерозиготний характер вихідних генотипів визначає ефект гетерозису, що збільшує можливості відбору гібридів з високим вмістом ефірної олії.

Самий ефективний підбір батьківських пар зі створення аллотриплоїдних гібридів з високою масовою часткою ефірної олії виявився від схрещування (АМФ 48 х Мрія). Великий інтерес для селекції представляють гібриди з інтервалом варіювання масової частки ефірної олії від 8,20 % до 10,20 %. Можливість відбору гібридів з гетерозисним ефектом досить велика. У цій комбінації схрещування вдалося синтезувати гібриди з найвищим вмістом ефірної олії 10,0 % і 10,20 % на абсолютно суху масу сировини, що становить інтерес для селекції.

Таким чином, у схрещуваннях амфідиплоїдів з лавандою вузьколистою сортів Мрія і Лівадія є можливість синтезувати в гібридному потомстві значний гетерозисний ефект з перспективою відбору аллотриплоїдів на високий вміст ефірної олії.

Вивчення комбінаційної здатності батьківських пар зі створення гібридів з високим вмістом ефірної олії показало, що для їх отримання необхідно проводити спрямовані міжвидові схрещування в комбінації амфідиплоїдів з *L. angustifolia* сортом Мрія, які дозволяють синтезувати аллотриплоїди з двома геномами *L. angustifolia* з підвищеною масовою часткою ефірної олії.

Kremenchuk R.I., Rudnyk-Ivashchenko O.I.

Institute of Horticulture of the National Academy of Sciences, 03027, Kyiv-27, str. Sadova, 23, Ukraine, e-mail: krem07@ukr.net

Variability and inheritance of essential oil content in allotriploid hybrids of *Lavandula angustifolia*

We studied the selection of parental pairs from the synthetic creation of allotriploid lavender hybrids with two genomes of *Lavandula angustifolia* Mill. and one *L. latifolia* Medic. with a high content of essential oil. Comparative data on the mass fraction of essential oil in synthesized allotriploids from the crossing of an induced amphidiploid with lavender varieties are presented. The patterns of variability and inheritance of the mass fraction of essential oil in hybrids from different combinations of crossing are discussed.

КУТИЩЕВА Н.М., ОДИНЕЦЬ С.І., ШУДРЯ Л.І.

Інститут олійних культур НААН

Україна. м. Запоріжжя, сел. Сонячне. вул. Інститутська, 1

e-mail: iocnaas@gmail.com

СЕЛЕКЦІЯ СОНЯШНИКУ НА АДАПТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ

Найефективнішим методом одержання високопродуктивних гібридів соняшнику (*Helianthus annuus* L.) стійких до негативних факторів навколишнього середовища, є створення вихідного селекційного матеріалу стійкого до біотичних та абіотичних чинників.

Метою нашої роботи є оцінка стійкості гібридних комбінацій до стресових факторів навколишнього середовища.

Проведені нами дослідження (2021-2022 рр.) спрямовані на визначення стійкості гібридів соняшнику до підвищених атмосферних температур та посухи. Щодо спостережень погодних умов вегетаційного періоду середньодобові температури за роками варіюють від -0,2 до +4,7 °C відповідного місяця. Різниця суми опадів за місяцями становить від -24,0 до +23,0 мм, їх розподіл відбувається не однаково за часом і кількістю. Постає завдання у необхідності створення ліній та на їх основі гібридів соняшнику з високою екологічною пластичністю та стабільністю.

Сівбу соняшнику в 2021 році було розпочато в першій декаді травня при середньомісячній температурі 14,6 °C. Опади становили 17,8 мм. На 8-10 добу були одержані сходи. В цей період температури становили 17,5-20,2 °C та випало 39,8 мм опадів. У травні 2022 р. температура повітря – 15,8 °C знаходилась майже на одному рівні з багаторічною – 16,0 °C. Кількість опадів (16,0 мм) була меншою за середньо багаторічний показник на 24,0 мм.

Червень 2021 року характеризувався високими денними температурами повітря (17,2-26,6 °C). Середньомісячна добова температура становила 22,0 мм, що на 1,3 °C вище середньої багаторічної. Опади були значними, протягом місяця випало 177,0 мм, що на 125 мм більше за багаторічні. Червень 2022 року відзначився підвищеною на 4,7 °C температурою повітря проти середньобагаторічної (19,4 °C) за більше ніж вдвічі меншої кількості опадів (30,0 мм) проти 62,0 мм багаторічних.

В липні 2021 року середньомісячні температури були вище рівня показника багаторічних значень 25,6 (+3,2) °C. Сума опадів за місяць склала 52,0 мм, що більше середньої багаторічної на 2,0 мм. Температура повітря липня 2022 року становила 23,1 °C, що на 0,5 °C вище середньобагаторічної (22,6 °C). Впродовж місяця випало 30,0 мм опадів при 58,0 мм середньо багаторічних.

Температура повітря в серпні 2021 року становила 25,4 °C, що вище на 3,8 °C за середню багаторічну. Опадів за серпень випало 39,0 мм, що на 2,0 мм менше від багаторічних значень. Серпень 2022 року відзначився більшою кількістю опадів (65,0 мм), середньо багаторічні – 51,0 мм за підвищеної на 3,8 °C в порівнянні з середньостатистичною температурою повітря.

Температурний режим вересня 2021 року становив 15,7 °C, що на 2,4 °C вище багаторічних значень. Кількість опадів склала 14,0 мм при середній багаторічній 23,0 мм. У вересні 2022 року випало 55,0 мм опадів, що перевищує середньо багаторічний показник на 22 мм. Середня температура повітря за місяць – 15,9 °C знаходилась майже на одному рівні з середньо багаторічною.

Сума опадів за період вегетації (травень-вересень) склала 321,8 мм в 2021 році і 196,0 мм в 2022 при середній багаторічній 244,0 мм.

Розсадник конкурсного випробування сформовано з 40 зразків міжлінійних гібридів. Відібрані гібриди за кращими показниками в досліді порівнювались з усередненим стандартом, його врожайність становила 3,05 т/га у 2021 році та 2,54 т/га у 2022 році, а олійність 50,81 та 49,11 % відповідно.

Кращі гібридні комбінації сформували врожайність (2021р) в межах від ЗЛ72А х ЗЛ4406В – 3,20 (+0,15) до ЗЛ68А х ЗЛ4532В – 3,75 (+0,70) т/га, перевищення на достовірному рівні НІР_{0,05} – 0,31 т/га мали гібриди ЗЛ96А х ЗЛ4532В – 3,45 (+0,40) т/га, ЗЛ96А х ЗЛ678В – 3,56 (+0,51) т/га та ЗЛ68А х ЗЛ4532В – 3,75 (+0,70) т/га. Гібридні комбінації, які виділились за врожайністю в 2021 році, в 2022 році сформували показник на рівні усередненого стандарту і мали не істотну різницю, від ЗЛ(60х50)А х 4495В 2,44 (-1,0) т/га до ЗЛ72А х ЗЛ4406В 2,62 (+0,08) т/га.

Серед досліджуваних гібридів олійність в насінні в 2021 р. була в межах від ЗЛ96А х ЗЛ678В - 49,86 до ЗЛ72А х ЗЛ4406В – 53,22 %.

Результати проведеного аналізу 2022 року показали, що вміст жиру в насінні був нижчим в порівнянні з 2021 роком, в усередненого стандарту в середньому на 1,7 %, а у представлених зразках ЗЛ72А х ЗЛ4406В на 4,24 %, ЗЛ68А х ЗЛ4495В на 5,07 %. У гібрида соняшнику ЗЛ68А х ЗЛ4532В накопичення жиру в насінні становило 51,93 % (2021 р) і 51,20 % (2022 р), що доводить його екологічну стабільність за ознакою олійності.

Kutishcheva N.M., Odinets S.I., Shudrya L.I.

Institute of Oilseed Crops NAAS, Zaporizhzhya, village Sonyachne, st. Institutska, 1.
iocnaas@gmail.com

Sunflower breeding for adaptive potential

Our research (2021-2022) is aimed at determining the resistance of sunflower hybrids to elevated atmospheric temperatures and drought. The best hybrid combinations generated yields (2021) ranging from 3.20 to 3.75 t/ha. In 2022, they had this indicator at the level of the average standard. Among the studied hybrids, the oil content in seeds in 2021 ranged from 49.86 to 53.22%. Seed oil content was lower in 2022 compared to 2021. In the sunflower hybrid ZL68A x ZL4532V, the accumulation of oil in the seeds was 51.93% (2021) and 51.20% (2022), which proves its environmental stability in terms of oil content.

ЛАВРОВА Г.Д., СІЧКАР В.І., МОЛОДЧЕНКОВА О.О., МУРСАКАЄВ Е.Ш.

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення, Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, Україна, 65036, e-mail: bobovi.sgi@ukr.net

ЕКОЛОГІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ І ПЛАСТИЧНІСТЬ УРОЖАЙНОСТІ, БІЛКОВОСТІ ТА ОЛІЙНОСТІ СОРТІВ СОЇ ЗА УМОВ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

В останні роки соя займає досить значне місце в аграрному секторі України. Її посіви у 2022 р. склали 1,5 млн. га, а валовий збір – 3,7 млн. т. У поточному 2023 році прогнозований урожай сої досягне 4,4 млн. т. Україна розташувалася на 9 місці у світі і на першому в Європі, виробляючи 37% європейської сої. Така увага до цієї культури зумовлена тим, що вона дає досить дешеві високоякісні білок та олію, які мають високий попит на світовому ринку. Білковість та олійність насіння сої залежить від генотипу і суттєво варіює за вирощування у різних еколого-географічних умовах. Здатність зберігати генетично зумовлений рівень продуктивності та біохімічних параметрів насіння в широкому діапазоні кліматичних та агроекологічних умов вирощування є одним із найважливіших показників, що визначають перспективи поширення сорту. Адже сучасні сорти повинні бути не тільки високоврожайними з насінням високої якості, але і стійкими до впливу несприятливих факторів середовища, тобто високоадаптивними.

Виходячи з цього, метою нашої роботи був пошук як найбільш стабільних урожайних, високобілкових та високоолійних генотипів, так і пластичних форм, які добре реагують на покращення умов вирощування зростанням продуктивності та вмісту в насінні білка і жиру, для подальшого їх використання в селекції на адаптивність.

Досліди проводили на полях Селекційно-генетичного інституту, які розташовані у південній частині Причорноморської низовини у степовій зоні Одеської області в період з 2019 по 2022 рік. Матеріалом дослідження слугували 45 сортів сої розсадника екологічного сортовипробування, переважно української селекції, з яких 16 відносяться до ранньостиглої, а 29 – до середньоранньої груп стиглості. Для оцінки пластичності і стабільності використали методику Ебергартта і Рассела, яка базується на розрахунку двох параметрів: коефіцієнта лінійної регресії (b_i) та стандартного відхилення (s^2_d). Перший показує відгук генотипу на зміну умов вирощування, а другий характеризує стабільність сорту в різних умовах середовища. Чим вище значення коефіцієнта b_i , тим інтенсивніше реагує даний сорт на покращення або погіршення агрокліматичних умов. Стандартне відхилення s^2_d характеризує стабільність (гомеостатичність) сорту, тобто здатність зберігати постійність фізіологічних процесів та тим самим утримувати стабільність врожаю. Чим менше числове значення s^2_d , тим стабільнішим є сорт.

За погодними умовами роки випробування мали значні відмінності. За гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) у період вегетації сої зона проведення дослідів відносилась у 2019 та 2022 роках до сухого степу (ГТК=0,68 і 0,48 відповідно); у 2020 році умови вирощування відповідали зоні степу (ГТК=0,74), а у 2021 році – лісостеповій зоні (ГТК=1,23). Для урожайності найсприятливішим був 2021 рік (індекс умов середовища $I_j=8,67$ за середньої урожайності 1,31 т/га, максимальної 2,35 т/га у сорту Антарес), а найбільш несприятливим – 2019 рік ($I_j=-3,18$ $X_{\text{ср}}=0,12$ т/га, $X_{\text{max}}=0,36$ т/га у сорту Данко). Формуванню високої білковості найбільше сприяли умови 2020 року ($I_j=3,41$ за середнього вмісту білка в насінні 41,1%, максимального 44,6% у сорту Феєрія), а найменше – умови 2019 року ($I_j=-2,85$ за середньої білковості 34,8% і максимальної – 38,5% у сорту Ромашка). Щодо олійності, ситуація була протилежною: найбільш сприятливими виявились умови 2019 року ($I_j=2,14$ за середньої олійності 23,4% і максимальної 25,7% у сорту Феміда), а найгіршими – у 2020 році ($I_j=-1,54$ за середнього вмісту жиру 19,7% і максимального – 24,2% у сорту Златослава).

За урожайністю до групи сортів з низьким значенням пластичності ($b_i < 1$) відносились сорти Рапсодія, Феміда, Таверна, Чернівецька 9, Златослава, Аметист, Вільшанка, Білявка, Красуня, Писанка, Артеміда, Різдяна, Смолянка, Перлина зі значеннями b_i від 0,26 до 0,81

відповідно. Ці сорти слабкіше реагували на зміну умов середовища, їх урожайність була невисокою і коливалась в межах 0,15 т/га у сорту Рапсодія до 0,42 т/га у сортів Артеміда і Різдяна та 0,48 т/га у сорту Писанка. За показниками стабільності з цієї групи виділились Смолянка ($s^2_d=0,01$), Феміда ($s^2_d=0,03$), Рапсодія ($s^2_d=0,05$), Красуня ($s^2_d=0,07$), Чернівецька 9 ($s^2_d=0,09$), Перлина ($s^2_d=0,10$). До другої групи увійшли сорти, значення коефіцієнта регресії яких наближається до одиниці, а саме: Слобода, Райдуга, Одеситка, Феєрія, Еврідіка, Байка, Шарм, Княжна, Даная, Ариадна, Медея, Діона. Урожайність таких сортів прямо пропорційно залежала від умов довкілля і змінювалась від 0,34 т/га у сорту Даная до 0,49 т/га у сорту Ариадна, 0,53 т/га у сорту Діона та 0,55 т/га у сорту Шарм. Найстабільнішими серед цієї групи є сорти Еврідіка ($s^2_d=0,06$), Даная ($s^2_d=0,11$) та Медея ($s^2_d=0,12$). Третю групу склали сорти з $b_i > 1$, які значно реагували на зміну умов довкілля: Ромашка, Оріана, Спринт, Симфонія, Аврора, Сяйво, Орфей, Омега вінницька, Серенада, Васильківська, Південна Зоря, Ізмурдна, Золотиста, Данко, Валюта, Мерлін, Ювілейна, Фенікс і Антарес. Їх урожайність знаходилась у межах 0,40 т/га (Симфонія) – 0,69 т/га (Фенікс). За гомеостатичністю найкращі показники мали Антарес ($s^2_d=0,01$), Омега вінницька ($s^2_d=0,05$), Симфонія ($s^2_d=0,07$), Серенада ($s^2_d=0,12$).

Аналогічно у вищевказаних сортів були проаналізовані пластичність і стабільність умісту білка та жиру в насінні. Найвищу середню білковість при $b_i < 1$ показали сорти Одеситка ($X_{\text{сеп}}=39,8\%$, $b_i=0,72$; $s^2_d=0,62$), Серенада ($X_{\text{сеп}}=39,6\%$, $b_i=0,72$; $s^2_d=0,11$), Ромашка ($X_{\text{сеп}}=39,6\%$, $b_i=0,76$; $s^2_d=3,43$) та Валюта ($X_{\text{сеп}}=39,1\%$, $b_i=0,58$; $s^2_d=1,38$), причому у Серенади цей показник був найстабільнішим. Серед пластичних за білковістю сортів ($b_i > 1$) кращими були Антарес ($X_{\text{сеп}}=39,0\%$, $b_i=1,13$; $s^2_d=2,56$), Аврора ($X_{\text{сеп}}=38,6\%$, $b_i=1,32$; $s^2_d=3,39$), Васильківська ($X_{\text{сеп}}=38,5\%$, $b_i=1,2$; $s^2_d=0,34$), який був найбільш гомеостатичним серед цієї групи, і Омега вінницька ($X_{\text{сеп}}=38,5\%$, $b_i=1,25$; $s^2_d=4,62$). Найвищу середню олійність серед сортів, які слабо реагували на зміну умов довкілля, показали Шарм ($X_{\text{сеп}}=23,1\%$, $b_i=0,89$; $s^2_d=0,74$), Смолянка ($X_{\text{сеп}}=23,1\%$, $b_i=0,70$; $s^2_d=0,51$) і Спринт ($X_{\text{сеп}}=22,8\%$, $b_i=0,01$; $s^2_d=1,21$), а серед пластичних сортів найвищий відсоток жиру мали Рапсодія ($X_{\text{сеп}}=22,8\%$, $b_i=1,32$; $s^2_d=0,15$), Феєрія ($X_{\text{сеп}}=22,7\%$, $b_i=1,19$; $s^2_d=0,72$), Красуня ($X_{\text{сеп}}=22,2\%$, $b_i=1,30$; $s^2_d=0,26$) і Золотиста ($X_{\text{сеп}}=22,2\%$, $b_i=1,47$; $s^2_d=2,51$). Найстабільніші за олійністю генотипи мали сорти Данко ($s^2_d=0,01$), Сяйво ($s^2_d=0,03$), Васильківська ($s^2_d=0,05$), Таверна і Валюта ($s^2_d=0,07$), проте вміст жиру в їх насінні був трохи нижчим і коливався від 20,6% (Таверна) до 21,2% (Сяйво).

Ряд сортів поєднували високі показники за кількома параметрами, що вказує на доцільність їх використання у якості вихідного матеріалу для селекції на адаптивність. Заслужують на увагу високобілкові сорти Одеситка і Серенада, які мають високу гомеостатичність за всіма досліджуваними параметрами, а Серенада виділяється також високою врожайністю. Сорт Сяйво добре відзивається на покращення умов вирощування збільшенням як урожайності, так і вмісту білка та жиру, а також характеризується високою гомеостатичністю продуктивності та олійності. Фенікс, Антарес і Васильківська поєднують високу врожайність і білковість насіння, а Шарм, Діона і Золотиста – високу врожайність та олійність.

Lavrova H.D., Sichkar V.I., Molodchenkova O.O., Mursakaiev E.Sh.

The Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Ovidiopolska road, 3, Odesa, Ukraine, 65036, e-mail: bobovi.sgi@ukr.net

Ecological stability and plasticity of yield, protein and oil content of soybean varieties in the southern Steppe of Ukraine

Under the conditions of the southern part of the steppe zone of the Odessa region during 2019-2022, the yield and protein and oil content of 45 varieties of Ukrainian breeding were studied, their plasticity and stability were characterized according to these characteristics. Several genotypes that combine high performance in researched parameters have been identified. These varieties are recommended as a starting material in breeding for adaptability.

ЛИТВИНЕНКО М.А.

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення, Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, Україна, 65036

СУЧАСНІ МЕТОДИ В ПРОГРАМАХ СЕЛЕКЦІЇ ОЗИМОЇ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ

Застосування внутрішньовидової, віддаленої гібридизації, мутагенезу та поліплоїдії в селекції пшениці завжди супроводжується найскладнішими обмежувальними проблемами поєднання в одному генотипі якомога більшої кількості цінних ознак і властивостей, які, як правило, мають від'ємні кореляційні взаємозв'язки. Використання сучасних нетрадиційних методів сприяє вирішенню цих проблем.

В доповіді представлені результати багаторічних досліджень з удосконалення селекційного процесу з озимої м'якої пшениці з використанням біотехнологічних і молекулярно-генетичних методів у відділі селекції і насінництва пшениці СГІ–НЦНС. Зокрема, тривалий період (з 1984 і до цього часу) відділ у співпраці з лабораторією тканинних культур (Махновська М., Ігнатова С., Замбріборщ І. та інші) ведуться дослідження з індукції і використання в селекції андрогенних дигаплоїдів. За цей період було створено і вивчено в селекційному процесі понад 2 тис. дигаплоїдів. При цьому вирішувались наступні завдання:

1. Прискорене введення нової генетичної плазми в генофонд місцевих пшениць. Найбільш значимі результати при виконанні цього завдання отриманні при введенні цінних генів від ярих короткостеблових сортів селекції СІММУТ в генотипи сучасних сортів озимої пшениці СГІ – НЦНС. Наприклад, на базі дигаплоїдної лінії еритроспермум1183/89 (Siano 79 x Одеська 51²) створено цілий рід скоростиглих сортів озимої м'якої пшениці: Знахідка одеська, Манера одеська, Довіра одеська, Основа одеська. Представлена схема селекційних досліджень при створенні цих сортів та їх характеристика.

Ефективність методу отримання подвоєних гаплоїдів була значно підвищена при отриманні та ідентифікації ряду ліній з підвищеною здатністю до гаплопродукції.

2. Другим важливим завданням використання дигаплоїдів є досягнення швидкої (одноактової) гомозиготації селекційного матеріалу, що дозволяє скоротити термін створення нових сортів на 3-4 роки та зменшити обсяги досліджень селекційного матеріалу (на 50 і більше відсотків)

3. Особливо ефективною є розробка і використання удосконаленої технології селекційного процесу при поєднанні традиційних методів з отриманням дигаплоїдів та контролю цінних ознак за генотипом з допомогою біохімічних і молекулярних маркерів. Біохімічні маркери забезпечили значний прогрес в селекції озимої м'якої пшениці за хлібопекарськими властивостями сортів. Комбінування алелей із значним позитивним впливом на хлібопекарні якості під контролем біохімічних маркерів електрофоретичного спектру запасних білків (гліадинів, глютенінів) дозволило у відділі селекції і насінництва пшениці СГІ–НЦНС створити 28 сортів екстрасильної пшениці.

Технологія поєднання біотехнологічних методів отримання дигаплоїдів і молекулярного маркування виявилась найбільш ефективною при залученні в гібридизацію чужорідного матеріалу. Зокрема, введення в генофонд місцевих сортів пшенично-житніх транслокацій (ПЖТ) 1AL/1RS та 1BL/1RS здійснено через отримання дигаплоїдів на відповідному гібридному матеріалі, а на гомозиготних дигаплоїдних лініях проведена з допомогою молекулярних маркерів ідентифікація ПЖТ. Схема цієї технології і її характеристика детально представлена в доповіді. За цією технологією у відділі селекції і насінництва пшениці СГІ–НЦНС створено ряд сортів з житніми транслокаціями – Октава одеська, Ліга одеська, Дума одеська, Житниця одеська, Перемога одеська, Позиція одеська. Всі ці сорти занесені до державного Реєстру із значними перевагами над національними стандартами за врожайністю та іншими хлібопекарськими властивостями і успішно розповсюджуються у виробництві.

Останні роки у відділі проведена серія досліджень з використанням дигаплоїдів і молекулярних маркерів за програмою інтрогресій в місцевий генофонд пшениць генів підвищеного вмісту білку GPC-B-1 та від *Ae. taushi*. Створено ряд ліній (17 шт.) які перевищують сучасні сорти за вмістом білку на 1,5-2,0 %, вирізняються підвищеним вмістом мікроелементів, заліза, марганцю та характеризуються комплексом інших цінних ознак і властивостей.

Таким чином, доповнення традиційних методів селекції сучасними біотехнологічними і молекулярно-генетичними методами в значній мірі підвищує ефективність селекційного процесу з озимої м'якої пшениці і є перспективним напрямом розвитку селекційних досліджень.

Lytvynenko M.A.

The Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Ovidiopska road, 3, Odesa, Ukraine, 65036

Modern methods in common winter wheat breeding programs

During a long period of time (more than 40 years), several stages of research have been carried out on the effective use of modern methods of obtaining androgenic digaploids and molecular genetic marking of certain properties and traits in the process of winter bread wheat breeding. An improved technology of the breeding process based on the optimal combination of traditional and modern methods was developed, which increases the efficiency of breeding work by 20-25% and reduces the time for creating new varieties by 3-5 years. Based on the results of these studies, a number of new winter bread wheat varieties with unique characteristics have been created and are being successfully distributed in Ukrainian production.

МОЦНИЙ І.І., НАРГАН Т.П., ЛИТВИНЕНКО М.А., ГОЛУБ Є.А., СОЛОДЕНКО А.Є.

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення, Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, 65036, Україна, motsnyyii@gmail.com

ПРЕБРИДИНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТРОГРЕСИВНИХ ЛІНІЙ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Сучасні технології селекції озимої пшениці спрямовані на підвищення врожайності та якості зерна. Вони ґрунтуються на інтенсивному використанні генетичних ресурсів рослин, завдяки чому вдалося набагато збільшити потенційну врожайність культури. Проте, разом із зростанням продуктивності сучасних сортів суттєво загострилася проблема генетичного підвищення їх стійкості до впливу біотичних та абіотичних стресових чинників, які можуть істотно знижувати врожай. Прискорення еволюції патогенів, часта поява нових рас, які долають стійкість існуючих сортів, потребує розширення різноманіття селекційного матеріалу, зокрема шляхом віддаленої гібридизації.

Метою дослідження було вивчення агрономічних ознак та стійкості до основних хвороб ліній пшениці, створених методом віддаленої гібридизації дикорослих родичів з сучасними сортами, в сприятливих і посушливих умовах Південного Степу України.

В залежності від року дослідження рослинний матеріал налічував загалом від 50 до 153 гібридних ліній пшениці м'якої озимої, одержаних від схрещування сортів СГІ–НЦНС (Одеська 267, Альбатрос, Селянка, Гурт та ін.) з колекційним зразком (Н74/90-245), оригінальними інтрогресивними лініями (E200/97-2, 592PH16 та E214/09-1) та амфіплоїдами з участю *Aegilops tauschii* Coss (АД Жирова, ES4, ES17, ES20 та ES25), а також рекурентний сорт (Одеська 267) та шість сортів-стандартів для посушливої кліматичної зони України (Антонівка, Куяльник, Мудрість, Ветеран, Оптима і Наснага). Лінії характеризуються різним походженням та ступенем насиченості генетичним матеріалом сучасних сортів. Всі піддослідні лінії виведені методом *Pedigree* в результаті численних перманентних індивідуальних доборів за наявності стійкості до хвороб та чужинних морфологічних ознак як при бекросуванні, так і після кожного самозапилення, починаючи з першого покоління, що розщеплювалося. При виділенні ліній особлива увага приділялася їх константності як за окремими ознаками, зокрема чужинними, так і за їх комплексом. Елітні рослини для створення ліній відбирали без будь-якого хімічного захисту рослин від хвороб та шкідників, в умовах ґрунтово-повітряної осінньої та (або) весняно-літньої посухи, з мінімальним внесенням добрив або без нього, тому сформований рівень урожайності вважали результатом реалізації потенціалу продуктивності та генетично зумовленої стійкості (толерантності) кожної лінії в умовах впливу комплексу абіотичних та біотичних негативних чинників.

Стійкість до поширених захворювань (борошниста роса (*Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici* March.), листкова (*Puccinia triticina* Erikss. & Henn.), стеблова (*Puccinia graminis* sp. *tritici* Erikss. & Henn.) та жовта (*Puccinia striiformis* West.) іржа, септоріоз листя (*Septoria tritici* Rob. ex Desm.) досліджувалась у всіх ліній на природному та штучному інфекційному фоні протягом 2015-2021 років за весь період їх створення та дослідження. Визначали загальний вміст білка за методом Кельдаля, масу тисячі зернин (МТЗ), якість зерна методом седиментації SDS30°K. Дані опрацьовували за допомогою дисперсійного та кореляційного аналізу за допомогою програмного забезпечення Statistica. Для кількісних ознак розраховували коефіцієнт лінійної кореляції Пірсона (r), а для бальних оцінок – непараметричний коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (R_{sp}). Для порівняння середніх значень (M) та аналізу їхньої мінливості використовували найменшу істотну різницю ($HP_{0,05}$), стандартне відхилення (SD), межі варіації (LV) і рівень статистичної значущості (p).

В результаті схрещувань різних першоджерел чужинних ознак із сучасними сортами пшениці були отримані інтрогресивні лінії з чужинними генетичними комплексами стійкості до хвороб, високого вмісту білка та морфологічних ознак, більшість з яких були стійкими до видів іржі завдяки успішній інтрогресії чужинних *Lr*, *Yr* та *Sr* генів з усіх джерел, залучених до гібридизації. Ступінь ураження матеріалу борошнистою россою, листовою та жовтою

іржею, а також септоріозом листя мав широкий діапазон мінливості по роках. Стійкість до хвороб залежала від виду збудника та джерела чужинної мінливості. Найбільш постійною була реакція на стеблову іржу; лінії в більшій мірі різнилися залежно від свого походження, ніж умов року. Стійкість до одного виду іржі була успішно передана з усіх джерел, залучених до гібридизації, але до всіх іржастих захворювань – переважно від зразка Н74/90-245, що містить транслокацію 1BL.1RS у каріотипі та *T. timopheevii* у родоводі. Висока тривала стійкість до стеблової іржі спостерігалась головним чином саме серед похідних колекційного зразка Н74/90-245 з Болгарії, генетичний фон яких був сприятливим для генерування позитивного ефекту транслокації 1BL.1RS як на продуктивні, так і на адаптивні ознаки на півдні України та здатність комбінуватися з іншими генами стійкості. Серед похідних *Ae. tauschii* такі лінії зустрічались дуже рідко. Виявлена низька частота ліній, стійких до борошнистої роси, відсутність стійкості до септоріозу. У всі роки дослідження урожайність не корелювала зі стійкістю до листової іржі. Стійкість до стеблової іржі корелювала із врожайністю, збором білка, натурою та щільністю борошна, що може бути обумовлено ефектом транслокації 1BL.1RS. Вміст білка переважно негативно корелював із урожайністю. Негативна кореляція також спостерігалася між іншими ознаками якості та врожайністю зерна, але ознаки якості переважно позитивно корелювали між собою. Погодні умови впливали на всі ознаки більшою мірою, ніж генотип. В середньому зниження врожайності інтрогресивних ліній в умовах гострої посухи (індекс посухостійкості) складало від 24,4% до 50,7% від урожайності в нормальних умовах (2019 р.) та 25,3% (Куяльник) і 33,4% (Антонівка) у стандартів.

Вибір кращих сучасних сортів і кількість схрещувань з ними виявились важливішими для отримання селекційно цінних ліній, ніж диких видів, які були залучені до гібридизації. Кращі результати як за стійкістю до хвороб, так і за адаптивністю були отримані серед удосконалених ліній, похідних зразка Н74/90-245. Найгірші результати були у ліній з морфологічними ознаками диких видів, за виключенням опушення листової піхви. В умовах посухи майже ізогенні лінії з чужинними генами *Lr42* і *Hz* на генфоні сорту Одеська 267, як правило, показували вищу продуктивність, порівняно з рекурентним сортом і стандартами. За всі роки дослідження виділено 15 ліній-донорів зі стійкістю до хвороб, високими показниками МТЗ, вмісту білка, урожайності та посухостійкості, які були відібрані для подальшої селекційної роботи. Означені лінії при схрещуванні з сучасними високопродуктивними сортами не знижуватимуть їх продуктивність.

Motsnyi I., Nargan T., Lytvynenko M., Golub E., Solodenko A.

Plant Breeding & Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Ukraine, 65036, Odessa, Ovidiopol'skaya road, 3, e-mail: motsnyi@gmail.com

Prebreeding investigations of introgression lines of winter wheat

The study is devoted to investigate the agronomic traits and resistance to the main diseases of bread wheat lines created by the method of wide hybridization of wild relatives with modern cultivars, in favorable and arid conditions of the Southern Steppe of Ukraine. As a result of crosses of various original sources of alien traits with modern wheat cultivars, the introgression lines with alien genetic complexes for disease resistance, high protein content and morphological characters were obtained. 15 donor lines with resistance to diseases, high indicators of weight of 1000 kernels, protein content, productivity and drought resistance were selected for further breeding work.

ПИСАРЕНКО Н.В.¹, ТИМКО М.Г.¹, ЗАХАРЧУК Н.А.²

¹Поліське дослідне відділення Інституту картоплярства НААН, вул. Центральна, 6, с. Федорівка, Коростенський р-н., Житомирська обл., 11699, e-mail: pisarenkonatalia1978@gmail.com

²Інститут картоплярства НААН, вул. Чкалова, 22, смт. Немішаєве, Бучанський р-н, Київська обл., 07853, e-mail: vs_potato@meta.ua

ПОСУХОСТІЙКІСТЬ ВИХІДНОГО СЕЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ У РІЗНИХ ФЕНОЛОГІЧНИХ ФАЗАХ РОЗВИТКУ КАРТОПЛІ

Через зміну клімату у найближчі десятиліття набудуть стрімкого поширення фактори стресу такі як посуха, екстремальна спека та надлишок УФ-випромінювання. Ранній стрес є найбільш шкідливим для формування бульб картоплі, їх маси та врожайності в результаті зниження рівня асиміляції вуглецю та зменшення розподілу асимілятів у бульбах. Чутливість насаджень картоплі до високих температур залежить від генотипу, стадії розвитку рослин і тривалості стресу. Вирішення проблеми стабільного отримання врожаю картоплі при сучасних погодних умовах можливо за рахунок створення та вирошування нових сортів, які характеризуються стійкістю до посухи.

Для пошуку таких сортозразків перспективний селекційний матеріал (33 гібриди і 16 сортів) дослідили та вивчили реакцію генотипів на посуху в період вегетації за фенологічних фаз картоплі: бутонізація (60-й день від садіння), цвітіння (75-й день від садіння) і бульбоутворення (90 і 100-й день від садіння).

Погодні умови 2023 року характеризувалися високими температурами повітря в липні-серпні та тривалим періодом без випадання або незначної кількості атмосферних опадів в травні, липні і серпні, що сприяло можливості оцінити гібриди картоплі різних груп стиглості на стійкість до посушливих умов. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у 2023 році склав: на першій облік 0,4 (II декада липня); при другому обліку 0,7 (III декада липня), що вказує на дуже посушливі кліматичні умови; третьому – 1 посушливі (I декада серпня) і четвертому – 0,1 гостро посушливий період (III декада серпня). Встановлено, що в період вегетації культури (травень-серпень) ГТК становить 0,5.

Дослідження проведено в польових умовах селекційної сівозміни Поліського дослідного відділення ІК НААН. Ґрунти дослідного поля дерново-слабопідзолисті. Характеризуються низькою природною родючістю, високою водопроникністю та слабкою водоутримувальною здатністю.

Високий бал коефіцієнту посухостійкості свідчить, про значну пластичність генотипу та його адаптаційні можливості. При першому обліку (фаза бутонізація) найвищий бал (9 дуже висока резистентність) коефіцієнту посухостійкості (Кпс), проявили більшість досліджуваних сортозразків картоплі: в групі ранньостиглих форм – сорти Тирас, Серпанок, Опілля і Радомисль, перспективні гібриди П.14.3/5, П.17.12/16, П.17.19-12, П.17.38/4, П.17.38/16 і П.17.28-2; в групі середньоранніх зразків: сорти Межирічка 11, Фанатка, Нагорода і Мирослава; гібриди П.13.52-11, П.17.38/20, П.17.24/50, П.16.16-9, П.17.29/21, П.17.4/13, П.17.20-3, П.17.19-21 і П.17.2/5; середньостиглих генотипів: сорти Базалія, Чарунка, Джавеліна і Житниця; вихідний матеріал П.15.36-3, 3.15.96/4, Г.11.23/12, 3.16.40/2, П.17.21/36, П.17.18/9, 3.16.59-10, П.17.34/8 і П.17.39/22.

При другому відборі зразків (фаза цвітіння) спостерігали зниження показника Кпс на 5–12 % у більшості сортозразків. Найвищий бал (9) демонстрували лише: середньоранні сортозразки П.17.19-21 і Мирослава та середньостиглі П.15.36-3, 3.16.59-10, П.17.39/22 і Джавеліна. Слід зауважити, що стійкість до посухи на рівні 8 балів відзначено у сортів: ранні – Серпанок, Тирас, Слаута, Опілля, середньоранній Нагорода і середньостиглі Чарунка і Житниця. Серед гібридного матеріалу високу стійкість демонструють: ранньостиглий П.14.3/5, середньоранні: П.17.24/50, П.17.29/21, П.17.4/13 і П.17.2/5 та середньостиглі: П.17.21/36, П.17.18/9, П.17.43/1, П.17.34/8 і П.17.39/22.

Третій облік досліджень реакції сортів картоплі на посуху (фаза масового накопичення врожаю в ранніх і середньоранніх формах) проводили в період достатнього забезпечення рослин атмосферними опадами на фоні критично високих температур повітря і ґрунту, що сприяло в подальшому зниженню показника Кпс на 8–15 % до попереднього значення в більшості досліджуваних генотипів картоплі. Проте, ряд середньоранніх і середньостиглих селекційних форм характеризувалися незначним зниженням до 3% Кпс в межах відповідного балу, а в окремих навіть зростання до 7 %, на основі чого вони були віднесені до високостійких сортозразків: Мирослава, Летана, Джавеліна, Г.11.23/12, З.16.40/2, П.17.2/5, П.17.18/9, З.16.59-10, П.17.34/8 і П.17.39/22. Відносно високу резистентність до стресу продемонстрували ранньостиглі генотипи – Тирас, Світана, П.14.3/5, П.17.19-12, П.17.38/4, П.17.38/16; середньоранні – Нагорода, З.14.73/9, П.15.43/7, П.17.38/20, П.17.24/50, П.17.29/21, П.17.19-21; середньостиглі – Базалія, П.17.21/36.

Четвертий облік досліджень (період масового накопичення врожаю в середньостиглих формах) проходив за умов відсутності атмосферних опадів на фоні високих температур повітря і ґрунту. Ряд ранніх і середньоранніх сортозразків (П.15.56-10, З.16.50-16, П.17.12/16, П.17.38/4, П.17.38/20, П.17.29/21) призупинили накопичення врожаю і ми спостерігали масове відмирання надземної маси. Зниження коефіцієнту посухостійкості до попереднього значення склало 9–27 %. Розподіл за стійкістю до посухи серед селекційного матеріалу наступний: 7,5 % з дуже високою резистентністю, 5 % з високою, 27,5 % з відносно високою, 20 % з середньою, 30 % з низькою і 10 % з дуже низькою. Підсумовуючи вище зазначене, зауважимо, що не дивлячись на досить жорсткі погодні умови під час вегетації для росту і розвитку генотипів картоплі 40 % селекційного матеріалу проявили високу і відносно високу стійкість до посухи. Серед високо стійких сортозразків слід відмітити: сорти – середньоранні Фанатка і Мирослава, середньостиглі Джавеліна і Житниця; гібриди – ранні П.14.3/5 і П.17.19-12, середньоранні П.17.19-21, П.17.24/50, П.16.16-9 і П.17.2/5, середньостиглі П.17.21/36, П.17.18/9, З.16.59-10, П.17.43/1, П.17.34/8 і П.17.39/22.

За результатами проведених досліджень з вивчення реакції сортів і перспективних гібридів картоплі різних груп стиглості (у різних фенологічних фазах рослин) на стійкість до посухи в умовах нерівномірного зволоження та високих температур повітря та ґрунту, виділено сортозразки з високою і відносно високою стійкістю до стресу з подальшим використанням їх в селекційному процесі для створення резистентних до дії несприятливих абіотичних факторів сортів картоплі.

Pysarenko N.V.¹, Tymko M.H.¹, Zakharchuk N.A.²

¹Polissya Research Department, Institute for Potato Research, NAAS of Ukraine, 6 Tsentralna St., Fedorivka village, Korosten district, Zhytomyr region, 11699, e-mail: pisarenkonatalia1978@gmail.com

²Institute for Potato Research, NAAS of Ukraine, 22 Chkalova St., Nemishaieve, Buchanskyi district, Kyiv region, 07853, e-mail: vs_potato@meta.ua

Drought resistance of the original breeding material at different phenological stages of potato development

The impact of drought can be reduced by growing potato varieties resistant to abiotic stress. The current year 2023 (the growing season of the crop) was 0.5 according to the HTC and is characterised as acutely dry. A number of early and mid-early potato genotypes (100 days after planting) suspended the accumulation of yield, massive dieback of the aboveground mass was observed. It was found that 40% of the studied breeding material showed high and relatively high resistance to drought. During the four trials, high resistance to stress was demonstrated by potato varieties: early P.14.3/5 and P.17.19-12; mid-early Fanatka, Myroslava, P.17.19-21, P.17.24/50, P.16.16-9 and P.17.2/5; mid-season Dzhavelina, Zhytnytsia, P.17.21/36, P.17.18/9, Z.16.59-10, P.17.43/1, P.17.34/8 and P.17.39/22.

ПРКО Я.В.¹, КОЗУБ Н.О.^{1,2}, ЄМЕЦЬ А.І.¹, СОЗІНОВ І.О.², КАРЕЛОВ А.В.¹, СОЗІНОВА О.І.^{1,2}, РАБОКОНЬ А.М.¹, ШИША О.М.¹, КВАСКО А.Ю.¹, БЛЮМ Р.Я.¹, ФЕДАК ДЖ.³, БЛЮМ Я.Б.¹

¹ДУ «Інститут харчової біотехнології і геноміки НАН України», вул. Байди-Вишневецького, 2а, м. Київ, 04123, Україна; yarvp1@gmail.com; cellbio@cellbio.freenet.viaduk.net, yemets.alla@gmail.com

²Інститут захисту рослин НААН, вул. Васильківська, 33, Київ, 03022, Україна; natalkozub@gmail.com

³Eastern Cereal and Oilseed Research Centre, Agriculture and Agrifood Canada, Ottawa, Ontario, K1A 0C6, Canada, george.fedak@AGR.GC.CA

МАРКЕР-ОПОСЕРЕДКОВАНА СЕЛЕКЦІЯ ОЗИМИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ З ГЕНАМИ СТІЙКОСТІ ДО СТЕБЛОВОЇ ІРЖІ *Sr33*, *Sr39*, *Sr40*

Стеблова іржа пшениці, збудником якої є гриб виду *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* Pers., поширена на всіх континентах у багатьох кліматичних зонах, оскільки його спори здатні розноситись вітром на значні відстані і є досить стійкими до несприятливих умов зовнішнього середовища. Існує велика кількість рас *P. graminis*, серед яких на даний момент найбільш шкодочинною є ТТКСК – перша відома раса Ug99. Ця раса була виявлена в Уганді в 1999 р. і відтоді поширилася по всьому Африканському континенту. Наразі окремі вогнища цієї та інших високо вірулентних рас стеблової іржі пшениці виявлено в Ірані, Єгипті, Туреччині, Грузії, деяких країнах Європи. Зараження чутливих сортів пшениці Ug99 призводить до втрат врожаю, які зазвичай можуть складати 40-100%. Дослідження світового генофонду пшениці свідчать про те, що 90% з її поширених сортів є чутливими до тих чи інших рас Ug99. Зокрема, щонайменше 80% з 200 сортів, поширених в США, не змогли впоратись з оригінальною расою Ug99 при перевірці в Міжнародному центрі покращення кукурудзи та пшениці (СІММУТ).

До генів, що надають стійкість пшениці до стеблової іржі, зокрема до Ug99, належать гени *Sr2*, *Sr33*, *Sr39* та *Sr40*, які мають різне походження. Ген *Sr2* походить з *Triticum turgidum*, *Sr33* – з *Aegilops tauschii*, *Sr39* – з *A. speltoides*, *Sr40* – з *T. araraticum* (Singh et al., 2015). Гени *Sr33*, *Sr39* та *Sr40* присутні у канадських ярих лініях пшениці. Зважаючи на те, що більша частина сортів в Україні – озимі, виникає потреба у отриманні озимих ліній пшениці, що містять гени *Sr33*, *Sr39* та *Sr40*. Саме тому, як вихідні форми було взято ярі лінії RL6089, RL 5711, 35H2-3, DH31, що містять гени *Sr33*, *Sr39* та *Sr40* канадського походження та озимі комерційні сорти, що вирощуються в Україні. На цей час отримано насінневий матеріал (покоління F₂-F₅) озимої пшениці від схрещування DH31 X Мирхад, Хуторянка x RL6089, Соломія x RL5711 та інші.

Для детекції алелів стійкості гена *Sr33* у насінні пшениці було використано власно розроблені генетичні маркери (Івашук та ін., 2018). Оскільки послідовності генів *Sr39* та *Sr40* поки що невідомі, з метою їх виявлення у насінневому матеріалі використовували декілька мікросателітних маркерів, зокрема BE500705, Sr39#50, 35R2BCD260F1 та Sr39#22 – для детекції гена *Sr39*, а маркер Xwmc 344 – для детекції гена *Sr40*. ДНК із зерен виділяли за допомогою набору NeoPrep¹⁰⁰DNAMagnet_plant (NEOGEN, Україна). Ампліфікацію проводили за розробленими раніше методиками з незначними модифікаціями. Амплікони розділяли за допомогою електрофорезу в 9,5%-му поліакриламідному неденатуруючому гелі з подальшим фарбуванням отриманих фрагментів сріблом або в агарозі – бромистим етидієм. У результаті проведеного аналізу було встановлено наявність гена *Sr33* у нащадків від схрещування DH31x Мирхад, *Sr39* – у нащадків від схрещування Соломія x RL5711 та *Sr40* – у нащадків від схрещування Хуторянка x RL6089. Отримані результати є підґрунтям для подальшої роботи зі створення українських озимих ліній пшениці з генами стійкості *Sr33*, *Sr39* та *Sr40*.

Pirko Ya.V.¹✉, **Kozub N.O.**^{1,2}, **Yemets A.I.**¹, **Sozinov I.O.**², **Karelov A.V.**¹, **Sozinova O.I.**^{1,2}, **Rabokon A.M.**¹, **Shysha O.M.**¹, **Kvasko A.Yu.**¹, **Blume R.Ya.**¹, **Fedak G.**³, **Blum Ya.B.**¹

¹Institute of Food Biotechnology and Genomics, Natl. Acad. Sci. of Ukraine, 2a Baidy-Vyshnevetskoho str., Kyiv, 04123, Ukraine; yarvp1@gmail.com; cellbio@cellbio.freenet.viaduk.net, yemets.alla@gmail.com

²Institute of Plant Protection, Natl. Acad. Agrarian Sci., 33 Vasylykivska str., Kyiv, 03022, Ukraine; natalkozub@gmail.com

³Eastern Cereal and Oilseed Research Centre, Agriculture and Agrifood Canada, Ottawa, Ontario, K1A 0C6, Canada, george.fedak@AGR.GC.CA

Marker-assisted selection of winter bread wheat lines with stem rust resistance genes *Sr33*, *Sr39*, *Sr40*

Stem rust of wheat has been known to mankind for a long time. Its causative agent, a fungus of the species *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* Pers., distributed on all continents in many climatic zones. There are a large number of races of this fungus. One of the most harmful is Ug99. A study of the world wheat gene pool showed that 90% of common varieties are sensitive to Ug99. Genes conferring stem rust resistance in wheat, particularly Ug99, include the *Sr2*, *Sr33*, *Sr39*, and *Sr40*. These genes are present in Canadian spring wheat lines. With the marker-assisted selection, these genes are transferred to Ukrainian commercial wheat varieties in order to obtain winter lines with Ug99 resistance.

СІЧКАР В.І., ДЖУС Т.О.

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення, Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, Україна, 65036, e-mail: bobovi.sgi@ukr.net

МОДЕЛЬ АДАПТОВАНОГО ДО ПОСУШЛИВИХ УМОВ СОРТУ НУТУ

Нут відноситься до найбільш поширених зернобобових культур нашої планети, поступаючись площами лише сої та квасолі. Незважаючи на це, його посіви постійно зростають. Якщо у 2000 році нут висівали на 10,2 млн. га, то в 2018–2021 рр. його площі розширились до 14,8–17,8 млн. га. Збільшилась також урожайність культури з 0,79 т/га в 2000 році до 1,03–1,06 т/га у 2019–2021 рр. На сьогоднішній день його вирощують у 51 країні. Постійний ріст виробництва насіння пов'язаний з високими лікувально-профілактичними властивостями виготовлених із нього харчових продуктів. Тому Організація Об'єднаних Націй та продовольча організація ФАО вважають, що в перспективі на основі нуту та сочевиці буде формуватись продовольча безпека нашої планети.

На сьогоднішній день рівень урожайності нуту знаходиться на низькому рівні, так як ним засівають, в основному, посушливі суходільні землі, де інші культури не забезпечують економічно обґрунтованої рентабельності. Хоча існують значні потенційні можливості для росту його врожайності в найближчій перспективі. Її потенціальний рівень досягає 4,0 т/га за середнього значення біля 1 т/га. Головна причина такої розбіжності полягає в негативній дії великої кількості абіотичних і біотичних факторів, основні з яких посушливі умови, високі температури в період цвітіння та наливу насіння, хвороби. Незважаючи на це, у низці господарств Кіровоградської, Одеської, Полтавської областей одержували на значних площах по 2,0–2,7 т/га насіння нуту. Враховуючи загальне потепління, яке охопило всі материки нашої планети, а також пов'язану з ним підвищену мінливість головних погодних факторів, особливо тривалості міждощових періодів, селекція на підвищену адаптивність до посухи є головним напрямом у більшості селекційних центрів світу.

У нашому інституті селекцію нуту розпочато з 1995 року. Її основу склав колекційний матеріал, одержаний із Міжнародного науково-дослідного інституту напівпосушливих тропіків (ICRISAT, Patancheru, India) та Центру генетичних ресурсів рослин України (м. Харків). За минулий період проаналізовано за господарсько цінними ознаками більше 3 тисяч колекційних форм культури та створено 12 сортів. Нагромаджена багаторічна інформація дозволяє сформувати основні показники моделі високо адаптивного сорту для посушливих зон нашої країни. Її базою слугують фенологічні, фізіологічні, біологічні ознаки, а також взаємодія «генотип – середовище». Основні параметри моделі сорту такого типу наводимо нижче.

Тип росту. Оскільки в світовій колекції нуту відсутні форми детермінантного типу, селекційну роботу необхідно базувати на основі напівдетермінантів, які характеризуються більш коротким вегетаційним періодом. При цьому необхідно пам'ятати, що напівдетермінантний тип росту є рецесивною ознакою. Найбільш небажаним показником індетермінантних форм є здатність до стовбуріння, що приводить до багатоярусного розташування бобів на рослині, внаслідок чого різко погіршується якість насіння. Важливе значення має висока інтенсивність початкового росту рослин, особливо коли є достатня кількість вологи у ґрунті. За таких умов спостерігається швидке збільшення надземної маси, що знижує випаровування з поверхні ґрунту та сприяє зростанню конкуренції з бур'янами. Бажано, щоб рослини були опушеними, так як наявність густого покриву стебел і листків ефективно відбиває сонячне проміння, що зменшує втрати води на транспірацію.

У процесі селекційної роботи необхідно прагнути до формування рослин еректоїдного типу, в яких бокові гілки відходять від головного стебла під кутом менше 15°. Висота рослин повинна складати 50–60 см, висота прикріплення нижнього бобу – 15–17 см. Вертикально орієнтовані зі зниженою шириною листки значно краще пропускають сонячне проміння в середні та нижні яруси рослини. Наростання листової поверхні повинно бути синхронізоване зі загальним розвитком надземної маси, яка є важливим критерієм для

добору на підвищену продуктивність. Співвідношення між загальною біологічною масою та масою насіння (збиральний індекс) повинне знаходитись в межах 0,5.

Здатність до гілкування. Кількість гілок на рослині є одним із найбільш важливих елементів архітекtonіки нуту, від якої суттєво залежить продуктивність. Дана ознака успадковується за кількісним типом і дуже залежить від дії факторів середовища. Тому в кожній конкретній зоні вирощування важливо оптимізувати комплекс таких показників як кількість бокових гілок, число міжвузлів і довжину головного стебла, облистяність, співвідношення висоти та ширини рослини з метою підвищення стійкості проти вилягання. Нові сорти повинні характеризуватися міцним товстим стеблом, компактним кущем, ерекtoїдним типом росту, короткими міжвузлями, незначною кількістю бокових гілок вищого порядку. У рослин такого типу повинні бути обмеження щодо нарощування вегетативної маси, за рахунок чого більша частина продуктів асиміляції поступає в генеративні органи. Бажано, щоб рослини несли 2–3 гілки першого порядку та 4–6 другого.

Боби та насіння. На рослинах напівдетермінантного типу повинно формуватись біля 40 бобів та 45–50 насінин. Одним із важливих факторів підвищення продуктивності є створення сортів, які формують у вузлі дві квітки, із яких зав'язуються два боби. Наші дослідження свідчать про те, що ознака двобобовості контролюється одним рецесивним геном.

Особливу увагу слід приділяти розміру насіння. Внутрішній та міжнародний ринок потребують крупне насіння (маса 1000 насінин більше 400 г) кабулі типу. Успадкування цієї ознаки досить складне. Так як між масою 1000 насінин та кількістю бобів на рослині існує негативна кореляція, в процесі селекції добір краще проводити за кількістю бобів на рослині за збереження крупності насіння на одному рівні. Важливим селекційним показником слугує також кількість вузлів на рослині, яка виділяється значним рівнем стабільності.

Фенологічні показники. Для виробництва необхідно створювати сорти різних груп стиглості, що дозволяє більш ефективно використати природні фактори для формування врожайності, особливо опади, та краще застосувати сільськогосподарську техніку. За тривалість вегетаційного періоду можливо виділити п'ять груп: дуже ранню (<75 діб), ранню – (76–80 діб), середню – (81–100 діб), пізню – (101–110 діб) і дуже пізню – (>110 діб). Для умов України найбільш сприятливими є ранньо- та середньостиглі сорти, тривалість вегетаційного періоду яких дозволяє своєчасно зібрати врожай та підготувати ґрунт для сівби озимих культур. Створення ранньостиглих сортів сприяє уникненню посухи та високих температур у кінці цвітіння та в процесі наливу насіння. У процесі селекції скорочення тривалості вегетаційного періоду необхідно здійснювати за рахунок фази «сходи – початок цвітіння», щоб на формування та налив насіння мати більш тривалий час.

Дуже важливо найбільш повно використовувати генетичний матеріал для селекції шляхом комбінування фенотипових і генотипових методів дослідження, виявлені в процесі вивчення за польових та лабораторних умов максимальні значення господарсько цінних ознак підкріпляти молекулярно-генетичними показниками. Використання генетичних маркерів дозволяє контролювати наявність певного локусу в низці наступних поколінь.

Sichkar V.I., Dzhus T.O.

Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Ovidiopolska road, 3, Odesa, Ukraine, 65036, e-mail: bobovi.sgi@ukr.net

The model of adapted to drought conditions chickpea variety

Based on the study of more than 3000 collection chickpea accessions, a model of chickpea variety adapted to cultivation under insufficient moisture and high temperatures, suitable for the steppe and southern forest-steppe zones of Ukraine, was formed. The parameters of the main morphological and physiological traits are given, the relationships between them are characterized, the main factors that reduce the yield under arid conditions are noted.

ФЕОКТИСТОВ П.О., НАТАЛЬЧЕНКО Е.В., ПОМОНД С.А.

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, 65036, Одеса, Овідіопольська дорога, 3, e-mail: pbgi@ukr.net

ПОКАЗНИК ТЕМПЕРАТУРИ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ У ПРАКТИЧНІЙ СЕЛЕКЦІЇ НА ПОСУХОСТІЙКІСТЬ

Понад 80% орних земель України характеризуються переважаючим або періодичним дефіцитом зволоження. Останнім часом змінилась не тільки інтенсивність посухи, але й час та динаміка її впливу на агроценози. Тому очевидна необхідність впровадження у селекційну практику надійних експресних методів оцінки які б давали можливість максимально ефективно проводити скринінг та добір біотипів озимої пшениці на посухостійкість.

Основними факторами, що забезпечують тривале зберігання водного балансу листків в умовах ґрунтової посухи є інтенсивність та ефективність транспірації, ощадливість витрати вологи, кількість та розмір продихів, стан та співвідношення пігментів. Інтегральним показником проходження цих процесів та тим, що краще піддається виміру, є температура рослинного покриву, яка визначається методом інфрачервоної термометрії. Депресія температури покриву (STD) являє собою різницю між температурами повітря (T_a) і рослинного покриву (СТ), і вона позитивна, коли покрив холодніший за повітря. Цей метод широко використовується у світі для діагностики посухостійкості сільськогосподарських культур.

У спекотних, посушливих та зрошуваних умовах Мексики та Індії було продемонстровано значну варіацію кореляційних зв'язків між STD та врожайністю, яка залежала від стадії розвитку рослин, часу доби та стану зрошування. В умовах посухи температура рослинного покриву (СТ) була надійною непрямою ознакою більш високої продуктивності, яка є високою мірою успадкованою. Проте в Україні показник температурної депресії рослинного покриву (STD) не набув широкого застосування у практичній селекції. У зв'язку з цим, метою дослідження став розгляд можливості використання STD для оцінки та добору біотипів м'якої озимої пшениці у процесі селекції на адаптивність в умовах півдня України.

Дослідження проводились в польових умовах у 2021 та 2022 роках, які були досить контрастними за режимом зволоження, на 6 сортах-тестерах посухостійкості м'якої озимої пшениці. Запаси продуктивної вологи у ґрунті за даними метеостанцій Одеської області у період колосіння у 2021 році склали від 30 до 50 мм у шарі ґрунту 0-20 см та 140-190 мм у шарі ґрунту 0-100 см, що вдвічі перевищувало аналогічні показники 2022 року.

Температуру листового покриву вимірювали промисловим пірометром «Testo 835-T1» у період з 12:00 до 13:00 у фази ВВСН 56-59, ВВСН 66-69 та ВВСН 75-77. Виміри проводились у шестикратній повторності, уникаючи тіней, під кутом біля 30° до горизонталі. В якості показників продуктивності на 10 рослинах кожної проби у 6-кратній повторності визначали кількість зерен у колосі та масу 1000 зерен. Врожайність зерна з облікової ділянки визначали у трикратній повторності.

Встановлені істотні відмінності у реакції сортів за значеннями STD у різних за умовами вологозабезпеченості роках. Розмах варіювання депресії температури рослинного покриву був на 35% нижчим у 2021 році. Крім того, сорт Подолянка на першій фазі досліджень знижував температуру листків навіть краще за посухостійкі сорти Фантазія од. та Альбатрос од., а у фазу ВВСН 66-69 зрівнявся з сортом Одеська 267. У 2022 р. сортом, що найбільше знижував температуру листків, виявився Ліга од. з показником STD 5,3 °С. Підвищеною стійкістю характеризувався сорт Альбатрос од. з показником STD 3,8 °С. Найменшою здатністю до охолодження температури рослинного покриву став сорт Подолянка з показником STD 2,5 °С.

У 2022 році рівень депресії температури рослинного покриву позитивно корелював з урожайністю зерна з дослідної ділянки ($r=0,68$) та масою 1000 зерен ($r=0,56$). Аналогічні показники для 2021 року становили ($r=0,36$) та ($r=0,47$) відповідно.

Таким чином, в умовах посухи ранжування досліджуваних сортів за показником СТД достовірно співпадало з даними їхньої посухостійкості, що були отримані у попередніх багаторічних дослідженнях у контрольованих умовах штучного клімату. Відмічалась також наявність збільшення відмінностей між сортами показника СТД від колосіння до молочної стиглості зернівок. В подальшому ці відмінності зменшувались, що може бути пов'язано з втратою фізіологічної активності листків по мірі дозрівання.

Одним з основних факторів успішного використання показника СТД для скринінгу та добору біотипів озимої пшениці на посухостійкість є якість обладнання. Низька точність і швидкість відклику приладу, недостатня роздільна здатність оптики може унеможливити отримання статистично достовірних результатів досліджень. Крім того, у практичній селекції на початкових етапах селекційного процесу застосування методу обмежено кількістю дослідних рослин. Використання професійної оптики 50:1 з 4-точковим лазерним маркером, який максимально чітко обмежує вимірювану область, теоретично дає можливість працювати навіть з окремими рослинами.

Таким чином, незважаючи на суттєву залежність результатів досліджень від часу проведення дослідів, погодних умов, дистанції та площі вимірювання, а також стану рослин, показник депресії температури рослинного покриву показав свою перспективність для використання у практичній селекції для скринінгу та добору посухостійких біотипів, за умов чіткого дотримання методики досліджень, за рахунок експресності, економічності та відсутності пошкоджень дослідних рослин.

Feoktistov P., Natalchenko E., Pomond S.

Plant Breeding & Genetics Institute – National Centre of Seed & Cultivar Investigation, 65036, Odessa, Ovidiopol'ska road, 3, e-mail: pbgi@ukr.net

Canopy temperature index of winter wheat plants in practical breeding for drought resistance

Significant increase in the duration and intensity of drought led to an urgent need to introduce reliable express methods of assessment and breeding of winter wheat biotypes for drought resistance into breeding practice. Taking into account the contradictory literature data regarding the use of the indicator of the depression of the temperature of the plant canopy, which is determined by the method of infrared thermometry, for the evaluation and breeding of drought-resistant biotypes, the prospects of its use in the process of breeding for adaptability in the conditions of southern Ukraine were studied. Despite the significant dependence of the results of research on numerous factors, the indicator of the depression of the temperature of the plant cover has shown its prospects for use in practical breeding, under the conditions of strict adherence to the research methodology.

ЧЕРНОБАЙ С.В., РЯБЧУН В.К., КАПУСТИНА Т.Б., МЕЛЬНИК В.С., ЩЕЧЕНКО О.Є.
Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН, Україна, 61060, м. Харків, проспект Героїв
Харкова, 142, e-mail: chernobai257@gmail.com

МЕТОДИ СТВОРЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ ТРИТИКАЛЕ ЯРОГО ТА ЗИМУЮЧОГО ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ЗА РІЗНИМИ НАПРЯМКАМИ

Метою проведених досліджень було створення нового селекційного матеріалу тритикале з комплексом цінних господарських ознак та здатністю стабільно формувати підвищену урожайність. Дослідження виконували в 2022–2023 рр. в селекційній сівозміні експериментальної бази Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН, яка розташована в 15 кілометрах від м. Харкова (східна частина Лісостепу України). Матеріалом були створені лінії тритикале ярого та зимуючого та нові і перспективні сорти тритикале ярого та озимого. Попередник – соя. У цілому, погодні умови 2022–2023 рр. були сприятливими для проведення досліджень.

Ґрунтовий покрив представлений потужним слабовилуженим чорноземом на пилювато-суглинному лесі з товщиною гумусового шару 75 см. Клімат у зоні проведення досліджень помірно континентальний. Нерівномірний розподіл опадів протягом вегетаційного періоду в сукупності з високими температурами повітря часто призводять до весняно-літніх посух.

При створенні селекційного матеріалу застосовано методи внутрішньовидової та міжродової гібридизації. Схрещування проведено за загальноприйнятою методикою, шляхом ручної кастрації з наступним запиленням прокастрованих колосків твел-методом, а також шляхом вільного та вільно-примусового запилення стерильних алоплоїдів. Для гібридизації ярих та озимих форм тритикале та пшениці м'якої використовували метод «підзимнього посіву».

У 2022 р. для встановлення оптимальних критеріїв підбору компонентів гібридизації для поєднання ознак адаптивності та урожайності проведено внутрішньовидову та міжродову гібридизацію за 122 комбінаціями за схемами: тритикале яре/тритикале яре – 15 комбінацій (одержано 1306 гібридних зерен), тритикале озиме / тритикале озиме – 104 комбінації (одержано 17277 гібридних зерен, тритикале озиме / пшениця м'яка озима – дві комбінації (одержано 18 гібридних зерен), тритикале яре / пшениця м'яка озима – одна комбінація (одержано 18 гібридних зерен). Переважну більшість ліній створено методом парної та потрійної міжлінійної гібридизації. Для підвищення продукційного процесу проведено парну міжлінійну гібридизацію кращих сортів і ліній тритикале ярого – Свобода харківська, Кріпость харківська, Скарб харківський, ЯТХ 2-22, ЯТХ 6-22, ЯТХ 18-22, ЯТХ 19-22, ЯТХ 23-22, ЯТХ 30-22; тритикале зимуючого – Підзимок харківський, Переможець, ТХЗ 1МР-22, ТХЗ 3МР-22, ТХЗ 1/1-22, ТХЗ 1/2-22, ТХЗ 1/10-22, ТХЗ 2/15-22, ТХЗ 5/4-22, ТХЗ 5/5-22.

З метою стабілізації геному міжродових гібридів на гексаплоїдному рівні проведено запилення стерильних алоплоїдів пилком тритикале озимого – три комбінації. Проаналізовано родоводи 550 ліній тритикале, встановлено закономірності впливу схеми гібридизації – міжродової, внутрішньовидової, залучення озимих форм та ін. на формування цінних господарських ознак: якість зерна, короткостеблість, ранньостиглість.

У 2023 р. для встановлення оптимальних критеріїв підбору компонентів гібридизації для поєднання ознак адаптивності та урожайності проведено внутрішньовидову та міжродову гібридизацію за 320 комбінаціями.

Переважну більшість ліній створено методом парної та потрійної міжлінійної гібридизації. Для підвищення продукційного процесу проведено парну міжлінійну гібридизацію кращих сортів і ліній тритикале ярого – Борівітер харківський, Булат харківський, Достаток харківський, ЯТХ 11-23, ЯТХ 13-23, ЯТХ 19-23, ЯТХ 21-23, ЯТХ 33-23, ЯТХ 50-23, ЯТХ 72-23, ЯТХ 119-23, ЯТХ 147-23, ЯТХ 435-23 та ін., які характеризуються добре виповненим зерном, остистим та безостим колосом з хорошим та легким обмолотом, короткою соломиною, підвищеною посухостійкістю, стійкістю проти вилягання, стійкістю до бурої листової іржі (7–8 балів) та септоріозу листя (7 балів). При залученні як

батьківських компонентів ярих форм індивідуальні добори проводяться з F_2 . Добір в ранніх гібридних поколіннях за продуктивністю колосу, висотою рослин, морфологічними особливостями дозволяє швидко отримати генетично вирівняні лінії.

Для гібридизації озимих форм з озимими («підзимній посів») використано озимі сорти Тимофій, Адам, Новатор та лінії тритикале зимуючого ТХЗ 7-23, ТХЗ 8-23, ТХЗ 9-23, ТХЗ 17-23, ТХЗ 18-23, ТХЗ 19-23 та ін. Здійснено 182 комбінації схрещувань, одержано 23351 зернівку. Озимі тритикале часто є джерелами цінних ознак – довгого та крупного колоса, оптимальної висоти рослин. Від генотипу озимого тритикале значно залежить тривалість формоутворюючого процесу. Разом з тим, залучення озимих форм у багатьох випадках супроводжується пізньостиглістю, ураженістю хворобами, генетичною невіривняністю гібридів. У такому випадку застосовується пересів гібридної популяції F_2 , а добори генетично стабільних індивідуальних рослин проводяться починаючи з F_3 – F_4 , що дозволяє усунути необхідність багаторазових індивідуальних повторних доборів та виключити з популяції форми з небажаними ознаками, такими як високорослість, сприйнятливість до хвороб, пізньостиглість.

Іншим шляхом підвищення виходу середньостиглих вирівняних ліній є проведення потрібних схрещувань, запилюючи гібрид F_1 від тритикале ярого та озимим. Міжлінійні гібриди F_1 насичували третьою комплексно-цінною батьківською формою тритикале ярого – високіврожайними лініями ЯТХ 370-23 та ЯТХ 435-23. Здійснено вісім комбінацій потрібних внутрішньовидових схрещувань. У підзимньому посіві міжлінійні гібриди F_1 насичували третьою комплексно-цінною батьківською формою тритикале зимуючого – ТХЗ 220-23 та ТХЗ 223-23. Здійснено 27 комбінацій потрібних внутрішньовидових схрещувань, одержано 1827 зернівок.

Таким чином, створено новий гібридний матеріал шляхом міжродових та внутрішньовидових схрещувань. Одержаний матеріал буде використано для подальшої селекції тритикале ярого та зимуючого за різними напрямками.

Chernobai S.V., Ryabchun V.K., Kapustina T.B., Melnyk V.S., Shchechenko O.Ye.

Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS, Ukraine, 61060, Kharkiv, Heroiv Kharkova Ave., 142, e-mail: chernobai257@gmail.com

Methodsof creating of new spring and wintering triticale material for breeding in different directions

The aim of the research was to create a new breeding material of triticale with a complex of valuable economic traits and the ability to stably form increased productivity. The research was carried out in 2022–2023. In the course of the research a new hybrid material was created. The obtained material will be used for further selection of spring and wintering triticale in different directions.

VASYLENKO A.O.¹, VUS N.O.², SHEVCHENKO L.M.¹, BEZUGLYI I.M.¹,
GLYANTSEV A.V.¹

¹Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAN, Ukraine, Heroiv Kharkova Avenue, 142, Kharkiv, Ukraine, 61060, E-mail: avase2015@gmail.com

²French National Institute for Agriculture, Food, and Environment (INRAE), 17 rue Sully, Dijon, France, 21000, E-mail: vus.nadezhda@gmail.com

EFFICIENCY OF INTERSPECIFIC CROSSES IN MEMBERS OF THE GENUS *PISUM* L.

The practical use of wild species is hampered by a lack of awareness of their diversity and how they differ from cultivated species. In practice, there are no reproductive barriers to crossbreeding, and the new raw material obtained, with altered environmental and genetic buffering, will be used in further scientific research. It is promising to use wild pea relatives as *Pisum fulvum* Sm. and others as sources of resistance in disease and pest selection. These varieties are characterised by high resistance to abiotic stresses (drought, temperature extremes) and have quality indicators and agrotechnical properties different from those of seed peas (branching, cold hardiness, rapid root growth rates and depth of root penetration, etc.).

Given that the gynoecium ripens earlier than the androecium in peas, some researchers choose not to castrate the flowers and pollinate them immediately. We carry out castration followed by pollination for guaranteed hybrids. This process normally takes most of the working day, from 5am to 4pm.

In 2020, in order to obtain hybrids between *P. fulvum* and three *P. sativum* cultivars: Kharkivskyy yantarnyy, Tsarevich and DTR 94-120. The following experiment was carried out: the first option - pollination was carried out 15 minutes after castration and the second option - pollination was carried out 1 day after castration. The following crosses were made DTR 94-120/*Pisum fulvum*, Kharkivskyy yantarnyy/*Pisum fulvum* and Tsarevich/*Pisum fulvum*. According to the combinations in the first version, 16, 29 and 37 flowers, 11, 12 and 27 beans and 26, 2 and 59 seeds were castrated. In the second option, 30 flowers were castrated for each combination, 11, 4 and 1 beans and 18, 11 and 1 seeds were obtained.

To evaluate the effectiveness of the crossbreeding, we calculated a simple index - the number of seeds per castrated flower (S/F). Thus, in the first version this index equals DTR 94-120/*Pisum fulvum* - 1.63, Kharkivskyy yantarnyy /*Pisum fulvum* - 1.10 and Tsarevich/*Pisum fulvum* - 1.59. In the second version: DTR 94-120/*Pisum fulvum* - 0.60, Kharkivskyy yantarnyy /*Pisum fulvum* - 0.37 and Tsarevich/*Pisum fulvum* - 0.03. It should be noted that the ratio of number of seeds per castrated flower (for combinations with *Pisum sativum* as parent component) is usually quite high, 2 seeds or more per castrated flower, depending on yearly conditions. It can therefore be concluded that the efficiency of the pollination in the combinations presented is much higher when it is carried out immediately after the castration of the flower.

For reciprocal crosses, this index was also determined: Kharkivskyy yantarnyy /*Pisum fulvum* and *Pisum fulvum*/ Kharkivskyy yantarnyy and the second pair Tsarevich/*Pisum fulvum* and *Pisum fulvum*/ Tsarevich. Its value turned out to be low and quite similar for all options - 0.7 and 0.6 and 0.9 and 0.8.

In 2020 and 2021 we made a cross between *Pisum fulvum* and DTR 94-120 and it was found that for the combination *Pisum fulvum*/DTR 94-120 the ratio was almost identical, 0.6 in 2020 and 0.5 in 2021. For the combination DTR 94-120/*Pisum fulvum* it was 1.0 in 2020 and no seeds were obtained in 2021.

Thus, we have already obtained interspecific hybrids. We will continue to work with them in the coming years.

