

Національна академія аграрних наук України

Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

СКОРОХОДОВ МИКИТА ЮРІЙОВИЧ

УДК 633.14:631.527

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ОСОБЛИВОСТІ ДОВГОВІЧНОСТІ ПРИ ЗБЕРІГАННІ НАСІННЯ  
МАЛОПОШИРЕНИХ ФОРМ ПШЕНИЦІ**

06.01.05 – селекція і насінництво

(Сільськогосподарські науки)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук  
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і  
текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело  
\_\_\_\_\_ М.Ю. Скороходов

Науковий керівник: Богуславський Роман Львович, кандидат біологічних наук,  
старший науковий співробітник

Харків – 2020

## АНОТАЦІЯ

Скорородов М.Ю. Особливості довговічності при зберіганні насіння малопоширених форм пшениці . – кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук (доктора філософії) за спеціальністю 06.01.05 – «Селекція і насінництво» (201–Агрономія). – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, України, Харків, 2020.

Мета дослідження – встановити закономірності прояву довговічності насіння малопоширених видів і форм пшениці у зв'язку з його довготривалим зберіганням. Задачі дослідження: установити порівняльну реакцію насіння на різні режими прискореного старіння; установити роль лусок у визначенні довговічності насіння півчастих видів пшениці; визначити оптимальний рівень вологості насіння для довгострокового зберігання; установити порівняльну реакцію насіння на проморожування за температури  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; установити зв'язок між антиоксидантною активністю насіння та його довговічністю за різних режимів прискореного старіння та в умовах проморожування.

Матеріалом для досліджень використано насіння 16 зразків малопоширених видів і форм пшениці, які в достатній мірі репрезентують різноманіття цієї категорії генофонду з точки зору витривалості насіння до зберігання – довговічності. Зразки належали до культурних видів пшениці трьох рівнів плоідності, характеризувались різним походженням, типом розвитку, легкістю вимолоту та кольором зерна. Зразки з легким вимолотом зерна (надалі позначатимуться як голозерні) належать до диплоїдного виду ( $2n=14$ ) *Triticum sinskajae* A.Filat. et Kurk UA0300224; тетраплоїдних видів ( $2n=28$ ) *T.dicoccum* (Schrank) Schuebl – сорту Голиковська, *T.durum* Desf – сорту Спадщина; гексаплоїдного виду ( $2n=42$ ) *T. aestivum* L. – сортів Харківська 26, Подолянка, Бунчук, трьох зразків з темнофіолетовим забарвленням зернівок – Чорноброва, IR 00413S, IR 00416S та чотирьох з ендоспермом типу ваху – PI619376, PI619377, PI619379, PI619381.

Міцними колосковими лусками, що зумовлює важкий вимолот зернівок (надалі плівчасті), характеризуються диплоїдний ( $2n=14$ ) *T. monosocum* L. UA0300439, тетраплоїдний ( $2n=28$ ) *T. dicocum* (Schrank) Schuebl. сорт Полба 3 та гексаплоїдний ( $2n=42$ ) *T. spelta* L. сорт Frankenkorn.

Методи. Довговічність насіння оцінювали за допомогою методу «прискореного старіння», що моделює процес природного старіння насіння. Випробували два методи прискореного старіння. Метод 1 – за J.G. Hampton, D.M. TeKrony (1995). Проба насіння поміщалася у відкритих паперових пакетах в ексікатор, наповнений дистильованою водою, який герметично закривався кришкою. Ексікатор помішався на 3 доби (72 год.) в термостат за температури 43 °C. Метод 2 – за Б.С. Лихачовим (1978, 1980). Пробу насіння витримували у герметично закритій тарі впродовж 30 діб у термостаті за температури 37 °C. Застосовували модифікацію цього методу з попереднім висушуванням насіння до 5 %, 6 % та 7%. Також застосовували режим проморожування у морозильній камері за температури -20 °C. Перед проморожуванням насіння підсушувалось до вологості 7 %. В усіх варіантах дослідження оцінку проводили в триразовому повторенні, кількість насінин у кожному повторенні – 100 зерен. У плівчастих зразків аналізували зернівки не вимолочені (у лусках) і звільнені від лусок вручну. Контролем для усіх варіантів дослідження були проби, відібрані з тієї ж партії насіння, які витримували у скляній герметично закритій тарі за температури 4 °C за вологості насіння 7%.

У насіння в дослідних і контрольному варіантах визначали енергію проростання та схожість насіння за ДСТУ 4138–2002, проводили вимірювання довжини первинного листка та первинного корінця з кожної зернівки.

Ступінь зміни показників енергії проростання, схожості насіння та активності антиоксидантів під впливом досліджуваних чинників – прискореного старіння та проморожування оцінювали за індексом впливу чинника, який являв собою відношення різниці між показниками дослідного та контрольного варіантів, віднесене до показника контрольного варіанту і виражене у відсотках. Додатне значення індексу означає зростання показника,

тобто позитивний вплив досліджуваного чинника; від'ємне значення – зменшення показника, отже негативний вплив чинника.

Визначення антиоксидантної активності здійснювали за допомогою стабільного радикалу 2,2-дифеніл-1-пікрилгідаزیлу (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl-DPPH) згідно методики S. Arabshahi, A. Urooj (2007).

Насіння для аналізу вирощувалось у 2014, 2016, 2017 рр. на дослідному полі Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, яке розташовано в північно-східній частині Лісостепу України (Харківська область, Харківський район). Погодні умови років генерації насіння характеризувались різним рівнем забезпеченості теплом та опадами, що дозволило оцінити реакцію насіння на агрометеорологічні чинники за рівнем довговічності та виявити загальні закономірності.

Результати. Прискорене старіння обома методами обумовлювало зниження енергії проростання та схожості насіння. При цьому у представників пливчастих видів *T. monosocum*, *T. dicocum* та *T. spelta* у насіння з видаленими лусками енергія проростання та схожість знижувались на 2,7-47,0 % у залежності від режиму та зразка, тоді як насіння з не видаленими лусками – на 13,9–61,4 %, отже значно сильніше. Таким чином, насіння, позбавлене лусок, виявилось більш витривалим до дії прискореного старіння, отже більш довговічним у зберіганні, ніж насіння у лусках.

У контрольному варіанті позитивна реакція на видалення лусок насіння зразка диплоїдного виду *T. monosocum* була більш суттєвою (підвищення енергії проростання і схожості відповідно на 28,4 % і 15,4 %), ніж зразків поліплоїдних видів *T. dicocum* і *T. spelta* (від 3,7 % до 11,5 %). За прискореного старіння методом 1, навпаки, видалення лусок більш сильно позитивно впливало на насіння зразків поліплоїдних видів (підвищення обох показників від 35,7 % до 82,0 %), ніж на диплоїдний (підвищення на 3,9 % і 19,1 %). За прискореного старіння методом 2 з підвищенням вологості насіння від 5 % до 7 % різко зростала позитивна реакція на видалення лусок у диплоїдного зразка *T. monosocum* (у цілому від 45,6 % до 155,9 %) і значно слабше – у

поліплоїдних зразків *T. dicocum* і *T. spelta* (від 18,3 % до 58,8 %). Це свідчить про більш високий рівень фізіологічного гомеостазу зразків поліплоїдних видів порівняно з диплоїдним.

У цілому по всіх варіантах дослідження кореляція між енергією проростання та схожістю насіння з одного боку та довжиною первинних корінців і листків з другого боку була позитивною. Причому у більшості випадків (25 з 36) коефіцієнт кореляції достовірний для  $p=95\%$  і становив від 0,52 до 0,96. Отже прискорене старіння в однаковому напрямку впливає на усі чотири показники насіння, і зміна середніх морфо метричних показників не пов'язана з елімінацією слабких проростків у варіантах дослідження. Видалення лусок з зернівок півчастих видів пшениці зменшує чи збільшує значення, але не змінює позитивного знаку цих коефіцієнтів кореляції.

При порівнянні півчастих зразків з генетично близькими голозерними у контролі та варіантах з прискореним старінням у більшості випадків (21 з 30) насіння голозерних зразків мало на 6,1-123,9 % більш високу енергію проростання та схожість, ніж у півчастих зразків з не видаленими лусками. Перевага півчастих з не видаленими лусками зразків над голозерними у п'яти випадках з 30 (на 7,9-33,0 %) пов'язана з видовими відмінностями. У чотирьох випадках відмінності незначущі. Але в цілому і тут проявляється загальна закономірність: голозерні зразки у контрольному та більшості варіантів дослідження переважають генетично близькі півчасті з не видаленими лусками за енергією проростання та схожістю насіння.

Рівні вологості насіння 5 % і 6 % виявились більш оптимальними для тривалого зберігання насіння вивчених представників видів пшениці, тоді як вологість 7 % підходить для диференціації зразків насіння за довговічністю.

Під дією прискореного старіння за методом 1 насіння вивчених зразків знизило у порівнянні з контролем показники схожості та АА. Рівень АА у контролі тісно пов'язаний з цим показником після прискореного старіння за цим методом:  $r=0,82$ . Ранжування вивчених зразків за рівнем АА, встановлене

у контролі, зберігається після прискореного старіння за обома методами та проморожування.

Антиоксидантна активність (АА) насіння однозернянок – *T. sinskajae* та *T. monococcum* була в усіх варіантах досліду нижчою, ніж поліплоїдних видів пшениці, причому у *T. sinskajae* вона нижче, ніж у *T. monococcum*. Спостерігається достовірний негативний зв'язок між рівнем АА у контролі та після прискореного старіння з одного боку й індексами довжини первинного корінця і первинного листка під дією прискореного старіння:  $r$  становить відповідно -0,59 і -0,77; -0,85 і -0,97; достовірний негативний зв'язок між індексом АА з одного боку та енергією проростання і схожістю після прискореного старіння:  $r$  становить відповідно -0,85 і -0,90. Таким чином, більш високий рівень АА протидіє змінам характеристик насіння під дією прискореного старіння, отже зумовлює більш високий фізіологічний гомеостаз насіння зразків видів пшениці.

Проморожування насіння суттєво не впливає на енергію проростання та схожість насіння, позбавленого лусок, за умови його високої схожості. У випадку значно знижених енергії проростання та схожості проморожування діє як стимулятор цих показників. Разом з цим, проморожування суттєво негативно впливає на обидва показники невимолочених зернівок. Вимолот зернівок більш значно впливав на енергію проростання насіння, ніж на схожість, як у контролі, так і у варіанті проморожування. Проморожування позитивно впливає на довжину первинних корінців і листків проростків з насіння як з невидаленими лусками, так і звільненого від них: збільшення становило 5,4-33,9 %. Видалення лусок з зернівок у *T. monococcum* та *T. spelta* Frankenkorn обумовило невеликий позитивний вплив проморожування на довжину корінців і листків порівняно з невимолоченими зернівками (збільшення відповідно на 2,2 % і 5,4 % та на 12,0 % і 6,6 %), у *T. dicoccum* Полба 3 – суттєвий негативний вплив (зменшення відповідно на 7,7 % і на 11,7 %.)

У досліді з проморожуванням насіння голозерних видів пшениці, генетично близьких до плівчастих, при порівнянні з невимолоченим насінням

плівчастих видів має показники схожості та довговічності аналогічні вимолоченому насінню цих видів. Більш потужне насіння – те, що у контрольному варіанті має більш високі показники енергії проростання, схожості, довжини первинних корінців і листків – є більш стійким до зміни цих показників під впливом проморожування.

Проморожування у невеликій мірі підвищує антиоксидантну активність насіння більшості зразків (індекси від 2,5 % до 7,7 %) і слабо знижає у *T.dicocum* Голіковська (-3,5 %) і *T.spelta* Frankenkorn (-5,8 %). Ранжування вивчених зразків за рівнем АА, встановлене у контролі, зберігається після проморожування. АА є чинником витривалості насіння до проморожування за показниками схожості та довжини первинного листка.

Позитивна кореляція АА насіння у контролі зі схожістю насіння ( $r=0,82$ ) та довжиною первинного листка ( $r=0,57$ ) у варіанті проморожування дозволяє певним чином прогнозувати стан насіння після проморожування за вихідним рівнем АА.

Не виявлено однозначної залежності довговічності насіння зразків пшениці м'якої, встановленої за результатами модельних дослідів прискореного старіння та проморожування, від наявності фіолетового забарвлення (purple) та високого вмісту амілопектинового крохмалю (waxy).

Із вивчених зразків пшениці м'якої, найбільш довговічним виявилось насіння зразка восковидної пшениці PI619376, найменш довговічними – фіолетовозерної Чорноброва, сорту Бунчук та восковидних зразків PI619377 і PI619381.

Наукова новизна одержаних результатів. *Уперше встановлено* роль лусок у визначенні довговічності насіння плівчастих видів пшениці, яка полягає у негативному впливі наявності лусок на витривалість до дії прискореного старіння, отже на довговічність насіння; порівняльну реакцію насіння конкретних зразків малопоширених видів і форм пшениці на різні режими прискореного старіння та на проморожування за температури  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; зв'язок

між антиоксидантною активністю насіння та його довговічністю за різних режимів прискореного старіння та в умовах проморожування.

*Удосконалено* умови тривалого зберігання насіння зразків малопоширених видів і форм пшениці шляхом створення більш сприятливих режимів вологості; процес підготовки насіння плівчастих видів пшениці до тривалого зберігання, який полягає у видаленні лусок за умови неущкодження насіння.

*Набуло подальшого розвитку* діагностування довговічності насіння за рівнем антиоксидантної активності: більш високий показник антиоксидантної активності насіння свідчить про більшу довговічність насіння.

Практичне значення одержаних результатів. Установлені позитивний вплив видалення лусок з зернівок зразків плівчастих видів пшениці на довговічність насіння та оптимальний рівень вологості насіння – 5-6 % дозволяють удосконалити підготовку його до тривалого зберігання чим подовжити довговічність.

Установлений позитивний зв'язок між вихідною антиоксидантною активністю насіння та його довговічністю дозволяє діагностувати довговічність насіння за вихідним показником АА.

*Ключові слова:* пшениця, спельта, полба, однозернянка, насіння, довговічність, прискорене старіння, проморожування, зберігання, луски, антиоксидантна активність.

## ANNOTATION

*Skorokhodov M.Yu.* Peculiar properties of seed longevity of underutilized wheat forms at storage. Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences (Philosophy Doctor) in the specialty 06.01.05 - "Breeding and Seed Production" (Agricultural Sciences). Plant Production Institute named after V.Ya. Yuryev of NAAS of Ukraine, Kharkiv, 2020.

**The research purpose** is to find out the patterns of seed longevity of underutilized wheat species and forms in connection with its long-term storage. **Objectives of the research:** to find out a comparative response of seeds to different modes of accelerated aging; to find out the role of hulls in determining the seed longevity of wheat species; to find out the optimum level of seed moisture for long-term storage; to find out a comparative reaction of seeds to freezing at  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; to find out a link between the antioxidant activity of the seeds and seed longevity under different modes of accelerated aging and freezing conditions.

**The material for research** were seeds of 16 underutilized wheat species gene pool accessions which sufficiently represent diversity of this category of gene pool from the point of view of seed endurance to storage – longevity. The accessions belonged to the cultivated wheat species of the three ploidy levels, are of different origin, growth habit, threshing easeness, grain color and consistence. The accessions with light grain threshing (hereinafter referred to as naked) belong to the diploid species ( $2n = 14$ ) *Triticum sinskajae* A.Filat. et Kurk UA0300224; tetraploid species ( $2n = 28$ ) *T. dicoccum* (Schrank) Schuebl – the variety Golikovs'ka, *T.durum* Desf – the variety Spadshchyna; hexaploid species ( $2n = 42$ ) *T. aestivum* L. – the varieties Kharkivska 26, Podolyanka, Bunchuk, three samples with dark purple grain color - Chornobrova, IR 00413S, IR 00416S and four with endosperm of waxy type – PI619376, PI61937, PI619379, PI619381.

The diploid ( $2n = 14$ ) accession of *T. monococcum* L. UA0300439, tetraploid ( $2n = 28$ ) *T. dicoccum* (Schrank) Schuebl. variety Polba 3 and hexaploid ( $2n = 42$ ) *T.*

spelta L. variety Frankenkorn have strong glumes which causes heavy grain threshing (hereinafter referred to as hulled),

**Methods.** Seed longevity was evaluated using the "accelerated aging" method which simulates the process of natural seed aging. The accelerated aging modes were tested: a) method 1 – by JG Hampton, DM TeKrony (1995). The seed sample was placed in open paper bags in a desiccator filled with distilled water, which was sealed with a lid. The desiccator was stirred for 3 days (72 hours) in a thermostat at 43 °C; b) method 2 – according to BS Likhachev (1978, 1980). The seed sample was kept in a hermetically sealed container for 30 days in a thermostat at 37 °C. A modification of this method was applied with preliminary drying of the seeds up to 5%, 6% and 7%. Freezing in the refrigerator at -20 °C was also used. Before freezing, the seeds were dried to a moisture content of 7%.

In all variants of the experiment, the evaluation was performed in triplicate, by 100 seeds in each replication. In the hulled samples, there were analyzed the seeds non threshed (in hulls) and freed from the hulls by hand. Controls for all variants of the experiment were the samples collected from the same seed batch, which were kept in glass hermetically sealed container at 4 °C.

For seeds in the experimental and control variants, the germination energy and germination rate were determined according to DSTU 4138–2002; the length of the primary leaf and primary root on each grain were measured.

The degree of change in germination energy, seed germination and antioxidant activity under the influence of the studied factors – accelerated aging and freezing was assessed by the index of the factor, which was the ratio of the difference between experimental and control variants attributed to the control variant and expressed as a percentage. A positive value of the index means an increase in the indicator, that is the positive influence of the studied factor; negative value – a decrease in the indicator, so the negative impact of the factor.

Analyze of antioxidant activity was performed using the stable radical 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl (2,2–diphenyl–1–picryl–hydrazyl – DPPH ) according to the method of Arabshahi S., Urooj A. (2007).

The seeds for analysis were grown in 2014, 2016, 2017 at the experimental field of the Plant Production Institute named after V.Ya. Yuryev of NAAS, located in the northeastern part of the Forest-Steppe of Ukraine (Kharkiv region, Kharkiv district). The weather conditions of seed reproduction years were characterized by different levels of heat and rainfall provision, what made it possible to evaluate the seeds reaction to agrometeorological factors by the level of longevity and to identify general patterns.

**Results.** The accelerated aging by both methods led to a decrease in germination energy and germination rate of seeds. In the case of representatives of the hulled species *T. monococcum*, *T. dicoccum* and *T. spelta*, seeds with removed hulls reduced germination energy and germination by 2.7–47.0 % depending on the experiment mode and sample, while the seeds with not removed hulls – by 13.9–61.4 %, so much stronger. Thus, the seeds devoid of hulls proved to be more durable to accelerated aging and thus more longevous at storage as compared to the unthreshed seed.

In the control variant, the positive reaction to the removal of hulls from seeds in the diploid *T. monococcum* accession was more significant (28.4% and 15.4% increase in germination energy and germination rate respectively) than of the accessions of polyploid species *T. dicoccum* and *T. spelta* (from 3.7 % to 11.5 %). At the accelerated aging by the method 1, on the contrary, removal of the hulls had a more positive effect on the seeds of polyploid species accessions (increase of both indicators from 35.7 % to 82.0 %) than on diploid ones (increase of 3.9 % and 19.1 %). At the accelerated aging by the method 2, with a rise in seed moisture from 5 % to 7 %, the positive response to the hulls removal in the diploid accession of *T. monococcum* increased dramatically (on the whole from 45,6 % to 155,9 %) whereas in the polyploid accessions of *T. dicoccum* and *T. spelta* – much weaker (from 18,3 % to 58,8 %). This indicates, as might be expected, a higher level of physiological homeostasis of the accessions of polyploid species than of diploid one.

On the whole, in all variants of the experiment, a positive correlation is observed between germination energy and germination rate of seeds on the one hand

and the length of primary roots and seedlings on the other hand. Moreover, in most cases (25 out of 36) the correlation coefficient is significant for  $p = 95\%$  and ranged from 0.52 to 0.96. Thus, accelerated aging affects in the same direction on all four seed parameters, and the change in mean morphometric parameters is not associated with the elimination of weak seedlings in the experimental variants. Removal of the hulls from the grains of hulled wheats reduces or increases the value, but does not change the positive sign of these correlation coefficients.

When comparing the hulled accessions with genetically similar naked ones in the control and variants with accelerated aging, in most cases (21 of 30), the seeds of naked accessions had 6.1-123.9% higher germination energy and germination rate than hulled accessions with not removed hulls. The predominance of hulled accessions with not removed hulls over the naked in five cases out of 30 (by 7.9-33.0 %) is due to species differences. In four cases, the differences are insignificant. But on the whole, there is a general pattern: naked accessions in the control and in most variants of the experiment are dominated by genetically similar hulled accessions with not removed hulls for seed germination energy and germination rate.

Seed moisture levels of 5% and 6% were more optimal for long-term storage of seeds of the studied representatives of wheat species, while the moisture of 7% is suitable for differentiation of seed samples by longevity.

Under the action of accelerated aging by the method 1, the seeds of the studied accessions decreased the germination rate and AA in comparison with the control. The level of AA in the control is closely related to this indicator after accelerated aging by this method:  $r = 0.82$ . The ranking of the studied accessions by AA level, established in the control, is maintained after accelerated aging by both methods and freezing.

The antioxidant activity (AA) of the seed of eincorns – *T. sinskajae* and *T. monococcum* was in all experimental variants lower than in polyploid wheat species, and in *T. sinskajae* it is lower than in *T. monococcum*. There is a significant negative relationship between the level of AA in the control and after accelerated aging on the one hand and the indexes of the length of primary root and primary leaf under the

action of accelerated aging:  $r$  is -0.59 and -0.77; -0.85 and -0.97 respectively; a significant negative relationship between the AA index on the one hand and germination energy and germination rate after accelerated aging:  $r$  is -0.85 and -0.90, respectively. Thus, a higher level of AA counteracts changes in the seed characteristics under the action of accelerated aging, and therefore leads to higher physiological homeostasis of the seeds of wheat species accessions.

Freezing of seeds does not significantly affect the germination energy and germination rate of seeds devoid of hulls, if its germination rate was high. In the case of significantly reduced germination energy and germination rate, freezing acts as a stimulant of these indicators. At the same time, freezing has a significant negative effect on both indicators of unthreshed grains. Grain threshing had a more significant effect on seed germination energy than on germination rate, both in the control and in the freezing variant. Freezing has a positive effect on the length of the primary roots and leaves of seedlings of the seeds with both unremoved and removed hulls: the increase was 5.4-33.9%. Removal of hulls from grains in *T. monococcum* and *T. spelta* Frankenkorn caused a small positive effect of freezing on the length of roots and leaves compared to unthreshed grains (an increase of 2.2 % and 5.4 %; 12.0 % and 6.6 %, respectively), in *T. dicoccum* Polba 3 – significant negative impact (decrease by 7.7% and 11.7%, respectively.).

In the experiment with freezing, the seeds of naked wheat species genetically close to the hulled in comparison with unthreshed seeds of hulled species has indicators of germination and longevity similar to the threshed seeds of these species. More powerful seeds – that in the control variant has higher values of germination energy, germination rate, length of primary roots and leaves – are more resistant to changes in these indicators under the influence of freezing.

The freezing increases slightly the seed antioxidant activity of most accessions (indexes from 2.5 % to 7.7 %) and slightly decreases in *T. dicoccum* Golikovs'ka (-3.5 %) and *T. spelta* Frankenkorn (-5.8 %) . The ranking of the studied samples by the level of AA, established in the control, is maintained after freezing. AA is a factor of seed hardiness to freeze in terms of germination and length of the primary leaf.

The positive correlation of AA of the seeds in the control with seed germination rate ( $r = 0.82$ ) and the length of the primary leaf ( $r = 0.57$ ) in the freezing variant allows to predict the condition of seeds after freezing by the initial AA level.

There was no clear dependence of the seed longevity of bread wheat accessions, found out by the results of model experiments of accelerated aging and freezing, on the presence of purple color and high content of amylopectin starch (waxy).

Among the studied accessions of bread wheat, the most longevous were the seeds of the waxy wheat accession PI619376, the least longevous – the purple variety Chornobrova, Bunchuk variety and waxy accessions PI619377 and PI619381.

**Scientific novelty of the obtained results.** *For the first time, there were found out:* the role of hulls in determining the seed longevity of hulled wheat, which is the negative impact of the presence of hulls on the endurance to the action of accelerated aging, and therefore on the seed longevity; comparative reaction of seeds of specific accessions of wheat underutilized species and forms to different modes of accelerated aging and freezing at a temperature of  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; the relationship between the antioxidant activity of seeds and its longevity under different modes of accelerated aging and freezing.

*There were improved* long-term storage of underutilized wheat species and forms seed accessions by providing more favorable moisture; the process of preparing the seeds of hulled wheats for long-term storage, which consists in removing the hulls provided that the seeds are not damaged.

*There has been further developed* the diagnosis of seed longevity by the level of antioxidant activity: a higher indicator of seed antioxidant activity indicates greater seed longevity.

**The practical significance of the obtained results.** The found out a positive effect of removing hulls from the seeds of hulled wheat on the seed longevity and the optimal level of seed moisture of 5-6% allow to improve its preparation for long-term storage that prolong seed longevity.

The found out positive relationship between the initial antioxidant activity of seeds and its longevity allows to diagnose the seed longevity on the basis of AA.

*Key words: wheat, spelt, emmer, einkorn, seed, longevity, accelerated aging, freezing, storage, hulls, antioxidant activity.*

## Список публікацій здобувача

### Статті у фахових наукових виданнях України

1. Скороходов М. Ю., Поздняков В. В., Богуславський Р. Л. Роль антиоксидантної активності у довговічності насіння представників видів і малопоширених форм пшениці. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2017. Вип. 112. С. 104–117.
2. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Вплив проморожування на насіння зразків малопоширених видів пшениці. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області : науково-виробничий збірник* / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2018. № 24. С. 181–189
3. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л., Лютенко В. С. Вплив вологості насіння різних видів пшениці на його довговічність. *Генетичні ресурси рослин* : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2019. № 24. С.121–128.
4. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Вплив лусок на довговічність насіння плівчастих пшениць в умовах прискороеного старіння. *Генетичні ресурси рослин* : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2019. № 25. С. 151–159.
5. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Довговічність насіння форм пшениці м'якої з фіолетивим і восковидним зерном. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2020. Вип. 117. С. 146–157.

### Статті у наукових іноземних виданнях

6. Seed longevity of some wheat species and cultivars based on their antioxidant activity / N. Yu. Skorokhodov, V. V. Pozdniakov, O. V. Antsiferova, R. L. Boguslavskiy. *Annual Wheat Newsletter*. 2019. Vol. 65. P. 51–59.

### Матеріали наукових конференцій

7. Герасимов М.В., Задорожна О.А., Шиянова Т.П., Скороходов М.Ю. Зберігання зразків насіння в НЦГРРУ // Генетичне та сортове різноманіття росли для покращення якості життя людей: Тези доповідей. Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 25-річчю Національного ген банку росли України – Київ (4–7 липня 2016 року). Київ, 2016. С.200–202.

8. Скороходов М. Ю Довговічність насіння представників видів пшениці у модельному досліді. *Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату* : збірник наукових праць всеукраїнської науково-практичної конференції (Кам'янець-Подільський, 15–16 черв. 2017 р). Кам'янець-Подільський, 2018. С. 215–218.

9. Скороходов М. Ю., Поздняков В. В., Богуславський Р. Л. Вплив режимів прискороного старіння на антиоксидантну активність насіння представників видів пшениці. *Реалізація потенціалу сортів зернових культур шлях вирішення продовольчої безпеки* : матеріал. міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 110-річчю від дня народження академіка-селекціонера В.М.Ремесла (20 жовт. 2017 г.). Центрольне, 2017. С. 52–53.

10. Скороходов М. Ю. Вплив проморожування на насіння зразків малопоширених видів пшениці. *Селекційно-генетична наука і освіта* : матеріали VII міжнародної наукової конференції (Парієві читання) (19–21 бер. 2018 р.). Умань, 2018. С. 247–251.

11. . Seeds storage under different temperatures and controlled moisture / O. A. Zadorozhna, V. K. Ryabchun, T. P. Shyianova, M. Yu. Skorokhodov. *Topic of the Scientific Seed Symposium : testing Methods and Research on Seed Quality. Prüfungsmethoden und Forschungsansätze zur Saatgutqualität. IPK Gatersleben* – (10 – 12 Apr. 2018 at). Gatersleben, 2018. P.31.

12. Скороходов М. Ю., Задорожна О. А. Порівняльна довговічність насіння зразків малопоширених видів пшениці у модельному досліді. *Сучасні технології підвищення генетичного потенціалу рослин* : збірник тез. міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю

Національної академії аграрних наук та 110-річчю заснування Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН (Харків, 4–5 липня 2018 р.). Харків, 2018. С. 195–196.

13. Скороходов М. Ю. Вплив вологості насіння на здатність до зберігання // *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур* : матеріали VII міжнародної наукової конференції молодих вчених і спеціалістів (Центральне, 19 квітня 2019 р.). Центральне, 2019. С. 106.

14. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Довговічність насіння півчастих видів пшениці у модельному досліді. *Підвищення ефективності селекції та рослинництва у сучасних умовах* : збірник тез міжнародної наукової конференції, присвяченої пам'яті науковій спадщині видатного вченого Василя Яковича Юр'єва (Харків, 3–5 липня 2019 р.). Харків, 2019. С. 168–169.

15. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Наявність лусок як чинник довговічності насіння півчастих видів пшениці. Стан та перспективи насінництва сільськогосподарських культур. Теорія, методологія нормативна правова база, практика : матер. міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 18–19 грудня 2019 р.) / СГІ-НЦНС. Одеса, 2019. С. 27–28.

### **Наукові посібники, каталоги, винаходи**

16. Богуславський Р.Л., Рябчун В.К., Голік О.В., Діденко С.Ю., Кір'ян В.М., Вискуб Р.С., Задорожна О.А., Докукіна К.І., Бондаренко В.М., Кузьмишина Н.В., Сергєєва І.Л., Скороходов М.Ю., Шиянова Т.П., Криштопа Н.І., Вечерська Л.А. Генетичне різноманіття малопоширених видів, диких родичів та амфідиплоїдів пшениці у Національному генбанку рослин України Харків – 2018. С.1–45.

## ЗМІСТ

стр.

|   |    |
|---|----|
| Перелік умовних позначень та скорочень  | 21 |
| ВСТУП   | 22 |
| РОЗДІЛ 1  | 27 |
| ДОВГОВІЧНІСТЬ НАСІННЯ ПРИ ЗБЕРІГАННІ:<br>ЧИННИКИ ТА МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ (ОГЛЯД<br>ЛІТЕРАТУРИ) |    |
| 1.1   | 28 |
| 1.2   | 29 |
| 1.3   | 34 |
| 1.4   | 36 |
| 1.4.1   |    |
| 1.4.2   | 37 |
| 1.4.3   | 38 |
| 1.5   | 38 |
| 1.6   | 41 |
| 1.7   | 46 |
| Висновки до розділу 1   | 47 |
| РОЗДІЛ 2  | 48 |
| МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА ТА АГРОКЛІМАТИЧНІ<br>УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ                         |    |
| 2.1   | 48 |
| 2.2   | 48 |
| 2.3   | 51 |
| 2.3.1   | 51 |
| 2.3.2   | 52 |
| 2.3.2.1   | 53 |
| 2.4   | 58 |
| Висновки до розділу 2   | 63 |
| РОЗДІЛ 3  | 65 |
| ДОВГОВІЧНІСТЬ НАСІННЯ ЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ ЗА<br>РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРИСКОРЕНОГО СТАРІННЯ І            |    |

|   |  |     |
|---|--|-----|
|   | ВПЛИВ НА НЕЇ НАЯВНОСТІ ЛУСОК   |     |
|   | Висновки до розділу 3  | 79  |
| РОЗДІЛ 4  | АНТИОКСИДАНТНА АКТИВНІСТЬ ЯК<br>ФІЗІОЛОГІЧНИЙ ЧИННИК ДОВГОВІЧНОСТІ<br>НАСІННЯ ЗРАЗКІВ МАЛОПОШИРЕНИХ ВИДІВ<br>ПШЕНИЦІ | 81  |
|   | Висновки до розділу 4  | 91  |
| РОЗДІЛ 5  | ДОВГОВІЧНІСТЬ НАСІННЯ ЗРАЗКІВ ВИДІВ<br>ПШЕНИЦІ В УМОВАХ ПРОМОРОЖУВАННЯ   | 93  |
|   | Висновки до розділу 5  | 102 |
| РОЗДІЛ 6  | ДОВГОВІЧНІСТЬ НАСІННЯ ФОРМ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ<br>З ФІОЛЕТИВИМ І ВОСКОВИДНИМ ЗЕРНОМ                                       | 104 |
|   | Висновки до розділу 6  | 119 |
| ВИСНОВКИ  |  | 121 |
| РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У НАУКОВИХ ТА<br>НАВЧАЛЬНИХ ПРОГРАМАХ |  | 125 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ  |  | 126 |
| ДОДАТКИ   |  | 147 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

|                  |   |
|------------------|---|
| IP               | Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва   |
| НААН             | Національна академія аграрних наук України  |
| НЦГРРУ           | Національний центр генетичних ресурсів рослин України   |
| T.               | Triticum  |
| VIP              | Всеросійський інститут рослинництва, нині<br>Федеральний дослідницький центр Всеросійський<br>інститут генетичних ресурсів рослин імені М.І. Вавилова |
| IPGRI            | International Plant Genetic Resources Institute, нині<br>Bioversity International   |
| W                | вологість насіння   |
| AA               | антиоксидантна активність   |
| $\mu$            | середня помилка   |
| t                | критерій Ст'юдента  |
| I                | індекс впливу чинника   |
| r                | коефіцієнт кореляції  |
| NP <sub>05</sub> | найменша істотна різниця  |
| E                | енергія проростання насіння   |
| C                | схожість насіння  |
| K                | довжина первинних коренців  |
| L                | довжина первинних листків   |
| DPPH             | 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl  |
| ISTA             | International Seed Testing Association  |
| FAO              | Food and Agriculture Organization   |

## ВСТУП

Видове і внутрішньовидове різноманіття сільськогосподарських культур, зокрема пшениці, знаходиться під загрозою втрати внаслідок генетичної ерозії [1], і тому є об'єктом особливої уваги з точки зору збереження для використання у сьогоденні та в майбутньому. Світовий досвід довів, що найбільш раціональним шляхом збереження генофонду рослин, що генеруються насінням, є зберігання *ex-situ* – у генбанках, активних, робочих та інших колекціях. З іншого боку, зростаюча у світі та в Україні зацікавленість у споживанні зерна малопоширених видів і форм пшениці, зокрема плівчастих пшениць, як культур для здорового харчування викликає необхідність вивчення всіх аспектів технології їх виробництва і переробки, у тому числі здатності до тривалого зберігання – довговічності. При цьому головним завданням є протидія процесам, що ведуть до старіння насіння.

Довговічність насіння зумовлено комплексом чинників, які взаємодіють між собою: спадковою основою; фізіологічним станом насіння, пов'язаним з умовами вирощування та післязбирального зберігання; хімічним складом, вологістю, температурою, складом атмосфери зберігання тощо [2]. Багатьма дослідженнями було показано можливість моделювати природне старіння насіння під час зберігання шляхом створення спеціальних режимів – «прискореного старіння», що дозволяє прискорити вивчення питань, пов'язаних із довговічністю насіння [3–5].

Малопоширені види та форми пшениці є важливим джерелом генетичного матеріалу для селекційного покращення цієї провідної зернової культури. Крім того, в останній час вони набувають самостійного значення як культури і сорти з особливо цінними властивостями для споживання, джерела продуктів для здорового харчування. Зокрема, це плівчасті види – полба, спельта, однозернянка. Доцільність вивчення особливостей насіння цих видів диктується як потребами їх селекції та насінництва й пов'язаною з ними

проблемою збереження генофонду у генбанках і робочих колекціях, так і необхідністю пристосування цих видів до сучасних технологій вирощування, перш за все механізованого посіву, механізованого обмолоту та подальшої обробки. Недостатньо вивчено роль лусок у детермінації схожості насіння півчастих видів пшениці та його довговічність при коротко та довготривалому зберіганні. Так само, дуже мало відомостей про витривалість до зберігання перспективних форм пшениці зі зміненим складом ендоспермального крохмалю – *ваху*, форм з фіолетовим забарвленням та інших. Важливе значення має розуміння фізіологічних механізмів, що визначають довговічність насіння означеної категорії сортів і форм пшениці, і на цій основі розробка й використання ефективних методів діагностики стану схожості насіння. Все це обумовлює актуальність даного дослідження.

#### **Мета і завдання дослідження.**

Мета дослідження – встановити закономірності прояву довговічності насіння малопоширених видів і форм пшениці у зв'язку з його довготривалим зберіганням.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі наукові задачі:

Установити порівняльну реакцію насіння на різні режими прискореного старіння.

Установити роль лусок у визначенні довговічності насіння півчастих видів пшениці;

Визначити оптимальний рівень вологості насіння для довгострокового зберігання:

Установити порівняльну реакцію насіння на проморожування за температури  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

Установити зв'язок між антиоксидантною активністю насіння та його довговічністю за різних режимів прискореного старіння та в умовах проморожування.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**  
Дисертаційну роботу виконано упродовж 2015 – 2018 рр. згідно завдань

тематичних планів ПНД 09 «Формування генетичного різноманіття Національного банку генетичних ресурсів рослин України» («Генетичні ресурси рослин») за завданням 2014 – 2015 рр. «09.01.02.03.П «Здійснити збереження, збагачення та реєстрацію колекцій Національного генбанку рослин України для забезпечення селекційних, наукових та навчальних програм зразками генофонду рослин» (номер державної реєстрації 0114U003116); ПНД 24 «Формування та ведення Національного банку генетичних ресурсів рослин для стабільного забезпечення потреб народу України у продукції рослинництва» («Генофонд рослин») за завданням 2016 – 2018 рр. «24.01.02.01.П «Розширити і зберегти генетичне різноманіття Національного банку рослин України та забезпечити доступ до нього для використання у селекції та наукових дослідженнях» (номер державної реєстрації 0116U00174).

**Об’єкт дослідження:** біологічні основи довговічності насіння сільськогосподарських культур.

**Предмет дослідження:** закономірності у визначенні довговічності насіння малопоширених видів і форм пшениці при зберіганні.

**Методи дослідження:** загальнонаукові (аналіз, синтез, узагальнення), польовий (фенологічні спостереження, оцінка стійкості до несприятливих факторів, морфологічний опис), вимірювально-ваговий (для визначення продуктивності), біохімічний (визначення вмісту антиоксидантної активності), математичні (оцінка ступеня зміни рівня прояву ознак), статистичні (дисперсійний для оцінки достовірності експериментальних даних, кореляційний для виявлення зв’язку між ознаками), лабораторні (визначення показників енергії проростання насіння та схожості, визначення довговічності насіння методами прискореного старіння).

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у вирішенні наукового завдання – установлення закономірностей, що визначають довговічність насіння зразків малопоширених видів і форм пшениці у зв’язку з його довгостроковим зберіганням.

*Уперше встановлено:*

– роль лусок у визначенні довговічності насіння плівчастих видів пшениці, яка полягає у негативному впливі наявності лусок на витривалість до дії прискореного старіння, отже на довговічність насіння;

– порівняльну реакцію насіння конкретних зразків малопоширених видів і форм пшениці на різні режими прискореного старіння та на проморожування за температури  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

– зв'язок між антиоксидантною активністю насіння та його довговічністю за різних режимів прискореного старіння та в умовах проморожування;

*Удосконалено:*

– умови тривалого зберігання шляхом створення більш сприятливих режимів вологості насіння зразків малопоширених видів і форм пшениці,

– процес підготовки насіння плівчастих видів пшениці для тривалого зберігання, який полягає у видаленні лусок за умов не ушкодження насіння.

*Набуло подальшого розвитку:* Діагностування довговічності насіння за рівнем антиоксидантної активності: більш високий показник антиоксидантної активності насіння свідчить про більшу довговічність насіння.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Установлені позитивний вплив видалення лусок з зернівок зразків плівчастих видів пшениці на довговічність насіння та оптимальний рівень вологості насіння – 5-6 % дозволяють удосконалити підготовку його до тривалого зберігання чим подовжити довговічність.

Установлений зв'язок між антиоксидантною активністю насіння та його реакцією на прискорене старіння та проморожування дозволяє діагностувати довговічність насіння.

**Особистий внесок здобувача.** Результати досліджень, представлені у дисертаційній роботі, отримано автором самостійно і є оригінальними. Постановку завдань і розроблення програми досліджень було здійснено разом із науковим керівником. Здобувачем особисто здійснено інформаційний пошук, узагальнено наукові дані вітчизняних і зарубіжних інформаційних джерел за темою дисертації; проаналізовано та узагальнено результати експериментів, на

їх основі сформульовано висновки та розроблено рекомендації. Публікації виконано самостійно, а також у співавторстві з часткою авторства 50-80 %. Права співавторів не порушено.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи оприлюднено та обговорено на засіданнях лабораторії інтродукції та зберігання генетичних ресурсів рослин та вченої ради Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва (2015–2020 рр.), та на міжнародних науково-практичних конференціях: «Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату» (Кам'янець-Подільський, 15–16 черв. 2017 р.), «Реалізація потенціалу сортів зернових культур шлях вирішення продовольчої безпеки» (Центральне 20 жовтня 2017 р.), «Селекційно-генетична наука і освіта» (Умань 19–21 бер. 2018 р.), «Сучасні технології підвищення генетичного потенціалу рослин» (Харків 4–5 липня 2018 р.), «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур» (Центральне, 19 квітня 2019 р.), «Підвищення ефективності селекції та рослинництва у сучасних умовах» (Харків 3–5 липня 2019 р.), «Стан та перспективи насінництва сільськогосподарських культур» (Одеса, 18–19 грудня 2019 р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 16 наукових праць, у тому числі п'ять статей у фахових виданнях України: «Генетичні ресурси рослин», «Селекція і насінництво», "Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області"; одну статтю у закордонному науковому виданні «Annual Wheat Newsletter» у США; одно наукове видання та 9 публікацій у матеріалах міжнародних наукових конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація викладена на 166 сторінках комп'ютерного тексту, з них 117 – основного тексту, з яких 35 таблиць, 4 рисунки. Робота містить вступ, шість розділів, висновки, список літератури (206 найменування, із них 109 латиницею) та 18 додатків.

## РОЗДІЛ 1

### ДОВГОВІЧНІСТЬ НАСІННЯ ПРИ ЗБЕРІГАННІ: ЧИННИКИ ТА МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Довговічність насіння при зберіганні у значній мірі визначається генотиповими особливостями, у тому числі видовими та сортовими. При досить добрій вивченості означених питань стосовно основних вирощуваних видів пшениці – м'якої та твердої, вони дуже мало розроблені для малопоширених видів і форм пшениці. Насіння озимої пшениці висівається вже через 1,0–1,5 місяці після збирання, ярої – через 7–8 місяців. У системі насінництва існують перехідні, державні та страхові фонди, які зберігаються від 1 до 5 і більше років. У всіх випадках зберігання, як вважав М.М. Кулешов, до часу посіву насіння повинно мати високу схожість і здатність давати здорові і сильні рослини наступного покоління» [6]. А. Еварт [7] розподілив різні види рослин на три категорії за довговічністю насіння: мікробіотики – насіння зберігає схожість менше трьох років, мезобіотики – від трьох до 15 років та макробіотики – більше 15 років. Пшениці м'яку та тверду відносять до макробіотиків, малопоширені види – до мезобіотиків [8].

Незалежно від того, в яких умовах зберігається насіння – оптимальних або несприятливих, з плином часу воно старіє. Старіння насіння (aging, deterioration) розглядають як накопичення структурних і метаболічних пошкоджень, що призводять до порушення функцій і зниження стійкості до несприятливих зовнішніх умов аж до втрати схожості [3]. В основі ушкоджень, що призводять до старіння насіння, лежать процеси неферментативного гліколізування білків, генерація активних форм кисню і вільних радикалів, перекисне окислення ліпідів [3–5, 9]. Тривалість процесу старіння у насіння може варіювати від декількох днів до багатьох десятків і навіть, в окремих випадках, сотень років. Існує два основні чинники, які впливають на швидкість

старіння у насіння – це вологість насіння і температура оточуючого середовища [10].

Довговічність насіння пов'язана з його здатністю впадати в анабіоз за відповідних умов. Досвід багатьох дослідників довів, що такими умовами для ортодоксального насіння (до якого належить і насіння пшениці) є підсушування за ощадного режиму (вологість оточуючого середовища під час сушіння повнна бути в межах 25–35 %), після чого поміщення у герметично закриті контейнери (переважно це пакети з алюмінієвої фольги) і збереження за низької температури [11,12].

Насіння *Triticum aestivum* L., одержане у сухі теплі роки, менш схильне до спокою, ніж дозріле у роки з холодним вологим літом [13]. Вологість і висока температура під час дозрівання насіння генотипів *T. aestivum* L., що характеризуються різною глибиною спокою, впливають на спокій, при тому, що переривання спокою є більш сильним у генотипів з частковим спокоєм, ніж для тих, що зовсім не мають спокою або з високою схильністю до спокою [14].

Рослини білозерних і червонозерних форм пшениці м'якої, вирощені без водного стресу, продукували насіння, що не розрізнялось за глибиною спокою, але при вирощуванні за умов підвищеної вологості насіння червонозерних форм характеризувалось більш глибоким спокоєм, ніж білозерних форм [15].

Питання, пов'язані з довговічністю насіння, досить широко розроблено на різних культурах і видах рослин. Цей огляд джерел інформації має на меті представити ступінь наукової розробки цих питань стосовно пшениці, частково залучаючи дані з близьких культур.

### 1.1 Методи оцінки довговічності та схожості насіння пшениці

Аналіз результатів багаторічного зберігання насіння потребує тривалого часу. Крім того, таке зберігання далеко не завжди здійснюється за уніфікованих умов, тому результати зберігання різних зразків насіння буває важко порівняти [8,16]. Тому було розроблено низку експрес методів, основаних на моделюванні

фізіологічних процесів, що відбуваються у насінні під час природного старіння. Ці процеси вивчені у насіння різних сільськогосподарських культур [17–22]. Експрес–методи дозволяють у порівняно короткий строк дати порівняльну оцінку довговічності насіння і прогнозувати результати його зберігання за різних умов. Ці методи одержали назву «прискорене старіння» (англ. «accelerate ageing»).

Існує два основних методичних підходи, застосовуваних при прискореному старінні [18,19]. У першому випадку насіння піддають одночасній дії підвищеної вологості і температури повітря. У другому – спочатку підвищують вміст вологи у насінні, а потім інкубують його за підвищеної температури. Перший спосіб зазвичай використовують для аналізу великого насіння, що формується такими рослинами як кукурудза, горох, квасоля, боби. Другий спосіб, як правило, застосовується при роботі з дрібнонасіnnими овочевими культурами.

Більшість методів засновано на витримці насіння у стані підвищеної вологості за підвищеної температури – порядку 40 °C і вище. Метод Хемптона та ТеКроні [23,24] використовується найбільш широко і рекомендований Міжнародною асоціацією тестування насіння ISTA [25]. Цей метод полягає у тому, що зразок насіння витримується у відкритих паперових пакетах в ексикаторі з водою упродовж 3 діб (72 год.) у термостаті за температури 43 °C ±2 °C. [2].

Найбільш важливим чинником, який необхідно контролювати при прискореному старінні, є рівень вмісту вологи насіння. Для успішного проведення процедури дуже важливо підібрати таку величину вмісту вологи, яка не допускала б незворотну ініціацію процесів проростання. Зазвичай вологість насіння підвищують шляхом його витримання у парах насичених розчинів солей, зокрема, хлористого натрію, що створює 75 %-ву відносну вологість, або хлористого калію, що створює 86 %-ву відносну вологість.

У колишньому СРСР, у Всесоюзному НДІ рослинництва ім. М.І. Вавілова (ВІР) Б.С. Ліхачовим було розроблено інший метод прискореного старіння,

який передбачає витримування насіння у герметично закритих ємностях за температури 37 °С упродовж одного місяця (30 діб) [26,27]. Можливі варіанти: насіння поміщається у ємність разом а) з посудом з водою, б) без води, за визначеної вологості. При цьому є можливість створювати у закритих контейнерах різні рівні вологості насіння, отже визначати їх вплив на витривалість до зберігання.

Не менш важливою є адекватна й надійна оцінка схожості насіння, як вихідного (контрольний варіант), так і у процесі зберігання (природне старіння) та прискореного старіння [28]. Ці методи уніфіковані у міжнародних правилах тестування насіння, які періодично удосконалюються [25,29 – 31].

Показники, що характеризують схожість і швидкість проростання насіння, складають фізіологічну компоненту якості насіння, і при їх характеристиці часто використовують термін «фізіологічна якість». Визначення фізіологічної якості насіння включає їх урожайні властивості. Для оцінки фізіологічної якості насіння в першу чергу тестують на схожість. Схожість насіння є основним загальноприйнятим параметром оцінки схожості як здатності до проростання. Методологія визначення схожості добре розвинена і безперервно удосконалюється в сторону підвищення відтворюваності і статистичної достовірності результатів [18].

Поряд з енергією проростання та схожістю [32], які є головними показниками у цих методах, інформативною є оцінка сили росту насіння, яка частіше визначається за морфологічними ознаками проростків [33]. Використовується також метод забарвлення насіння вітальними барвниками, зокрема тетразолом [34].

## 1.2 Чинники, що впливають на довговічність насіння пшениці

Стан збереження якості насіння в великій мірі залежить від умов вирощування материнських рослин, режиму збирання врожаю і зберігання в подальшому. Залежно від умов вирощування значно змінюються різні якісні

параметри насіння: хімічний склад і фізіологічний стан, фізико-механічні властивості, ураження хворобами і пошкодження шкідниками, генетичні особливості, а також біологічні властивості (активність наклёвування, енергія проростання, схожість, інтенсивність росту проростків, урожайні властивості).

В процесі зберігання насіння піддається дії як ендогенних, так і екзогенних чинників, які часто взаємодіють [35]. До ендогенних чинників належать фізіологічні, біохімічні, генетичні та структурні зміни, що відбуваються всередині насіння. Екзогенні чинники поділяють на чотири основні групи: метеорологічні, фізичні, хімічні і біотичні. До метеорологічних належать: температура, світло, волога, повітря. Фізичні чинники - іонізуючі та інші види електромагнітних випромінювань. З метою обробки насіння їх застосовують за допомогою спеціальних пристроїв, проте деякі з них в різних дозах виникають в природі спонтанно, діючи на живі організми. Серед хімічних чинників, що діють на насіння під час зберігання, найбільш поширеними є протруйники, фуміганти, дефоліанти і десиканти, різні консерванти, хімічні мутагени тощо. Ефект хімічних агентів залежить від норм, терміну та експозиції дії, умов, за яких відбувається їх контакт з насінням. До основних біотичних чинників, що впливають на насіння під час зберігання, належать мікроорганізми, що викликають хвороби, а також шкідники [36].

Залежно від дози і експозиції дії фізичних і хімічних чинників на насіння, а також умов, за яких воно відбувається, ефект може бути різним – стимулюючим, інгібуючим, мутагенним або ж летальним.

Під час зберігання насіння виділяють два періоди: у перший період відбувається післязбиральної дозрівання, в результаті якого поліпшуються властивості насіння, у другий період – старіння насіння, яке призводить, як правило, до його погіршення. Мінливість насіння при зберіганні зумовлюється фізіолого-біохімічними, структурними, біологічними та генетичними перетвореннями, які у ньому відбуваються [36,37].

В цілому чинники, що впливають на довговічність і пов'язаний з нею спокій насіння, зводяться до таких:

- Вихідна схожість насіння;
- Спадковість і пов'язані з нею хімічний склад, фізіологічні особливості тощо;
- Матрикальна різноякісність;
- Ступінь стиглості;
- Місце та умови вирощування материнських рослин;
- Хвороби та шкідники;
- Обробка отруто – та іншими хімікатами;
- Механічні пошкодження;
- Інші чинники [37].

Не для всіх цих чинників є доступною інформація стосовно впливу на довговічність насіння представників видового та внутрішньовидового різноманіття пшениці. Разом з цим, низка питань висвітлена досить детально.

Для різних культур встановлено S-подібний характер кривої виживання насіння, яка характеризує частотний розподіл періодів схожості окремих насінин. Якщо насіння зберігається за константних умов, періоди схожості насінин у популяції розподіляються навколо середнього значення за законом нормального розподілу. Такий розподіл встановлений для пшениці м'якої [38]. На підставі результатів низки досліджень з насінням пшениці та інших хлібних злаків, що зберігалось за температури 15–25 °С і вологості 11–23 %, Е. Робертс запропонував рівняння, яке в цілому підтвердилось на інших культурах:

$$\log p_{50} = K_v - C_1 m - C_2 t, \quad (1.1)$$

де  $p_{50}$  – період половинної схожості (час, за який 50 % насінин втрачало схожість);

$m$  – вологість насіння;

$t$  – температура (°С) і  $K_v, C_1$  і  $C_2$  – константи, що визначаються для кожної культури.

Доведено, що це рівняння достатньо точно прогнозує схожість насіння протягом періоду до 15 років [39].

Важливими чинниками, що визначають довговічність насіння, є температура, вологість і парціальний тиск кисню.

Зниження температури на кожні 5 °C збільшує тривалість життя насіння приблизно удвічі. Це правило вірно у межах від 0 до 50 °C [39–41]. Температури нижче нуля сприяють збереженню схожості насіння, якщо його вологість не настільки велика, щоб у ньому відбулось пошкодження клітин і тканин від промерзання [40–42].

Збільшення вологості на 1% в інтервалі від 5 до 15 % скорочує удвічі період схожості насіння [41]. Критична вологість для пшениці становить 14 %. Насіння пшениці було живим після 31–33 років сухого зберігання у дерев'яному сараї у Вашингтоні, США [43]. Насіння пшениці твердої *T. durum*, що зберігалось за 22 °C, знаходилось у спокої після 23 років зберігання, але втрачало спокій через 50 днів після повернення у лабораторні умови [44]. Зернівки білозерних мутантів сорту Chinese spring (*T. aestivum*) «пробуджувались за 37 °C [45].

При фундаментальних дослідженнях схожості пшениці важливо ураховувати, що рівноважна гігроскопічна залежність для зародка та ендосперму неоднакова: за відносної вологості нижче 88 % вологість зародка нижча за вологість ендосперму, але за більш високої відносної вологості вона вище [46].

Відомо, що насіння пшениці, одержане у роки з рясними опадами, є менш довговічним, ніж одержане за сухої сонячної погоди, причому період половинної схожості у пшениці був на 14 % менше, ніж у насіння, зібраного у роки зі сприятливими умовами дозрівання й збирання; за цим показником пшениця займає проміжне місце між вівсом (менш довговічним) і ячменем (більш довговічним майже удвічі) [43,47].

Стосовно нижньої межі вологості насіння, за якої воно є схожии, у дослідах Харингтона і Крокера [48] зниження вологості пшениці до менше 1 % не завдає негативної дії на схожість.

Зазначається, що насіння пшениці є слабо чутливим до механічних пошкоджень під час обмолоту тощо; у цьому вона поступається ячменю, але більш стійка, ніж кукурудза; найбільш чутливою виявилась квасоля [49]. Найбільш сильному травмуванню піддається насіння пшениці з вологістю 19–25 % [50].

Зазвичай насіння зберігають у герметично закритих контейнерах – скляних, металевих або запаяних ламінованих пакетах з алюмінієвої фольги [12]. З часом у цих контейнерах у результаті дихання насіння і пов'язаної з ним мікрофлори змінюється газовий склад атмосфери, і поступово вона стає анаеробною: збільшується вміст вуглекислого газу і зменшується – кисню.

У досліді, де насіння пшениці зберігали у герметичній тарі з вологістю 13–18 % за 30 °С, не спостерігалось відмінностей. Але у другому досліді насіння, що зберігалось в атмосфері азоту, зберігали схожість більш тривалий час. За температури 20 °С схожість краще зберігалась в атмосфері азоту, особливо за підвищеної вологості насіння. У будь якому випадку зниження вмісту кисню збільшувало тривалість схожості [51].

Збереження насіння за контрольованої температури і вологості показало, що збільшення парціального тиску кисню с 0 до 21 % веде до зниження схожості. Подальше його збільшення практично ніякої дії не завдає [36–37, 52].

Зростання рівня CO<sub>2</sub> під час розвитку насінин може впливати на схожість. Насіння шести зразків *T. aestivum*, вирощене за концентрації CO<sub>2</sub> 350, 700 і 1000 ppmv (мікромоль на моль повітря), мало схожість близьку до 100 %, але насіння варіювало за енергією проростання у залежності від концентрації CO<sub>2</sub> і генотипу зразка [53].

### 1.3 Фізіологічні аспекти спокою та довговічності насіння пшениці

Старіння насіння є головною проблемою його зберігання.

Вважається, що одним з вирішальних процесів у старінні насіння є старіння ендосперму. При трансплантації зародків на ендосперм іншої насінини встановлено, що, чим старіший ендосперм, тим слабше ріст трансплантованого зародка [36].

Був проведений експеримент з оцінки впливу прискореного старіння на показники проростання та ферментної активності насіння ячменю – культури близької до пшениці за біологічними особливостями. Насіння інкубували в закритих пластикових ящиках для прискореного старіння за 41 °С. Застосовували три режими прискорення старіння: насіння витримували при 41 °С та відносній вологості 90–100 % протягом 0, 4 та 8 днів. Результати показали, що збільшення тривалості старіння призводить до більш значного зниження відсотка схожості, індексу схожості, середнього часу до проростання, відсотку нормальних проростків, активності каталази та аскорбат-пероксидази. Найвищими ці показники були у контрольному варіанті (0 днів старіння). В умовах старіння усі вони значно зменшуються. Також результати показують, що старіння насіння пов'язане зі зниженням активності ферментів, що знижує дихальну здатність, яка, у свою чергу, пов'язана зі зниженням постачання проростаючому насінню як енергії (через АТФ), так і асимілятів, а також зменшення антиоксидантних ферментів. Спостерігається позитивний зв'язок між потужністю антиоксидантного ферменту та силою насіння [54]

У ячменю встановлено, що реакція насіння на прискорене старіння та проморожування зміною активності каталази у насінні та проростках пов'язана з сортовою належністю та фізіологічним станом насіння. Зниження енергії проростання та схожості насіння ячменю, обумовлене прискореним старінням, пов'язано з підвищенням активності каталази у насінні та проростках, що свідчить про порушення нормального перебігу фізіолого-біохімічних процесів, зокрема, підвищення вмісту пероксидів. Проморожування насіння ячменю, паралельно із зростанням енергії проростання та схожості, викликає зниження активності каталази у насінні порівняно з неконтрольованими умовами

зберігання та прискореним старінням, що свідчить про сприятливу дію цього чинника на перебіг процесів схожості насіння. Генотипи ячменю різняться за ступенем зміни енергії проростання та схожості насіння і активності каталази під впливом прискороного старіння і проморожування, причому голозерні сорти менш витривалі, ніж плівчасті [55].

Негативний ефект старіння насіння може бути частково компенсовано застосуванням в момент пророщування окремих речовин – розчину аргініну та екстракту з проростків озимої пшениці [56].

#### 1.4 Вплив умов середовища на довговічність насіння

##### 1.4.1 Вплив умов вирощування на довговічність насіння

Екологічні умови, за яких вирощена материнська рослина в один рік, може вплинути на ріст потомства наступного року. Цей факт був виявлений селекціонерами, які створювали нові сорти зернових культур (пшениці, ячменю, вівса та кукурудзи). При створенні нових сортів важливо бути впевненим, що рослини будуть достатньо продуктивними незалежно від того, де вони вирощені. Для цього насіння, вирощене в одному пункті, висівається в інших районах, і оцінюється урожай з цих рослин. Таким чином, загальні польові випробування проводяться протягом усього очікуваного періоду використання нового сорту. У ряді досліджень рослини, вирощені з насіння, одержаного в одному районі, дають вищий урожай, ніж насіння, вироблене у деяких інших районах [57–59].

Ефект середовища на визрівання інколи можна спостерігати у першому поколінні. Наприклад, походження насіння *T. aestivum* L. (з червоним зерном) впливає на різницю в урожаї рослин у другому поколінні, але не в третьому, при вирощуванні в одному й тому самому пункті [58,60]. Однак, слід відмітити, що у деяких випадках географічне походження насіння не впливає на урожай сорту [58,61–63].

Вплив сполук на схожість залежить від умов середовища, у яких вирощується рослина. Так, спільна дія пункту вирощування, типу ґрунту та умов сезону обумовлювала дворазове зростання загальної кількості білку у насіння пшениці, але вміст гліадину мало змінився у залежності від умов середовища під час вирощування [60,61,64].

Застосування добрив викликало зміни показників схожості насіння з фізіологічним спокоєм. Найбільш поширеною реакцією є зміна відсотку схожості. Додавання окремих елементів до ґрунту, в якому рослини вирощуються, може мати вплив на проростання потомства. Насіння з рослин пшениці, вирощених за високого рівня забезпеченості азотом, мали вищі відсоток схожості і енергію проростання, ніж без внесення азоту [65].

#### 1.4.2 Вплив важких металів на довговічність насіння

Насіння з рослин *T. aestivum* L., вирощених за дефіциту молібдену, мають менший спокій, ніж з рослин, оброблених молібденом [66]. З іншого боку, внесення молібдену у ґрунт, де вирощувались рослини *T. aestivum* L., знижувало дозбиральне проростання насіння, але, якщо одночасно з молібденом застосовували фосфор, відсоток схожих насінин зростав [67]. Насіння *T. aestivum* L. за обробки листя молібденом у концентрації 400 та 600 мг/л мало вищий рівень абсцизової кислоти, отже більш глибоким спокоєм, ніж з рослин, оброблених молібденом у концентраціях 0; 50 і 200 мг/л [68].

Схожість насіння *T. aestivum* L. знижалась до 60 % порівняно з контролем за застосування міді 100 мг/л [69,70]. Активність  $\alpha$ -амілази у насінні *T. aestivum* L. значно знижалась на розчині міді 50 мг/л. У другому досліді мідь у концентрації 5 ppm ( $5 \times 10^{-6}$  молі) не впливала на схожість, тоді як 25 ppm ( $25 \times 10^{-6}$  молі) значно знижала схожість – з 91 до 75 %. При цьому концентрація міді 5 ppm значно знижала активність  $\alpha$ -амілази [69,70]

Концентрація ртуті 25, 50, 75 і 100 ppm стимулювала схожість *T. aestivum* L. [71]. Проростання насіння *T. aestivum* L. повністю інгібувалось ртуттю у концентраціях 1,7 мілімоль і 1,5 мілімоль, відповідно [72].

*T. aestivum* L. названа серед видів, насіння яких є менш чутливим за схожістю, ніж за ростом коренів, до присутності важких металів: кадмію, міді, свинцю, ртуті та цинку [71, 73].

#### 1.4.3 Вплив хвороб та шкідників на довговічність насіння

Є відомості, що усі гриби, які уражають насіння під час зберігання, повністю неактивні за відносної вологості нижче 62 % [74] і дуже мало активні за відносної вологості нижче 75 % [75]. Що стосується впливу температури на розвиток мікрофлори, то деякі організми здатні розвиватись за дуже низьких температур (-8 °C), а інші – за дуже високих (80 °C) [74]. Єдиним практичним методом пригнічення активності мікрофлори за допомогою однієї температури є глибоке заморожування.

За вологості насіння нижче 8 % активність комах не спостерігається, але, якщо зерно вже заражено, можна спостерігати посилення їх активності при підвищенні вологості приблизно до 15 % [76].

Про реакцію кліщів на умови середовища відомо менше. Але, оскільки усі вони у різному ступені залежать від кожного дихання, вони чутливі до низької відносної вологості [77]. Вони не можуть виживати за відносної вологості нижче 60 % і починають гинути за 60–70 %. Оптимальні температури для їх схожості нижче, ніж для більшості амбарних шкідників насіння [76]. Вважається, що за межами інтервалу температур від 3 до 31 °C кліщі не активні [78].

#### 1.5 Механічні пошкодження

Травмоване насіння дає ослаблені проростки, що знижує польову схожість і в подальшому пригнічує ріст і розвиток рослин. Пошкодження зародку впливає на проросток – він втрачає вірну орієнтацію, закручується. У місці пошкодження насінини розвиваються збудники хвороб, що часто призводить до загибелі насіння взагалі. Сильно травмоване насіння дає врожай у 2–3, іноді в 5 разів менше ніж здорове. Із ростом рівня механізації в насінництві зростає значення механічного травмування насіння. Поряд з цим, воно зумовлюється й іншими причинами: пошкодженням шкідниками та ураженням хворобами, впливом навколишнього середовища.

І.Г. Строна [79] розрізняв макротравми й мікротравми насіння. До макротравм належать такі типи пошкоджень: зародок вибитий повністю або частково; відбита частина сім'ядолей, ендосперму або перисперму; відбиті або повністю видалені оболонки насіння. Мікротравми візуально, не спостерігаються, але завдають великої шкоди насінню. До них належать омертвіння частини тканини насінини; пошкодження, що викликається відчленуванням насінини від материнської рослини, коли не встигає утворитися роздільна тканина; мікропошкодження зародка; мікропошкодження сім'ядолей, ендосперму або перисперму з внутрішніми тріщинами; мікропошкодження оболонок насіння; різні ум'ятини, що виникають від ударів при підвищеній вологості насіння. Механічне травмування частіше відбувається при обмолоті зерна молотарками або комбайном, очистці й сортуванні, при транспортуванні, при зберіганні на току, в зерносховищах. У сухого і малого насіння головними ушкодженнями є тріщини, а у вологого – вм'ятини. Глибина пошкодження має більше значення, ніж його місцезнаходження. Біологічне травмування відбувається внаслідок морфологічних особливостей рослини, зумовлені пошкодженням шкідниками та ураженням хворобами. Шкідники можуть викликати мікротравми з інтоксикацією та без інтоксикації. Внутрішні тріщини з'являються при перестої врожаю на корені, тривалому лежанні у валках, ураженні ранніми приморозками, також при відставанні оболонок від ендосперму в результаті перемінної дощової та сонячної погоди, коли насіння

часто зволожується та підсушується, або внаслідок дії приморозків чи сонячних опіків [80, 81].

Відповідно до даних Центральної машиновипробувальної станції, під час лабораторно-польових випробувань зернозбиральних комбайнів травмування зерна озимої пшениці становить 30–42 %. Кількість пошкоджених зерен лише під час обмолоту перебуває в межах 27–42 %. Дроблення пшениці при збиранні доходить до 3 % і більше. В окремі роки частка зерен з повністю вибитим зародком (при збиранні) із загальної кількості пошкоджень сягає 70 %. Хоча пшениця належить до зернових культур, що обмолочуються порівняно важко, великі зерна всередині колоса обмолочуються порівняно легко, а дрібні, що мають міцніший зв'язок з ним, травмуються сильніше. При наступній обробці насінини завбільшки 2 мм і менше відходять на сортувальних машинах і не впливають на посівні якості насінневої партії. Вплив макротравм живильної тканини (ендосперм зернових) на схожість рослин залежить від місця ушкодження. За даними Ф. М. Куперман [82, 83], найбільш сильний негативний вплив на розвиток проростка вчиняло видалення шматочка ендосперму в насінині пшениці зі спинної сторони. Більшість механічних ушкоджень досить важко виявити (мікротравми). При мікроушкодженнях зародка лабораторна схожість часто не змінюється, але завжди відмічається помітне зниження польової схожості. Значне місце займають травми, викликані діяльністю мікроорганізмів і ентошкідниками. Ушкодження насіння мікроорганізмами викликає омертвіння тканини, що завжди має наслідком інтоксикацію в результаті схожості мікроорганізмів, і рослина швидко гине [84]. Особливе місце займають також ушкодження, викликані відділенням насіння від материнської рослини [84, 85].

Випробування, які звичайно застосовують для виявлення механічних ушкоджень, являють собою огляд поверхонь ушкоджених насінин і структури проростка при пророщуванні. З лабораторних методів визначення травмованості насіння найбільше часто застосовуються тетразолний метод, різні фарбування за допомогою йоду, зеленої малахітової фарби, метиленової

сині або інших барвників. Рентгенівський метод дозволяє виявити внутрішні ушкодження» [84].

Досліджені деякі фізіологічні особливості травмованого насіння. Насіння з мікротравмами в області зародка й макротравмами ендосперму характеризувалося найбільшою інтенсивністю дихання. [79, 84, 86]. Підвищення інтенсивності дихання сприяє збільшенню активності дегідрогеназ. Якщо в ушкодженому насінні активність сукцинатдегідрогенази становила 2,752 мг формаза на 1 г сирої наважки, то в цілому – 2,299 мг [79, 84, 87]. Змінюється весь окислювально-відновний режим проростків із травмованого насіння; знижується активність АТФ-ази майже в 3 рази в порівнянні з контролем. У проростків з ушкоджених насінин переважає більш окислювальний тип процесів. Активність поліфенолоксидази у проростків з цілих насінин вище, ніж у травмованих. Гістохімічна оцінка проростків показала, що макроушкодження ендосперму й зародка призводять до часткової втрати запасних речовин: білка, амінокислот, крохмалю, цукру й жиру. Змінюється й склад фізіологічно активних речовин. У травмованих насінин нижче активність сульфгідрильних груп, гетероауксину, аскорбінової кислоти [88]. Таким чином, енергія проростання й схожість насіння із ушкодженим ендоспермом або зародком знижуються в основному в результаті порушення фізіологічних процесів, що відбуваються при проростанні.

### 1.6 Генетичні аспекти довговічності насіння

У дослідах з порівняльної оцінки впливу прискореного старіння на насіння пшениці, ячменю й тритикале стрибкоподібне падіння схожості у всіх зразків спостерігалось через 10 діб експозиції на прискореному старінні. При цьому насіння ячменю було більш стійким до цього чинника, ніж насіння пшениці і тритикале. Оцінка динаміки проростання насіння різних сортів ячменю і пшениці після прискореного старіння за 50 °С і 75 %-ної відносної вологості протягом трьох діб виявила, що варіювання показників схожості

порівняно з контролем збільшилося у різних сортів ячменю від 52 до 99 %, у ярої пшениці – від 57 до 81 %, і у озимої пшениці – від 39 до 95 %. Однак, при цьому, дві партії насіння озимої пшениці Копилянка, отримані з різних місць вирощування, які не розрізнялись за схожістю в оптимальних умовах (95 %), сильно розрізнялися після прискороного старіння: у 1-й партії схожість становила 95 %, а у 2-й – знизилася до 63 %. Зазначений ефект був перевірений на насінні різних партій одного сорту пшениці і тритикале, вирощених за різними агротехнологіями. Відмінностей лабораторної схожості в контролі між партіями одного сорту практично не спостерігалось. Однак після їх інкубації за 75%-ної відносної вологості та 40 °С протягом 4 і особливо 8 діб починалися розбіжності за швидкістю проростання і схожістю, які корелювали з показниками їх польової схожості. В цілому, чим більше була чутливість партій насіння до прискороного старіння, тим нижче була їх польова схожість. Отже, для ефективної оцінки відмінностей за стійкістю насіння між сортами одного виду рослин воно має бути вирощене в однакових умовах. Після сортування насіння ярих зернових культур (ячмінь, пшениця і тритикале) за питомою вагою пито-важке насіння характеризувалися більш високою польовою схожістю і врожайністю в порівнянні з пито-легким насінням. Встановлено, що насіння з пито-важкої фракції проявляло також більш високу стійкість до стресових умов прискороного старіння в порівнянні з пито-легким насінням. При цьому насіння пшениці і тритикале було більш чутливим до стресу прискороного старіння в порівнянні з ячменем. Таким чином, насіння високої якості краще переносить екстремальні умови і формує більш стійкі до стресів рослини [22].

Проведено порівняння насіння зразків двох плівчастих видів пшениці – *T. spelta* L. і *T. dicoccum* (Schrank) Schuebl. озимого типу розвитку, вирощених на півдні степової зони України, із показниками сортів озимої м'якої і твердої пшениці (*T. aestivum* L., *T. durum* Desf.). Насіння *T. spelta* L. та *T. dicoccum* (Schrank) Schuebl., порівняно зі сортами пшениці, характеризувалося більшим вмістом сухої клейковини, білка та його розчинних

фракцій. За результатами стандартного випробування лабораторної схожості насіння, дослідні зразки всіх видів достовірно не відрізнялись. Водночас, обидва плівчасті види пшениці виявили нижчу, порівняно з голозерними сортами, схожість насіння за тестом прискороеного старіння. При цьому зразки плівчастих пшениць, які характеризувалися більшою насінневою продуктивністю, також мали насіння із більшим вмістом білка, формували проростки кращої якості й відрізнялися більшою стійкістю до впливу несприятливих чинників [60, 61].

У 1933 р. М. С. Навашин, який досліджував насіння скерди (*Crepis tectorum* L.), виявив, що лише 0,1 % проростків свіжих насінин мали у корінцях клітини з хромосомними транслокаціями, тоді як після 7 років зберігання кількість таких рослин зросла до 81 % [89]. Ф. Х. Пето [90], у насіння кукурудзи (*Zea mays* L.), також спостерігав зростання частоти хромосомних аберацій у кінцівках корінців проростків насінин, що довго зберігались. На пшениці це явище підтвердив П. К. Шкварніков [91] та інші дослідники.

Досліджено цитогенетичний ефект прискороеного старіння насіння видів пшениці. Зокрема, у насіння пшениць різних видів воно викликало збільшення кількості хромосомних аберацій в мітозах, причому у пшениці м'якої у більшій мірі, ніж у твердої; у ряді варіантів – також збільшення кількості порушень у мейозі; зменшення морфометричних показників фенотипових ознак. Найчутливішим за цим показником було насіння представників *T. durum* Desf. і *T. dicoccum* (Schrank) Schuebl. Види пшениці можна ранжувати у порядку зниження чутливості до тривалого зберігання: *T. timopheevii* Zhuk., *T. dicoccum* (Schrank) Schuebl., *T. durum* L., *T. spelta* L., *T. monococcum* L., *T. aestivum* L. Виявлено типи аномалій тетрад, що зустрічаються у тетраплоїдних видів пшениці: *T. timopheevii*, *T. dicoccum*, *T. durum*: тетради з мікроядрами та "тетради з невірною орієнтацією". Вивчені представники видів пшениці з більш високим рівнем плоїдності не виявляли підвищеної стійкості

до "штучного старіння" насіння у порівнянні з диплоїдним. В одночас з цим, реакція на штучне старіння залежить від генотипу зразка. [92–94].

Довготривале зберігання насіння може вплинути на наступну генерацію рослин (A2), що проявилось у збільшенні порушень у мікроспорогенезі на стадії тетрад [95].

У генетичних дослідженнях спокою насіння проводили схрещування між зразками схильними та не схильними до спокою насіння та досліджували реакцію на пророщування у потомстві. Виявлено, що спокій у різних видів пшениці контролюється низкою генів, які також контролюють колір насіння [96].

Спадковий контроль спокою у насіння виявлено у пшениці м'якої [45, 97–102]. У *T. aestivum* L. *subsp. tibetanum* спокій насіння контролюється двома домінантними генами [103].

Гібридизація між гібридами та батьківськими формами виявила, що у контролі схильності насіння до спокою у білозерної пшениці (*T. aestivum* L.) беруть участь домінантні гени, але також впливають інші гени, дія яких залежить від середовища [97]. Показано, що спокій насіння у *T. aestivum* L. контролюється мультигенами з участю R гена, причетного до контролю спокою материнських тканин, і гена Phs, причетного до спокою зародка [104].

Пшеничний ген ABA80-гідроксилази, який є подібним до такого гену ячменю, клоновано і позначено як TmAGA80OH-2. У самозапильних ліній *T. boeoticum* BOISS. і *T. monococcum* L. цей ген картовано на довгому плечі хромосоми 5Am поблизу центроміри, де локалізовано QTL спокою насіння [105]. Автори дійшли висновку, що ген TmABA8'Oh-2 асоціюється з QTL спокою насіння і може бути причетним до генів контролю цієї ознаки [106], знайдених на хромосомах 2A, 2B, 3A, 4A та 7B пшениці. У білозерної пшениці більш сильні QTL, що контролюють схильність до спокою насіння, знайдено на хромосомах 1A, 3A, 4A and 7A [107]. Насіння червоно-зерної пшениці (ген R1) в цілому більш схильне до спокою та більш стійке до проростання до посіву, ніж насіння білозерної пшениці. Однак, дослідження мутантів показали, що,

хоча ген R1 не зумовлює спокій насіння, його присутність сприяє введенню насіння у стан спокою [45].

Наявність специфічних генів може підвищувати або знижати здатність насіння до проростання за підвищеного засолення. Зокрема, таким геном є Dhn-5, перенесений від *T. durum* Desf. у трансгенний *Arabidopsis thaliana* [108].

Генетична мінливість у здатності насіння проростати за підвищеного рівня засолення відмічено у багатьох видів, у тому числі *Haynaldoticum sardoum*, яка, ймовірно, є гібридом між *Haynaldia villosa* та *T. durum* Desf. [109] та *T. aestivum* L. [110,111].

Ген розвитку кукурудзи «вівіпарія-1» (Vp-1) є важливим, оскільки мутантні по цьому гену ембріони не мають періоду спокою. Замість цього вони продовжують рости і проростають ще прикріпленими до материнської рослини. Таким чином, цей ген задіяний у контролюванні стійкості до проростання до дозрівання [112]. Такий ген знайдено й у пшениці і близько споріднений ген AV13 знайдено у *Arabidopsis thaliana* [113]. Ген Vp-1 і локус R, що контролює колір насіння та спокій, обумовлений покривами насіння, знаходяться у хромосомі 3 пшениці (*T. aestivum* L.), як показали [114] знаходяться один від одного на відстані 30 сМ. У гексаплоїдній пшениці (*T. aestivum* L.), яка є високо чутливою до дозбирального проростання, McKibbin et al. [115] показали, що мутант vp-1 гену продукував транскрипти, які неправильно проходили сплайсинг. Мали місце делеції у кодуєчій області, рівно як і інсерції інтронних послідовностей, що має наслідком нездатність транскриптів кодувати на повну довжину білка Vp-1. Оскільки зародки тісно спорідненого виду *T. turgidum* і декількох диплоїдних видів предкових для пшениці м'якої також мають неправильно сплайсовані транскрипти гену Vp-1, автори роблять висновок, що труднощі з транскрипцією гену Vp-1 у пшениці м'якої успадковані від предкових видів. Далі, вони показали, трансгенна пшениця (з повним геном Vp-1 від *Avena fatua*) можуть продукувати правильно сплайсований транскрипт цього гену, і що насіння трансгенних рослин пшениці мають добру стійкість до передзбирального проростання. Непрямим свідомством того, що ступінь і

глибина спокою насіння – ознака, що спадкується, є одомашнення деяких рослин.

Люди у процесі доместикації проводили жорсткий добір таких видів рослин, що дають крупне поживне насіння, яке легко споживається і легко проростає при посіві. Отже втрата схильності до спокою може бути одним з результатів того, що насіння, зібране у попередньому році, висівається рік за роком, і цим можна пояснити, чому насіння різних сортів мають менший спокій, ніж їх диких родичів [116–118]. Одним з шляхів, яким втрачався або послаблювався спокій, є редукція насінневих покривів.

### 1.7 Роль фізіологічно активних речовин

Значної уваги було приділено вивченню інгібіторів проростання зрілих насінин. У ході досліджень з «хімічного» спокою були виготовлені екстракти з цільного насіння, проводили їх хроматографічне розділення, і отримані фракції тестували на насінинах *Lactuca sativa*, *Triticum* sp., *Lepidium* sp. та інших видів, щоб визначити, чи вони інгібують проростання [119]. Інгібітори проростання були виявлені у зародках, ендоспермі й насінній оболонці насіння. Сполуки, що знижують або інгібують проростання насіння, виділено з зернівок *T. aestivum* L. –дигідроактінідіолід, тетрагідроактінідіолід, 2–фенілетилалкоголь, 4–вінілфенол [120,121]

Зародки пшениці м'якої у процесі післязбирального дозрівання втрачали чутливість до індоліл-ацетової [122] та абсцизової кислот. У недозрілих зернівках цього виду абсцизова кислота у концентрації 0.5  $\mu\text{M}$  значно інгібувала проростання зародків, а концентрація 50  $\mu\text{M}$  була потрібна для інгібування проростання зародків зернівок, що пройшли дозрівання. [45].

Чутливість зернівок пшениці м'якої (*T. aestivum* L.) до інгібіторів проростання, що містяться у колоскових лусках, знижалась після проходження післязбирального дозрівання [121].

На схожість і довговічність насіння можуть впливати гербіциди. Так, хлоротолурон у дозі 10–50 мг/мл значно знижали схожість насіння *T. aestivum* L. [123], при цьому знижалась активність у насінні  $\alpha$ -амілази.

## Висновки до розділу 1

1. На основі аналізу результатів досліджень, проведених у різних країнах світу, встановлено низку загальних закономірностей довговічності ортодоксального насіння. З'ясовано залежність довговічності насіння від його спадкової основи та фізіологічного стану, впливу абіотичних і біотичних чинників а також; методи діагностики довговічності.

2. Довговічність насіння пшениці вивчалась в основному у двох найбільш розповсюджених видів – м'якої та твердої.

3. Насіння малопоширених видів і форм пшениці вивчалось у небагатьох працях, причому в основному в аспекті спокою насіння. Лише одиничні праці присвячено вивченню довговічності цього насіння.

4. Зовсім не досліджувалась роль лусок у визначенні довговічності насіння, зв'язок її з антиоксидантною активністю насіння. Недостатньо визначено оптимальний рівень вологості насіння для довготривалого зберігання.

Усе це обмежує можливості довготривалого зберігання у схожому стані насіння у генбанках, колекціях наукових установ, а також у виробництві, а тому потребує досліджень закономірностей довговічності насіння малопоширених видів і форм пшениці.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА ТА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Матеріал для досліджень

Матеріалом для досліджень слугувало насіння 16 зразків генофонду малопоширених видів пшениці, вирощене на дослідному полі Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН (Харківська обл., Харківський район, с. Елітне). Вивчали насіння 2014, 2016, 2017 років генерування.

Вивчені зразки належали до культурних видів пшениці трьох рівнів плоїдності, характеризувались різним походженням, типом розвитку, легкістю вимолоту та кольором зерна і в достатній мірі репрезентують різноманіття цієї категорії генофонду за витривалістю насіння до зберігання – довговічністю (табл. 2.1).

Серед вивчених зразків три характеризується міцним охопленням зернівок колосковими лусками, що зумовлює важкий вимолот зернівок. Це диплоїдний ( $2n=14$ ) *Triticum monocossum* L., тетраплоїдний ( $2n=28$ ) *T. dicossum* (Schrank) Schuebl. і гексаплоїдний ( $2n=42$ ) *T. spelta* L. Ці зразки надалі будуть умовно іменуватися «плівчастими». На відміну від справжніх плівчастих злаків (ячмінь), у цих видів плоді оболонки не зростаються з квітковими лусками, але впливають на властивості насіння.

#### 2.2 Загальний план досліджень

У цілях досягнення мети роботи і виконання завдань проведено наступні дослідження:

- 1) Визначення реакції насіння зразків пшениці на вплив прискороного старіння за ознаками:
  - енергія проростання,

Таблиця 2.1 Зразки генофонду пшениці, використані у дослідженнях

| № з/п                         | Номер зразків в колекції НЦГРРУ | Вид                                   | Різновидність                | Назва зразка | Країна походження | Тип розвитку | Вимолот    | Забарвлення зерна |
|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------|-------------------|--------------|------------|-------------------|
| 1                             | 2                               | 3                                     | 4                            | 5            | 6                 | 7            | 8          | 9                 |
| Диплоїдні види ( $2n=14$ )    |                                 |                                       |                              |              |                   |              |            |                   |
| 1                             | UA0300439                       | <i>T. monococcum</i> L.               | Monococcum                   | –            | Угорщина          | ярий         | важкий     | світлокоричневе   |
| 2                             | UA0300224                       | <i>T. sinskajae</i> A.Filat. et Kurk. | Sinskajae                    | –            | Росія             | ярий         | полегшений | світлокоричневе   |
| Тетраплоїдні види ( $2n=28$ ) |                                 |                                       |                              |              |                   |              |            |                   |
| 3                             | UA0300183                       | <i>T. dicoccum</i> (Schrank) Schuebl  | serbicum<br>A. Schulz        | Полба 3      | Росія             | ярий         | важкий     | червоне           |
| 4                             | UA0300406                       | <i>T. dicoccum</i> (Schrank) Schuebl. | nudirufum                    | Голіковска   | Україна           | ярий         | полегшений | червоне           |
| 5                             | UA0201075                       | <i>T. durum</i> Desf.                 | hordeiforme<br>(Host) Koern. | Спадщина     | Україна           | ярий         | легкий     | біле              |

Кінець таблиці 2.1

| Гексаплоїдні види ( $2n=42$ ) |           |                       |                                    |                  |           |        |        |                     |
|-------------------------------|-----------|-----------------------|------------------------------------|------------------|-----------|--------|--------|---------------------|
| 1                             | 2         | 3                     | 4                                  | 5                | 6         | 7      | 8      | 9                   |
| 6                             | UA0300103 | <i>T. spelta</i> L.   |                                    | Frankenkorn      | Німеччина | озимий | важкий | Червоне             |
| 7                             | UA0101499 | <i>T. aestivum</i> L. | <i>lutescens</i> (Alef.)<br>Mansf. | Харківська<br>26 | Україна   | ярий   | легкий | Червоне             |
| 8                             | UA0104204 | <i>T. aestivum</i> L. | <i>lutescens</i><br>(Alef.) Mansf. | Подільська       | Україна   | озимий | легкий | Червоне             |
| 9                             | UA0106580 | <i>T. aestivum</i> L. | <i>aestivum</i>                    | Бунчук           | Україна   | озимий | легкий | Червоне             |
| 10                            | UA0108101 | <i>T. aestivum</i> L. | <i>aestivum</i>                    | Чорноброва       | Україна   | озимий | легкий | темно-<br>фіолетове |
| 11                            | IR 00413S | <i>T. aestivum</i> L. | <i>aestivum</i>                    |                  | Чехія     | ярий   | легкий | темно-<br>фіолетове |
| 12                            | IR 00416S | <i>T. aestivum</i> L. | <i>aestivum</i>                    |                  | Чехія     | ярий   | легкий | темно-<br>фіолетове |
| 13                            | IU070418  | <i>T. aestivum</i> L. | <i>aestivum</i>                    | PI619376         | США       | озимий | легкий | Червоне             |
| 14                            | IU070419  | <i>T. aestivum</i> L. | <i>aestivum</i>                    | PI619377         | США       | озимий | легкий | Червоне             |
| 15                            | IU070421  | <i>T. aestivum</i> L. | <i>aestivum</i>                    | PI619379         | США       | озимий | легкий | Червоне             |
| 16                            | UA0108454 | <i>T. aestivum</i> L. | <i>aestivum</i>                    | PI619381         | США       | озимий | легкий | Червоне             |

- схожість,
  - довжина первинних корінців,
  - довжина первинних листків.
- 2) Визначення реакції насіння зразків пшениці на вплив проморожування за ознаками:
- енергія проростання,
  - схожість,
  - довжина первинних корінців,
  - довжина первинних листків.
- 3) Установлення впливу наявності лусок на реакцію насіння зразків пшениці на прискорене старіння та проморожування за ознаками:
- енергія проростання,
  - схожість,
  - довжина первинних корінців,
  - довжина первинних листків.
- 4) Установлення зв'язку між реакцією насіння зразків пшениці на прискорене старіння та проморожування з антиоксидантною активністю за ознаками:
- енергія проростання,
  - схожість,
  - довжина первинних корінців,
  - довжина первинних листків.

## 2.3 Методика досліджень

### 2.3.1 Визначення вологості насіння

Визначення проводили перед закладанням на прискорене старіння та проморожування. Дослідне насіння до проведення дослідів зберігалось упродовж 1 місяця у паперових пакетах за  $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Додатково перед дослідом насіння висушувалося в сушильній камері. Рівень вологості насіння після висушування становив:

- для контролю та проморожування 7%,
- для прискореного старіння за методом Hampton, TeKrony (1995) перед дослідом 7%, після прискореного старіння – у межах 15 – 20 %,
- для прискореного старіння за методом Б.С. Лихачова – 5%, 6% і 7%.

Аналіз проводили методом висушування наважок за ДСТУ 4138–2002 у сушильній шафі СЕШ–3М. Брали дві наважки по 5 г. Сушіння проводили за температури  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$  упродовж 60 хв. Вологість обчислювали у відсотках до одного десяткового знака за формулою [124–127].

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100 \quad (2.1)$$

де:  $m_1$  – маса порожнього бюкса, г

$m_2$  – маса бюкса з наважкою до сушіння, г

$m_3$  – маса бюкса з наважкою після сушіння, г

### 2.3.2 Визначення порівняльної довговічності насіння

Довговічність насіння оцінювали за допомогою:

1) модельного досліді «прискорене старіння», режим якого прискорює фізіологічні процеси, що відбуваються під час тривалого зберігання насіння і обумовлюють його старіння. Це дозволяє змодельовати процес старіння насіння у порівняно короткий термін. Випробували варіанти режимів прискореного старіння:

а) за J.G. Hampton, D.M. TeKrony [23], у подальшому метод 1;

б) за Б.С. Лихачовим [27], у подальшому метод 2;

2) проморожування у морозильній камері за температури  $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Перед проморожуванням насіння підсушувалось до вологості 7 %.

В усіх варіантах досліду оцінка проводилася в триразовій повторності, кількість насінин у кожному повторенні 100 штук.

Перед закладанням насіння на пророщування після прискореного старіння та проморожування насіння одну добу витримувалось в кімнатних умовах у відкритих ємностях [11,23,27,128–134]. Уся партія насіння розподілялась на проби, які паралельно піддавались дослідним режимам.

### 2.3.2.1 Прискорене старіння

1) За методом 1.

Проба насіння помішалася у відкритих паперових пакетах на керамічному піддонні з отворами в ексікатор, наповнений дистильованою водою, який герметично закривався кришкою. Краї ексікатору та кришки попередньо змащені вазеліном для більш щільного прилягання. Ексікатор помішався на 3 дні (72 год.) в термостат за температури  $43\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

2) За методом 2.

Пробу насіння витримували у герметично закритій тарі впродовж 30 діб (720 год.) у термостаті марки ТЛ–1 за температури  $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Такий режим виключає вплив багатьох побічних факторів, оскільки при зберіганні у герметично закритих контейнерах не відбувається суттєвих змін в абсолютній кількості вологи. Використовували модифікацію цього методу з попереднім висушуванням насіння до трьох рівнів вологості: 5 %, 6 % і 7 %.

Температурні режими, використані в обох методах, пригнічують активність білків і ферментів насіння, але не є летальними для них. При цьому хід кривої втрати схожості відповідає її ходу при довготривалому зберіганні насіння, отже адекватно моделює цей процес.

Зберігання насіння за температури  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  – проморожування [12, 129–139]

Паралельно з прискореним старінням, упродовж 30 діб (720 год.) пробу насіння досліджуваних зразків витримували у герметично закритій тарі в морозильній камері з морозильним агрегатом за температури  $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Цей режим рекомендується для довготривалого зберігання насіння у генбанках стандартами Bioversity International – IPGRI [12]. Саме такого режиму зберігання дотримуються в Національному сховищі насіння зразків генофонду рослин України, де проводилась більшість наших дослідів. Разом з цим, стосовно деяких культур у літературних джерелах вказується на негативний вплив на насіння від'ємних температур.

Для плівчастих зразків досліди проводились за такою схемою (табл. 2.2).

Контролем для усіх варіантів досліду були проби, відібрані з цієї ж партії насіння, які витримувались у скляній герметично закритій тарі за температури  $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Пророщування насіння, визначення енергії проростання та схожості,  
аналіз проростків за морфологічними ознаками

За рівнем цих ознак оцінювали реакцію насіння на прискорене старіння та проморожування.

Аналіз насіння пшениці проводили згідно методичних вказівок [31]. Насіння пророщували у пластмасових ростильнях розміром  $12,5 \times 22,0$  у термостаті марки ТЛ–1, за постійної температури  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  при постійній темряві. Як субстрат використовували двошарові смуги фільтровального паперу довжиною 50–55 см і шириною 11,5 см. У кожній ростильні на фільтровальному папері, складеному «гармошкою» з висотою складок 1,5–2,0 см у два шари, розкладали 100 шт. насінин, по 10 шт у кожну борозенку. Фільтрувальний папір змочували дистильованою водою до повної вологості. Зверху ростильні прикривали листом фільтровального паперу розміром  $12 \times 21$  см., який також змочували водою. Повторність проб триразова, по 100 зерен у кожній повторності.

Згідно ДСТУ 4138–2002 [31], проводили визначення енергії проростання – через три дні після закладання на пророщування, лабораторної схожості – через сім днів після закладання на пророщування. В один день з визначенням схожості проводили вимірювання довжини первинного листка та первинного корінця на кожній зернівці. Таким самим чином оцінювалось насіння і з наявністю плівок [140–142].

Таблиця 2.2 Схема дослідів з визначення довговічності насіння плівчастих зразків пшениці

| Наявність плівки | Контроль | Проморожування | Прискорене старіння за методами |     |     |     |
|------------------|----------|----------------|---------------------------------|-----|-----|-----|
|                  |          |                | 1                               | 2   |     |     |
|                  |          |                |                                 | 5 % | 6 % | 7 % |
| Наявна           | *        | *              | *                               | *   | *   | *   |
| Видалено вручну  | *        | *              | *                               | *   | *   | *   |

#### Визначення активності антиоксидантів

Насіння розмелюють за допомогою лабораторного млину ЛЗМ–1.

Відважують 0,5 г шроту в скляні віали з герметичними кришечками, заливають 4,5 мл 80 % розчину етилового спирту в дістильованій воді і екстрагують за кімнатної температури в темряві упродовж 18 – 20 годин. Проби центрифугують (10 хвилин за 3000 об/хвил) на центрифугі ОПН–3 і по 2–3 мл екстрактів переносять у чисті віали для зберігання перед аналізом.

Визначення антиоксидантної активності здійснювали за допомогою стабільного радикалу 2,2–дифеніл–1–пікрилгідразилу (2,2–diphenyl–1–picryl–hydrazyl–DPPH ) згідно методики, що наведена в [143]. Спиртовий розчин радикалу готують шляхом розчинення 22 мг DPPH в 400 мл 80 % водного розчину етанолу і використовують упродовж робочої доби. Змішують 0,5 мл

екстракту насіння з 3,5 мл розчину DPPH, ретельно перемішують і через дві години визначають оптичну густину на СФ Shimadzu UV-VIS – 1800 за довжини хвилі 517 нм.

Здатність зразків нейтралізувати вільний радикал DPPH (антирадикальна активність – АА, %) визначається як:

$$AA (\%) = (A - B)/A \times 100, \quad (2.2)$$

де А – екстинкція контрольного зразку (де замість 0,5 мл екстракту зразка до розчину DPPH додається 0,5 мл 80 % розчин етанолу);

В – екстинкція дослідного зразка після двогодинної реакції з розчином DPPH

Визначення еквіваленту хлорогенової кислоти здійснюється за допомогою калібровочного графіку (діапазон концентрацій стандарту 0 – 300 мкМ).

#### Математична обробка результатів дослідів

Схожість насіння у контрольному варіанті та варіантах дослідів оцінювали за відсотком пророслих насінин від загальної їх кількості.

Середню помилку обраховували за формулою Я. Бернуллі для альтернативної ознаки:

$$\mu = \sqrt{\frac{w(1-w)}{n}} \quad (2.3)$$

де:  $\mu$  – середня помилка;

w – вибіркова частка;

n – обсяг вибірки.

Достовірність відмінностей між середніми величинами оцінювали за критерієм Ст'юдента:

$$t = \frac{M1 - M2}{\mu1^2 + \mu2^2} \quad (2.4)$$

де: M1 і M2 – середні величини;

$\mu_1$  і  $\mu_2$  – середні помилки відповідних середніх величин.

Крім того, вірогідність різниці між середніми варіантів дослідів оцінювали за величиною найменш істотної різниці (НІР), яку розраховували за результатами одно- і трьохфакторного дисперсійного аналізу, котрий проводили згідно методики у викладенні Б. О. Доспехова [144,145].

Ступінь зміни показників енергії проростання, схожості насіння та активності антиоксидантів під впливом досліджуваних чинників – прискореного старіння та проморожування у порівнянні з контролем оцінювали за індексом впливу чинника, який розраховували за формулою:

$$I = \frac{x1 - x2}{x2} * 100\% \quad (2.5)$$

I – індекс впливу чинника;

де x1 – середній показник дослідів;

x2 – середній показник контролю.

Додатне значення індексу означає зростання показника, тобто позитивний вплив досліджуваного чинника; від'ємне значення – зменшення показника, отже негативний вплив чинника.

Взаємозв'язок показників, одержаних у досліді, зокрема, показників схожості між собою та з показниками активності антиоксидантів оцінювали за коефіцієнтами парної кореляції, які розраховували згідно методики у викладенні Б. О. Доспехова [144,145].

Коефіцієнти парної кореляції між кількісними ознаками за кожен рік розраховували за формулою:

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{(x - \bar{x})^2} \sqrt{(y - \bar{y})^2}} \quad (2.6)$$

де:  $r$  – коефіцієнт кореляції;

$x$ ,  $y$  – показники ознак, між якими розраховується кореляція;

$\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  – середні арифметичні значення показників відповідних ознак.

Статистичну обробку даних проводили з використанням комп'ютерної програми Excel та Statistica 6.

## 2.4 Агрокліматичні умови експерименту

Насіння для аналізу вирощувалось у 2014, 2016, 2017 рр. на полях 7-ми польної селекційної сівозміни дослідного поля Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, яке розташовано в північно-східній частині Лісостепу України (Харківська область, Харківський район). Ґрунт дослідного поля – типовий потужний чорнозем, який має рН = 5–7 [146].

Харківський ґрунтово-кліматичний район характеризується частими посухами, сухими східними вітрами, значними перепадами температури і відносної вологості повітря в літній період. [147,148].

Погодні умови років генерування насіння (2014, 2016, 2017 рр.) характеризувались різним рівнем забезпеченості теплом та опадами, що впливало на якість досліджуваного насіння (рис. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4)

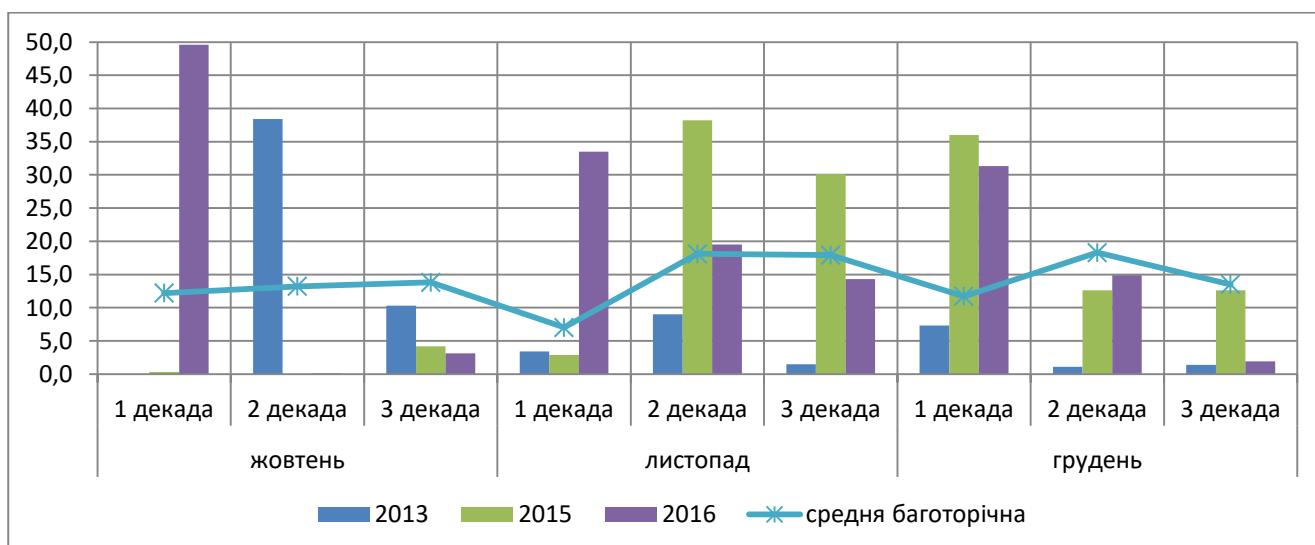


Рис. 2.1 Кількість опадів за осінньо-зимову вегетаційний період у роки досліджень у порівнянні з середньою багаторічною.

Погодні умови осені 2013 року були теплими та надмірно зволженими. Так, середньодобова температура повітря у жовтні та листопаді становила 8,2 °С та 5,1 °С, що більше від середньої багаторічної на 0,7 °С та 4,5 °С відповідно. Сума опадів в жовтні перевищила середню багаторічну на та 9,5 мм, або на 24 %. У листопаді сума опадів була меншою від середньої багаторічної на 29,1 мм, або на 68 %

Грудень був посушливим та теплішим, ніж зазвичай. Кількість опадів була на 33,7 мм, або на 78 % менше середньої багаторічної. Середньодобова температура повітря становила -2,7 °С за середньоїбагаторічної -3,7 °С. Середньодобова температура січня 2014 року була нижче від середньоїбагаторічної і становила -7,3 °С що на 0,8 °С менше. Лютий був значно теплішим, середньодобова температура повітря становила -2,0 °С за середньої багаторічної -5,8 °С відповідно. Кількість опадів у січні перевищила середню багаторічну на 7,3 мм або на 19 %, а у лютому, навпаки, була меншою від середньої багаторічної на 3,5 мм, або на 12 % (рис. 2.2).

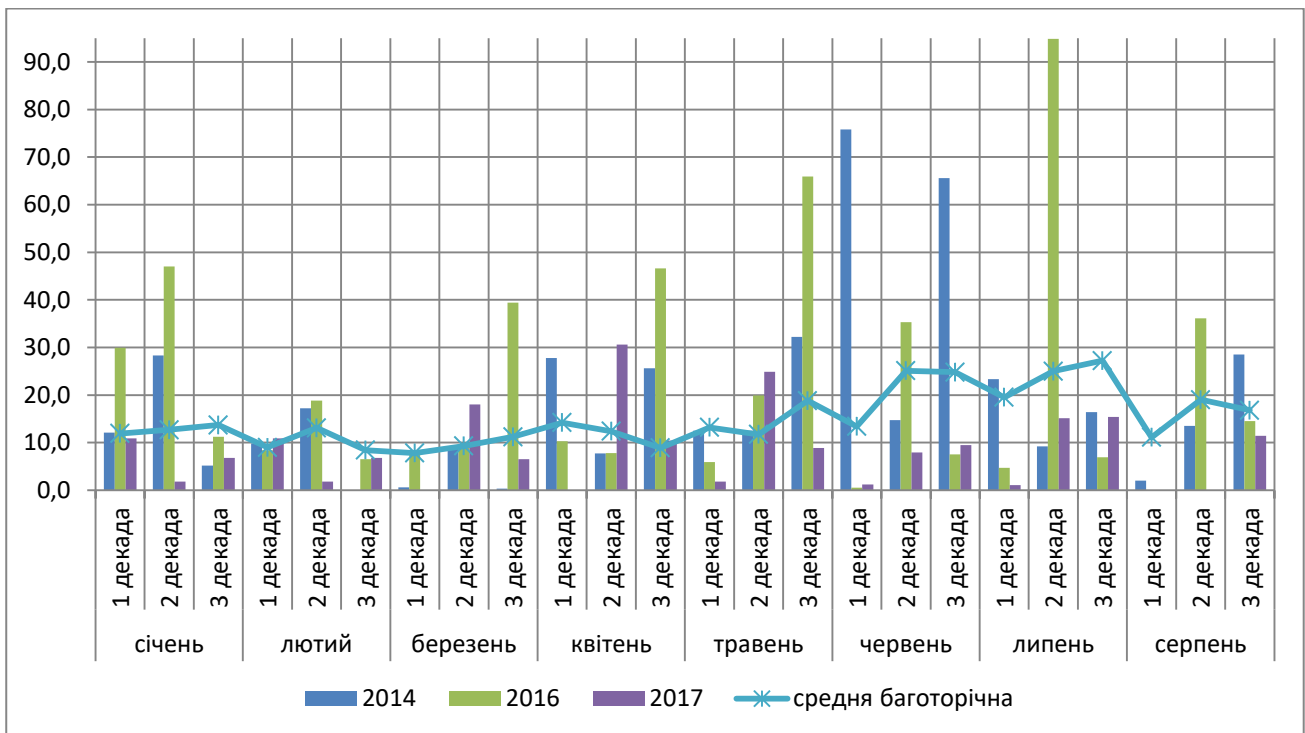


Рис. 2.2 Кількість опадів за зимово-літній вегетаційний період у роки досліджень у порівнянні з середньою багаторічною.

Весна 2014 була досить теплою та достатньо зволоженою. Так, середньодобова температура повітря у березні, квітні та травні становила 5,9 °С; 9,9 °С; та 19,6 °С, що більше від середньої багаторічної на 6,2 °С; 0,3 °С; та 3,5 °С відповідно. За таких умов, відновлення весняної вегетації озимих культур розпочалось на початку другої декади березня, що значно раніше ніж звичайно (на початку першої декади квітня). Кількість опадів у березні була меншою від середньої багаторічної на 18,5 мм або на 65 %. Проте, кількість опадів в квітні та травні перевищила середню багаторічну на 11,5 мм та 26,6 мм, або на 32 % та 61 % відповідно.

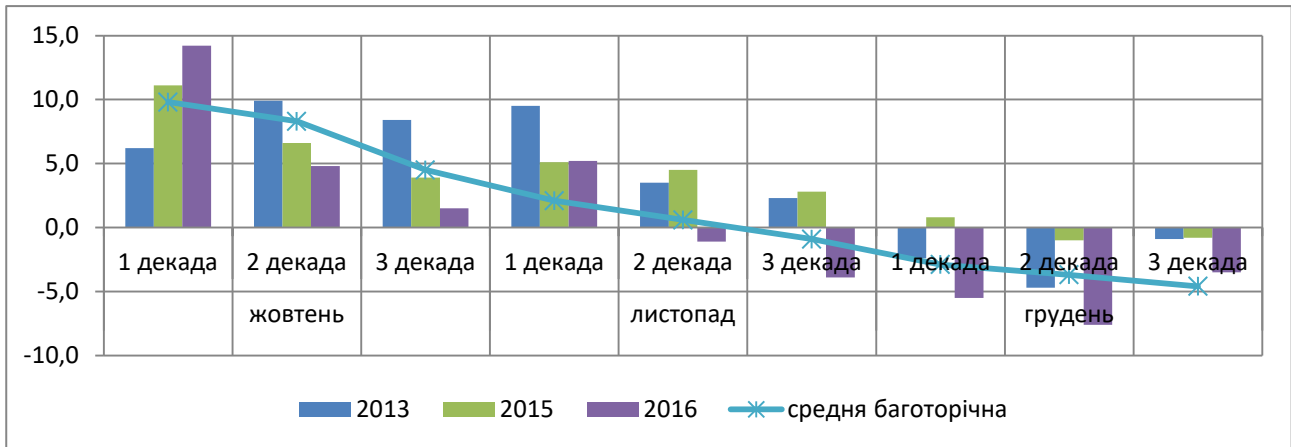


Рис. 2.3 Температура повітря за осінньо-зимовий вегетаційного періоду в роки досліджень у порівнянні з середньою багаторічною.

Середньодобова температура повітря літніх місяців була наближеною до середньої багаторічної: в червні 19,4 °С за середньої багаторічної 20,2 °С, в липні на 22,5 °С за середньої багаторічної 21,4 °С. Лише в серпні середньодобова температура значно перевищила середню багаторічну на 3,2 °С (23,8 °С за середньої багаторічної 20,6 °С). Червень був надмірно зволеним, кількість опадів перевищила середню багаторічну на 92,7 мм або на 146 %. Кількість опадів в липні та серпні була меншою від середньої багаторічної на 22,8 мм та 2,9 мм або на 32,6 % відповідно.

В цілому вегетаційний період 2014 р. характеризувався температурним режимом переважно близьким до середнього багаторічного. Разом з цим, сума опадів у червні становила 156 мм, що майже удвічі більше за середню багаторічну. У липні, у фазі наливу зерна та досягання, опадів випало 48,6 мм, або 68 % від середньої багаторічної, але ці опади випали в основному протягом трьох днів, що не сприяло формуванню довговічного насіння (рис. 2.4).

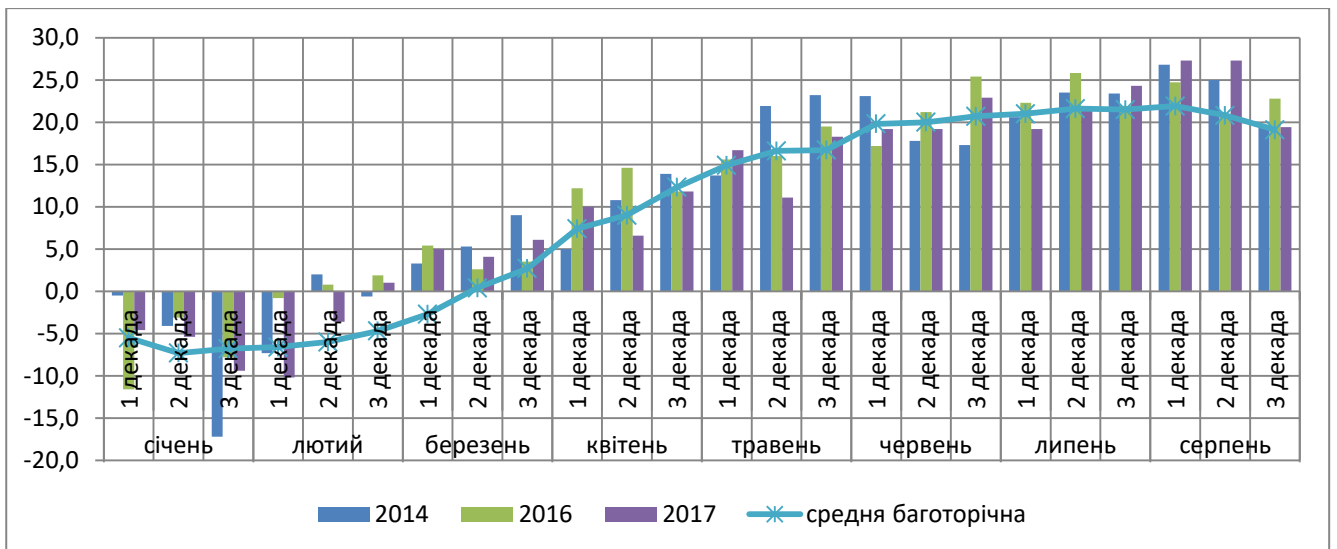


Рис. 2.4 Температура повітря за зимово-літній період у роки досліджень у порівнянні з середньою багаторічною.

Погодні умови осені 2015 року були теплими та сухими. Так, середньодобова температура повітря у жовтні та листопаді становила 7,2 °С та 4,1 °С, за середньої багаторічної 7,5 °С та 0,6 °С. При цьому, недостатня кількість опадів в жовтні та першій декаді листопада на 89% та 59 % менше від середньої багаторічної обумовили затримку сходів озимих культур. Достатня кількість опадів випала лише в другій та третій декадах листопада – 38,2 мм та 30,1 мм, що більше від середньої багаторічної на 111 % та 68 %.

Січень 2016 року був холоднішим на 1,0 °С порівняно із середньою багаторічною. При цьому мінімальна температура повітря не

знижувалась нижче  $-29,1$  °С. Кількість опадів була більшою від середньої багаторічної на 49,8 мм або на 130 %.

Середньодобова температура повітря у лютому була  $0,6$  °С, що більше від середньої багаторічної на  $6,4$  °С. Кількість опадів була більшою від середньої багаторічної на 6,4 мм або на 10 %.

Весна була надмірно вологою та теплою. Так, кількість опадів у березні, квітні та травні перевищувала середню багаторічну на 28,4 мм; 29,2 мм та 48,0 мм, або на 100 %; 82 % та 110 % відповідно. Середньодобова температура у березні, квітні та травні перевищувала середні багаторічні на  $4,1$  °С ;  $3,3$  °С та  $0,9$  °С.

У червні середньодобова температура була більшою за середню багаторічну на  $1,1$  °С. Кількість опадів була меншою за середню багаторічну на 20,0 мм або на 32 %. Середньодобові температури липня та серпня були більше за середні багаторічні на  $1,9$  °С та  $2,2$  °С. При цьому кількість опадів перевищувала середні багаторічні на 34,7 мм та 3,7 мм або на 50 % та 8 % відповідно.

У 2016 р. температура була близькою до середньої багаторічної. Сума опадів у червні становила 43,3 мм, що на 31,6 % менше за багаторічну. У липні, у період наливу й досягання зерна, випало 106,4 мм опадів, що на 48,4 % перевищило багаторічну величину й обумовило у зернівок пшениці зниження довговічності.

Температурні умови осені 2016 року були близькими до середньої багаторічної. Температура у жовтні становила  $6,8$  °С що на  $0,7$  °С менше за багаторічну, в листопаді температура склала  $-0,5$  °С, коли середня багаторічна –  $0,6$  °С. Суми опадів в жовтні та листопаді становили 52,9 мм та 67,3 мм, що вище, ніж середня багаторічна: 39,2 мм та 43,0 мм.

Зимовий період 2016-2017 рр. був наближений до середньої багаторічної. Температура грудня 2016 року була  $-5,5$  °С, коли середня багаторічна становила  $-3,7$  °С. Кількість опадів становила 48,1мм за середньої багаторічної 43,5 мм. Температура повітря січня та лютого 2017 року була  $-6,5$  °С та  $-4,3$  °С

відповідно, середня багаторічна  $-6,5$  °C та  $-5,8$  °C. Кількість опадів в січні була  $34,5$  мм за середньої багаторічної  $38,5$  мм; у лютому кількість опадів становила  $19,5$  мм, що на  $11$  мм менше за багаторічну.

Весна 2017 року була вологою та теплою. Так, середньодобова температура березня становила  $5,5$  °C, тоді як середня багаторічна –  $-0,3$  °C; у квітні та травні вона була на рівні середньої багаторічної. Кількість опадів у березні була меншою за багаторічну на  $3,8$  мм або на  $13$  %, у квітні перевищувала її на  $5,5$  мм або на  $15$  %, а у травні вона була менше від неї на  $8,1$  мм або на  $19$  %. При цьому найбільша кількість опадів у вигляді злив випала у других декадах квітня та травня –  $30,6$  мм та  $24,9$  мм або на  $147$  % та  $113$  % більше від середньої багаторічної.

В червні та липні середньодобові температури також наближались до середніх багаторічних, відповідно лише на  $0,2$  °C та  $0,3$  °C більше них. Кількість опадів була менше середньої багаторічної на  $44,7$  мм та  $40,1$  мм, або на  $71$  та  $56$  % відповідно.

Середньодобова температура серпня була більше середньої багаторічної на  $4,1$  °C. Кількість опадів також була менше багаторічної на  $35,5$  мм або на  $76$  %.

Температурні умови 2017 р. були близькими до багаторічних. Сума опадів у червні та липні була менше середньої багаторічної відповідно на  $44,7$  мм і на  $40,1$  мм, або на  $70,6$  % та  $55,9$  %. Ці умови сприяли формуванню більш довговічного насіння пшениці.

## Висновки до розділу 2

1. Використані у дослідженнях 16 зразків малопоширених видів пшениці у достатній мірі репрезентують різноманіття цієї категорії генофонду з точки зору витривалості насіння до зберігання – довговічності.

2. Застосовані методи досліджень дозволили провести порівняльну оцінку довговічності насіння представників малопоширених видів пшениці, виявити вплив на неї наявності лусок, порівняти за ефективністю методи прискореного старіння як засоби моделювання природного старіння та експрес-оцінки довговічності насіння, діагностувати довговічність насіння за рівнем антиоксидантної активності.

3. Різні погодні умови у роки одержання насіннєвого матеріалу дозволили оцінити реакцію насіння на агрометеорологічні чинники за рівнем довговічності та виявити загальні закономірності.

4. Статистичні методи обробки експериментальних даних дозволили оцінити достовірність результатів досліджень і зробити обґрунтовані висновки.

### РОЗДІЛ 3

## ДОВГОВІЧНІСТЬ НАСІННЯ ЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРИСКОРЕНОГО СТАРІННЯ І ВПЛИВ НА НЕЇ НАЯВНОСТІ ЛУСОК

Види пшениці поділяються на «плівчасті» та голозерні. У представників першої групи колоскові луски міцно охоплюють колоски, що зумовлює важкий вимолот зернівок. Це пов'язано з сильним розвитком у лусках механічної тканини. У другій групі видів колоскові луски м'які, зі значно менш розвиненою механічною тканиною, і це дозволяє порівняно легко вимолочувати зернівки [149]. Слід зауважити, що «плівчастість» у пшениці не пов'язана зі зростанням плодових оболонок зернівки з квітковими лусками, як це має місце у справжніх плівчастих культур – ячменю та вівса, тому цей термін слід вважати умовним. Еволюція пшениці відбувалась від плівчастості до голозерності [150].

Існує гіпотеза, що луски забезпечують захист зернівок від дії несприятливих чинників під час їх досягання і при зберіганні; після потрапляння у ґрунт при посіві у культурних форм або опаданні у диких, а також захищають зародки та молоді проростки [151]. Отже, апріорі можна було б припустити, що насіння плівчастих пшениць є довговічним при зберіганні. Спеціально це питання не вивчалось.

Матеріалом для досліджень були шість зразків генетичного різноманіття пшениці з Національного генбанку рослин України, що належали до трьох груп плоїдності і мали різне географічне походження. Зокрема, це плівчасті зразки диплоїдного ( $2n=14$ ) виду *Triticum monosocum* L. UA0300439 (Угорщина), тетраплоїдного ( $2n=28$ ) виду *T. dicocum* (Schrank) Schuebl. сорту Полба 3 (Росія, Удмуртія), гексаплоїдного ( $2n=42$ ) виду *T. spelta* L. Frankenkorn (Німеччина).

У зразків плівчастих видів *T. monosocum* UA0300439, *T. dicocum* Полба 3 та *T. spelta* Frankenkorn досліджували зернівки у колосках з не

видаленими лусками і зернівки, що вручну вилучались з колосків. У контролі та кожному варіанті досліду аналізували по 100 зернівок у трьох повтореннях.

Для порівняння досліджено голозерні зразки генетично близькі до вказаних вище плівчастих: *T. sinskajae* UA0300224 (2n=14, Росія), *T. dicocum* Голіковська (2n=28, Україна), *T. aestivum* L. Харківська 26 (2n=42, Україна).

Аналізували насіння трьох років генерації: 2014, 2016 і 2017.

У плівчастих зразків пшениці з видаленими та невидаленими лусками й у голозерних зразків випробувані режими прискореного старіння за методами 1 і 2 впливали на характеристики насіння зразків пшениці: енергію проростання, схожість, довжину первинних корінців, довжину первинних листків.

Середні показники енергії проростання та схожості насіння зразків пшениці у варіантах досліду з прискореним старінням за методами 1 і 2 подано відповідно у (табл. 3.1. та 3.2) Оцінку впливу прискореного старіння на ці показники за індексами представлено у табл. 3.3. Із таблиць видно, що прискорене старіння обома методами обумовлювало зниження енергії проростання та схожості насіння, про що свідчить від'ємне значення індексів. Причому, майже в усіх випадках у представників плівчастих видів *T. monococum*, *T. dicocum* Полба 3 та *T. spelta* насіння з видаленими лусками знижало енергію проростання та схожість у значно меншому ступені, ніж насіння у колосках, з невидаленими лусками (табл. 3.4). Тобто насіння, позбавлене лусок, виявилось більш витривалим до дії прискореного старіння, отже більш довговічним у зберіганні. Лише в одному випадку – у *T. monococum* прискорене старіння за методом 1 (найбільш жорстким з випробуваних методів) викликало більш сильне зниження енергії проростання у вилущених насінин ( $I = -47,0$ ), ніж у насінин у лусках ( $I = -34,5$ ), при цьому ступінь зниження схожості була практично на одному рівні: індекс становив відповідно -27,3 і -29,6.

У варіантах прискореного старіння за методом 2 у всіх зразків найбільш значне зниження енергії проростання та схожості обумовила вологість насіння 7 % (індекси від -12,4 % до -70,5) порівняно з 5 % і 6 % (індекси від -2,6 % до

-40,8). Отже рівні вологості 5 % і 6 % є більш оптимальними для тривалого зберігання насіння різноманіття видів пшениці, вологість 7 % більше підходить для диференціації зразків насіння за довговічністю.

Таблиця 3.1 Енергія проростання та схожість насіння зразків пшениці у досліді з прискореного старіння методом 1, 2014, 2016, 2017 рр. %

| Зразок   |                 | Контроль |     | Прискорене старіння |     |
|--|-----------------|----------|-----|---------------------|-----|
| вид, назва   | наявність лусок | Е        | С   | Е                   | С   |
| T.monococcum<br>UA0300439                              | наявні          | 77       | 87  | 51                  | 61  |
|  | відсутні        | 99       | 100 | 53                  | 73  |
| T. sinskajae<br>UA0300224                              | відсутні        | 95       | 97  | 47                  | 49  |
| T.dicoccum<br>Полба 3                                  | наявні          | 90       | 96  | 42                  | 60  |
|  | відсутні        | 98       | 99  | 76                  | 81  |
| T.dicoccum<br>Голіковська                              | відсутні        | 95       | 97  | 41                  | 45  |
| T.spelta<br>Frankenkorn                                | наявні          | 87       | 95  | 34                  | 49  |
|  | відсутні        | 97       | 100 | 57                  | 72  |
| T.aestivum<br>Харківська 26                            | відсутні        | 95       | 97  | 75                  | 83  |
| НІР <sub>05</sub> для: зразків                         |                 | 2,4      | 1,6 | 2,4                 | 1,6 |
| НІР <sub>05</sub> для: методів впливу                  |                 | 2,0      | 1,3 | 2,0                 | 1,3 |
| НІР <sub>05</sub> для: взаємодії зразок – метод впливу |                 | 5,9      | 4,0 | 5,9                 | 4,0 |

За індексами, поданими у (табл. 3.3), можна порівняти вивчені зразки пшениці за роллю відсутності лусок у реакції енергією проростання та схожістю насіння на дію прискореного старіння. Додатні індекси для кожного з плівчастих видів – *T. monococcum*, *T. dicoccum* Полба 3 та *T. spelta* Frankenkorn однозначно вказують на позитивний вплив видалення лусок на енергію проростання та схожість насіння як у контрольному варіанті, так і за застосування всіх режимів прискореного старіння [152–160].

Таблиця 3.2 Енергія проростання та схожість насіння зразків пшениці у досліді з прискореним старінням методом 2. 2014, 2016, 2017 рр. %

| Зразок вид, назва                                      | наявність лусок | Контроль |     | Показники насіння за |     |     |     |     |     |
|--|-----------------|----------|-----|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|  |                 |          |     | 5                    |     | 6   |     | 7   |     |
|  |                 | Е        | С   | Е                    | С   | Е   | С   | Е   | С   |
| T.monococcum<br>UA0300439                              | наявні          | 77       | 87  | 58                   | 65  | 48  | 52  | 34  | 41  |
|  | відсутні        | 99       | 100 | 89                   | 94  | 95  | 97  | 87  | 88  |
| T. sinskajae<br>UA0300224                              | відсутні        | 95       | 97  | 70                   | 79  | 67  | 69  | 67  | 68  |
| T.dicoccum<br>Полба 3                                  | наявні          | 90       | 96  | 63                   | 71  | 64  | 66  | 41  | 46  |
|  | відсутні        | 98       | 99  | 89                   | 96  | 92  | 95  | 61  | 72  |
| T.dicoccum<br>Голіковська                              | відсутні        | 95       | 97  | 91                   | 95  | 85  | 91  | 28  | 31  |
| T.spelta<br>Frankenkorn                                | наявні          | 87       | 95  | 61                   | 82  | 55  | 68  | 42  | 56  |
|  | відсутні        | 97       | 100 | 91                   | 97  | 88  | 95  | 61  | 68  |
| T.aestivum<br>Харківська 26                            | відсутні        | 95       | 97  | 94                   | 97  | 74  | 75  | 49  | 50  |
| НІР <sub>05</sub> для: зразків                         |                 | 2,4      | 1,6 | 2,4                  | 1,6 | 2,4 | 1,6 | 2,4 | 1,6 |
| НІР <sub>05</sub> для: методів впливу                  |                 | 2,0      | 1,3 | 2,0                  | 1,3 | 2,0 | 1,3 | 2,0 | 1,3 |
| НІР <sub>05</sub> для: взаємодії зразок – метод впливу |                 | 5,9      | 4,0 | 5,9                  | 4,0 | 5,9 | 4,0 | 5,9 | 4,0 |

У контрольному варіанті позитивна реакція на видалення лусок зразка диплоїдного виду *T. monococcum* була більш суттєвою (індекси енергії проростання і схожості відповідно 28,4 % і 15,4 %), ніж зразків поліплоїдних видів *T. dicoccum* і *T. spelta* (індекси від 3,7 % до 11,5 %).

За прискореного старіння методом 1, навпаки, видалення лусок більш сильно позитивно впливало на зразки поліплоїдних видів (індекси від 35,7 % до 123,9 %), ніж на диплоїдний (3,9 % і 19,1 %). За прискореного старіння методом 2 з підвищенням вологості насіння від 5 % до 7 % різко зростала позитивна реакція на видалення лусок у диплоїдного зразка *T. monococcum* і

значно слабше – у поліплоїдних зразків *T. dicoccum* і *T. spelta*. Це свідчить, як і слід очікувати, про більш високий рівень фізіологічного гомеостазу зразків поліплоїдних видів порівняно з диплоїдним.

Таблиця 3.3 Індекси впливу прискореного старіння на енергію проростання та схожість насіння зразків пшениці, I %. 2014, 2016, 2017 рр.

| Зразок<br>вид, назва         | наявність<br>лусок | Прискорене старіння |       |                               |       |       |       |       |       |
|------------------------------|--------------------|---------------------|-------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                              |                    | метод 1             |       | метод 2 за вологості насіння: |       |       |       |       |       |
|                              |                    |                     |       | 5%                            |       | 6%    |       | 7%    |       |
|                              |                    | Е                   | С     | Е                             | С     | Е     | С     | Е     | С     |
| Т. monococcum<br>UA0300439   | наявні             | -34,5               | -29,6 | -24,6                         | -25,8 | -37,5 | -40,8 | -56,0 | -53,1 |
|                              | відсутні           | -47,0               | -27,3 | -10,1                         | -6,3  | -4,0  | -2,7  | -12,4 | -12,3 |
| Т. sinskajae<br>UA0300224    | відсутні           | -50,7               | -49,1 | -26,8                         | -18,6 | -29,9 | -28,5 | -29,9 | -29,9 |
| Т. dicoccum<br>Полба 3       | наявні             | -53,4               | -37,7 | -30,4                         | -26,2 | -29,3 | -31,2 | -54,2 | -52,4 |
|                              | відсутні           | -22,4               | -18,4 | -8,9                          | -3,3  | -6,6  | -4,0  | -38,0 | -27,0 |
| Т. dicoccum<br>Голіковська   | відсутні           | -56,8               | -54,0 | -3,9                          | -2,6  | -11,1 | -6,5  | -70,5 | -68,5 |
| Т. spelta<br>Frankenkorn     | наявні             | -61,6               | -48,4 | -30,1                         | -13,9 | -36,4 | -28,4 | -51,3 | -40,8 |
|                              | відсутні           | -41,9               | -28,0 | -6,7                          | -3,3  | -9,5  | -5,3  | -37,3 | -32,0 |
| Т. aestivum<br>Харківська 26 | відсутні           | -20,8               | -14,4 | -0,8                          | 0,3   | -22,2 | -22,4 | -48,3 | -48,3 |

При порівнянні півчастих зразків з генетично близькими голозерними у контролі та варіантах з прискореним старінням у більшості випадків (21 з 30) насіння голозерних зразків показало більш високі енергію проростання та схожість, ніж у півчастих зразків з невидаленими лусками (індекси  $I_L$  додатні). Разом з цим, за найбільш жорсткого режиму (метод 1) у групі диплоїдних зразків голозерний *T. sinskajae* поступався зразку півчастого *T. monococcum* з не видаленими лусками ( $I_L$  від'ємні). Те саме мало місце у групі тетраплоїдних

зразків при порівнянні полби Голіковська, що характеризується легким вимолотом (тобто є голозерною) з плівчастою Полбою 3 за прискореного старіння методом 1 та за найбільш високої вологості (7 %) при методі 2. У той же час, у групі гексаплоїдів пшениця м'яка переважала плівчасту спельту за обома показниками майже за всіх режимів, окрім схожості за вологості насіння 7 % (індекс  $I_d$  від'ємний). Перевага плівчастих з не видаленими лусками зразків над голозерними у 5 випадках з 30 (що відповідає від'ємним індексам) пов'язана з видовими відмінностями. У чотирьох випадках відмінності відсутні.

Але в цілому і тут проявляється загальна закономірність: голозерні зразки у контрольному та більшості варіантів досліду переважають генетично близькі плівчасті з не видаленими лусками за енергією проростання та схожістю насіння [153,161,162].

Довжину первинних корінців і листків з насіння у контролі та за прискореного старіння методом 1 представлено у (табл. 3.5), за прискореного старіння методом 2 – у (табл. 3.6). Прискорене старіння у переважній більшості випадків (32 з 36) негативно впливало на довжину первинних корінців: індекс впливу становили від -80,8 % до 4,0 (табл. 3.7).

Причому цей негативний вплив був найбільш сильним у варіантах з методом 1 і 7 %-ної вологості насіння за методу 2, тобто за найбільш жорстких режимів прискореного старіння.

Вплив прискореного старіння на довжину листків був значно слабшим, ніж на довжину корінців: від'ємні індекси мали місце менш ніж у половині випадків (17 з 36). В цілому діапазон індексів становив від -64,3 % до 28,4 %. Найбільші за абсолютною величиною від'ємні індекси спостерігались за вологості насіння 7 % при методі 2. Тобто, як і за довжиною корінців, зменшення довжини листків було найбільш значним за одного з двох найбільш жорстких режимів прискореного старіння. Разом з цим, у 19 випадках індекси впливу були або близькими до нуля, або додатними [163].

Таблиця 3.4 Індеси впливу видалення лусок на енергію проростання та схожість насіння зразків пшениці за прискореного старіння,  $I_d$  %. 2014, 2016, 2017 рр.

| Вид, назва зразка                                   |                             | Контроль |      | Прискорене старіння |       |         |      |      |      |       |       |
|---|-----------------------------|----------|------|---------------------|-------|---------|------|------|------|-------|-------|
| луски відсутні або зразок голозерний<br>$\bar{X}_3$ | луски наявні<br>$\bar{X}_4$ |          |      | метод 1             |       | метод 2 |      |      |      |       |       |
|   |                             |          |      |                     |       | 5%      |      | 6%   |      | 7%    |       |
|   |                             | Е        | С    | Е                   | С     | Е       | С    | Е    | С    | Е     | С     |
| порівняння в межах одного зразка                    |                             |          |      |                     |       |         |      |      |      |       |       |
| T.monococcum<br>UA0300439                           | T.monococcum<br>UA0300439   | 28,4     | 15,4 | 3,9                 | 19,1  | 53,1    | 45,6 | 97,2 | 89,6 | 155,9 | 115,6 |
| T.dicoccum Полба 3                                  | T.dicoccum Полба 3          | 9,5      | 3,7  | 82,0                | 35,7  | 43,4    | 35,8 | 44,7 | 44,5 | 48,2  | 58,8  |
| T.spelta Frankenkorn                                | T.spelta Frankenkorn        | 11,5     | 5,3  | 68,7                | 46,9  | 48,8    | 18,3 | 58,6 | 39,3 | 43,5  | 20,9  |
| порівняння голозерних зразків з півчастими          |                             |          |      |                     |       |         |      |      |      |       |       |
| T. sinskajae<br>UA0300224                           | T.monococcum<br>UA0300439   | 22,4     | 11,9 | -7,9                | -19,1 | 18,9    | 22,8 | 37,2 | 35,1 | 95,1  | 67,2  |
| T.dicoccum Голіковська                              | T.dicoccum Полба 3          | 6,1      | 1,3  | -1,8                | -25,2 | 46,6    | 33,7 | 33,6 | 37,6 | -31,7 | -33,0 |
| T.astivum<br>Харківська 26                          | T.spelta<br>Frankenkorn     | 8,6      | 2,4  | 123,9               | 69,9  | 54,1    | 19,3 | 32,9 | 11,0 | 15,3  | -10,7 |

Таблиця 3.5 Довжина первинних корінців і листків з насіння зразків пшениці у досліді з прискороного старіння методом 1, 2014, 2016, 2017 рр. см

| Зразок  |                 | Контроль |      | Прискорене старіння |      |
|---|-----------------|----------|------|---------------------|------|
| вид, назва                                      | наявність лусок | К        | Л    | К                   | Л    |
| T.monococcum<br>UA0300439                       | наявні          | 12,8     | 13,4 | 10,1                | 12,8 |
|   | відсутні        | 12,8     | 13,9 | 7,7                 | 13,9 |
| T. sinskajae UA0300224                          | відсутні        | 12,4     | 11,3 | 8,5                 | 10,5 |
| T.dicoccum Полба 3                              | наявні          | 18,0     | 14,8 | 13,8                | 15,5 |
|   | відсутні        | 16,4     | 13,3 | 14,4                | 16,0 |
| T.dicoccum Голіковська                          | відсутні        | 13,9     | 11,0 | 12,4                | 14,1 |
| T.spelta Frankenkorn                            | наявні          | 16,0     | 12,2 | 14,4                | 12,6 |
|   | відсутні        | 14,8     | 12,6 | 14,8                | 13,8 |
| T.aestivum Харківська 26                        | відсутні        | 15,1     | 9,8  | 15,7                | 11,5 |
| НІР <sub>05</sub> для: зразків                  |                 | 0,5      | 1,0  | 0,5                 | 1,0  |
| НІР <sub>05</sub> для: методів впливу           |                 | 0,4      | 0,8  | 0,4                 | 0,8  |
| НІР <sub>05</sub> для: взаємодії зразок – метод |                 | 1,2      | 2,4  | 1,2                 | 2,4  |

Видалення лусок з зернівок плівчастих зразків неоднозначно впливало на довжину листків і корінців у контролі та варіантах досліді (табл. 3.8). Суттєво негативний вплив відмічено у *T. monococcum* на довжину корінців за прискороного старіння методом 1 та методом 2 за вологості насіння 5 %; дещо слабший – у *T. dicoccum* Полба 3 за довжиною корінців і листків у контролі, довжиною корінців за прискороного старіння методом 2 з вологістю 6 % і 7 %; *T. spelta* Frankenkorn за довжиною корінців у контрольному варіанті [164–166].

Суттєво позитивний вплив видалення лусок мав місце у *T. monococcum* на довжину корінців і листків за прискороного старіння методом 2 за вологості насіння 7 %; *T. spelta* Frankenkorn – на довжину корінців і листків за прискороного старіння методом 2 з вологістю 6 % і 7 %, довжину проростків за

прискореного старіння методом 1. У решті випадків індекси не перевищували 4,2 %, отже вплив не суттєвий. Таким чином, видалення лусок впливає на морфологічні показники проростків з насіння під дією стресових чинників дещо іншим чином, ніж на енергію проростання та схожість. Принаймні однією з причин може бути те, що зі зниженням схожості, обумовленим прискореним

Таблиця 3.6 Довжина первинних корінців і листків з насіння зразків пшениці у досліді з прискореного старіння методом 2, 2014, 2016, 2017 рр. см.

| Зразок                                  |                 | Контроль |      | Прискорене старіння   |      |      |      |      |      |
|---|-----------------|----------|------|-----------------------|------|------|------|------|------|
|   |                 |          |      | за вологості насіння: |      |      |      |      |      |
|   |                 |          |      | 5%                    |      | 6%   |      | 7%   |      |
| вид, назва                              | наявність лусок | К        | Л    | К                     | Л    | К    | Л    | К    | Л    |
| T.monococcum<br>UA0300439               | наявні          | 12,8     | 13,4 | 12,2                  | 13,7 | 12,1 | 14,8 | 4,9  | 5,2  |
|   | відсутні        | 12,8     | 13,9 | 10,3                  | 13,4 | 13,1 | 14,3 | 6,1  | 7,8  |
| T. sinskajae<br>UA0300224               | відсутні        | 12,4     | 11,3 | 10,7                  | 11,2 | 11,7 | 11,5 | 8,0  | 7,6  |
| T.dicoccum<br>Полба 3                   | наявні          | 18,0     | 14,8 | 16,5                  | 14,9 | 17,0 | 14,9 | 11,6 | 11,7 |
|   | відсутні        | 16,4     | 13,3 | 16,0                  | 14,9 | 15,8 | 14,9 | 10,5 | 11,6 |
| T.dicoccum<br>Голіковська               | відсутні        | 13,9     | 11,0 | 13,1                  | 12,0 | 13,3 | 12,5 | 2,7  | 3,9  |
| T.spelta<br>Frankenkorn                 | наявні          | 16,0     | 12,2 | 13,6                  | 12,5 | 11,0 | 11,5 | 7,3  | 7,9  |
|   | відсутні        | 14,8     | 12,6 | 13,5                  | 12,5 | 15,0 | 13,0 | 8,2  | 8,5  |
| T.aestivum<br>Харківська 26             | відсутні        | 15,1     | 9,8  | 13,8                  | 11,0 | 11,2 | 7,0  | 7,4  | 6,4  |
| НІР <sub>05</sub> для: зразків          |                 | 0,5      | 1,0  | 0,5                   | 1,0  | 0,5  | 1,0  | 0,5  | 1,0  |
| НІР <sub>05</sub> для: методів впливу   |                 | 0,4      | 0,8  | 0,4                   | 0,8  | 0,4  | 0,8  | 0,4  | 0,8  |
| НІР <sub>05</sub> для: взаємодії зразок |                 | 1,2      | 2,4  | 1,2                   | 2,4  | 1,2  | 2,4  | 1,2  | 2,4  |

старінням, виживають насінини з більш високим фізіологічним потенціалом, здатні давати більш міцні проростки.

Таблиця 3.7 Індекси впливу прискореного старіння на довжину первинних корінців і листків з насіння зразків пшениці, I %. 2014, 2016, 2017 рр.

| Зразок                      |                 | Прискорене старіння |      |                               |      |       |       |       |       |
|-----------------------------|-----------------|---------------------|------|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
|                             |                 | метод 1             |      | метод 2 за вологості насіння: |      |       |       |       |       |
|                             |                 |                     |      | 5%                            |      | 6%    |       | 7%    |       |
| вид, назва                  | наявність лусок | К                   | Л    | К                             | Л    | К     | Л     | К     | Л     |
| T.monococcum<br>UA0300439   | Наявні          | -20,6               | -4,1 | -4,1                          | 2,8  | -4,8  | 10,8  | -62,0 | -61,3 |
|                             | Відсутні        | -39,3               | -0,3 | -19,6                         | -3,6 | 2,6   | 2,4   | -52,5 | -44,3 |
| T. sinskajae<br>UA0300224   | Відсутні        | -31,7               | -7,2 | -14,2                         | -0,9 | -6,1  | 1,4   | -35,4 | -33,1 |
| T.dicoccum<br>Полба 3       | Наявні          | -23,6               | 4,5  | -8,3                          | 0,7  | -5,9  | 0,7   | -35,7 | -20,8 |
|                             | Відсутні        | -12,3               | 20,4 | -2,4                          | 11,7 | -3,3  | 12,0  | -35,7 | -12,6 |
| T.dicoccum<br>Голіковська   | Відсутні        | -10,8               | 28,4 | -5,4                          | 9,7  | -3,9  | 14,4  | -80,8 | -64,3 |
| T.spelta<br>Frankenkorn     | Наявні          | -10,1               | 3,7  | -14,8                         | 2,5  | -31,5 | -5,6  | -54,6 | -34,9 |
|                             | Відсутні        | 0,2                 | 9,6  | -8,9                          | -1,1 | 0,7   | 4,5   | -44,6 | -33,0 |
| T.aestivum<br>Харківська 26 | Відсутні        | 4,0                 | 17,0 | -8,5                          | 11,9 | -25,9 | -28,4 | -51,3 | -34,3 |

Голозерні форми однозернянки і полби (групи диплоїдних і тетраплоїдних зразків), генетично близькі до півчастих, зменшували довжину корінців і листків порівняно з півчастими у контролі та за прискореного старіння методом 1 і методом 2 за вологості насіння 5 % і 6 %, а у полби – також 7 %. У групі гексаплоїдних зразків пшениця м'яка Харківська 26 (голозерна) мала меншу довжину листків, ніж спельта Frankenkorn (півчаста) у

контролі та всіх варіантах досліду. Довжина корінців голозерної форми була дещо меншою, ніж плівчастої форми, лише у контролі. Ці дані не збігаються з результатами, одержаними при порівнянні довжини корінців і листків із вилущених насінин, з показниками, одержаними без видалення лусок. Можлива причина полягає у тому, що голозерні форми є продуктами добору за комплексом ознак, що визначають продуктивність і позитивно пов'язані з силою росту проростків з насіння.

В цілому по досліду спостерігається позитивна кореляція між енергією проростання та схожістю насіння з одного боку та довжиною корінців і листків з другого боку (табл. 3.9). Причому ця кореляція за довжиною корінців є тісною для більшості зразків, середньою лише для *T. spelta* Frankenkorn; значно слабшою – для довжини листків у всіх зразків.

Видалення лусок у *T. monosocum* послаблює кореляції між енергією проростання та довжинами корінців і листків, схожістю і довжиною листків; не змінило кореляцію між схожістю і довжиною корінців. У *T. dicocum* Полба 3 видалення лусок посилює кореляції між енергією проростання та довжинами корінців і листків, послабило кореляцію між схожістю та довжиною листків, не змінило кореляцію між схожістю і довжиною корінців. У *T. spelta* Frankenkorn видалення лусок не змінило кореляцій між енергією проростання та довжинами корінців і листків, дещо посилює кореляцію між схожістю та довжиною листків.

Затримку проростання зернівок, не вилущених з лусок, констатовано у пшениці м'якої [120,121], дикої полби *T. dicoccoides* (Körn. Ex Asch. & Graebn.) Schweinf. Причому у дикої полби, хоча проростання невилущеної (у лусках) зернівки було більш пізнім, ріст проростків після проростання був краще, ніж із вилущених зернівок [167]. Більш глибокий спокій зернівок, вилущених із лусок, ніж зернівок у колосках, спостерігався у штучних амфідиплоїдів («синтетиків») *Aegilops tauschii* Coss. – тетраплоїдні пшениці [168]. Встановлено, що ця затримка проростання обумовлена наявністю в колоскових

Таблиця 3.8 Індекси впливу видалення лусок на довжину первинних корінців і листків з насіння зразків пшениці за прискореного старіння,  $I_n$  %. 2014, 2016, 2017 рр.

| Вид, назва зразка                                      |                           | Контроль |       | Прискорене старіння |       |                               |       |       |       |       |       |
|--|---------------------------|----------|-------|---------------------|-------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  |                           |          |       | метод 1             |       | метод 2 за вологості насіння: |       |       |       |       |       |
| луски відсутні<br>або зразок<br>голозерний $\bar{X}_3$ | луски наявні $\bar{X}_4$  |          |       |                     |       | 5%                            |       | 6%    |       | 7%    |       |
|  |                           | К        | Л     | К                   | Л     | К                             | Л     | К     | Л     |       |       |
| порівняння в межах одного зразка                       |                           |          |       |                     |       |                               |       |       |       |       |       |
| Т.monococcum<br>UA0300439                              | Т.monococcum<br>UA0300439 | 0,0      | 4,2   | -23,5               | 8,4   | -16,2                         | -2,3  | 7,7   | -3,7  | 24,9  | 49,9  |
| Т.dicoccum<br>Полба 3                                  | Т.dicoccum<br>Полба 3     | -9,2     | -10,1 | 4,2                 | 3,5   | -3,4                          | -0,3  | -6,7  | -0,1  | -9,3  | -0,7  |
| Т.spelta<br>Frankenkorn                                | Т.spelta<br>Frankenkorn   | -7,5     | 3,6   | 3,0                 | 9,4   | -1,1                          | -0,1  | 36,0  | 14,6  | 13,0  | 6,6   |
| порівняння голозерних зразків з півчастими             |                           |          |       |                     |       |                               |       |       |       |       |       |
| Т. sinskajae<br>UA0300224                              | Т.monococcum<br>UA0300439 | -2,5     | -15,5 | -16,1               | -18,3 | -12,8                         | -18,6 | -3,8  | -22,7 | 65,7  | 45,8  |
| Т.dicoccum<br>Голіковська                              | Т.dicoccum<br>Полба 3     | -23,1    | -25,9 | -10,2               | -9,0  | -20,7                         | -19,3 | -21,4 | -15,9 | -77,1 | -66,6 |
| Т.astivum<br>Харківська 26                             | Т.spelta<br>Frankenkorn   | -5,4     | -19,6 | 9,3                 | -9,3  | 1,5                           | -12,2 | 2,3   | -39,0 | 1,4   | -18,9 |

лусках інгібіторів проростання – дегідроактинідіоліда та тетрагідроактинідіоліда [120,121]. Автори відзначають роль лусок у витривалості сортів до дозбирального проростання зерна на корені [168].

Таблиця 3.9 Коефіцієнти кореляції енергії проростання та схожості насіння з морфологічними характеристиками проростків у зразків пшениці. Середнє за 2014, 2016, 2017 рр.

| Вид, назва зразка           | Наявність лусок | Енергія проростання |       | Схожість |       |
|-----------------------------|-----------------|---------------------|-------|----------|-------|
|                             |                 | К                   | Л     | К        | Л     |
| T.monococcum<br>UA0300439   | наявні          | 0,81*               | 0,67* | 0,76*    | 0,62* |
|                             | відсутні        | 0,66*               | 0,10  | 0,78*    | 0,28  |
| T. sinskajae<br>UA0300224   | відсутні        | 0,82*               | 0,58* | 0,82*    | 0,58* |
| T.dicoccum<br>Полба 3       | наявні          | 0,75*               | 0,28  | 0,90*    | 0,67* |
|                             | відсутні        | 0,96*               | 0,41  | 0,95*    | 0,36  |
| T.dicoccum<br>Голіковська   | відсутні        | 0,82*               | 0,52  | 0,82*    | 0,53* |
| T.spelta<br>Frankenkorn     | наявні          | 0,53*               | 0,34  | 0,56*    | 0,42  |
|                             | відсутні        | 0,56*               | 0,37  | 0,68*    | 0,51  |
| T.aestivum<br>Харківська 26 | відсутні        | 0,85*               | 0,72* | 0,90*    | 0,80* |

\* коефіцієнт достовірний за  $p=0,05$

Встановлено, що луски дикої полби накопичують і вивільняють при гідратації активні гідролази, включаючи нуклеази та хітінази, які зберігають активність протягом років після досягання і відмирання материнської рослини. За допомогою протеомного та ІСР аналізу виявлено білки та інші речовини, які вивільняються при гідратації і пов'язані з окислювальним і патогенним стресами. Активні гідролази та інші речовини, вивільнені з лусок, можуть створювати мікросередовище для насінин, що проростають; підтримувати витривалість насіння у ґрунті, служити як перша лінія захисту

при проростанні й посилювати ріст проростків. Автори вважають, що, можливо, знайдено нову, раніше не досліджену природну систему, що забезпечує довговічність насіння у польових умовах і може бути використана при зберіганні *ex-situ* [167].

У наших дослідах зернівки зразків плівчастих видів пшениці у лусках затримували проростання порівняно з зернівками, вивільненими з лусок, про що свідчило зниження енергії проростання. Це збігається з даними інших дослідників. Але, разом з цим, знижалась і схожість зернівок. (див. табл. 3.1, 3.2).

Метою нашого дослідження було встановити, як наявність лусок впливає на витривалість зернівок до зберігання, тобто на їх довговічність. Ефективним методом діагностики довговічності насіння при зберіганні *ex-situ* визнано, у тому числі Міжнародною асоціацією з тестування насіння (ISTA), метод прискореного старіння, який моделює природне старіння насіння [169]. Отже, оцінкою ролі лусок у визначенні довговічності насіння є зміна його реакції на прискорене старіння при видаленні лусок, ілюстрацією якої є індекси впливу (див. табл. 3.4). У наших дослідах в усіх випадках видалення лусок позитивно впливало на довговічність насіння. Або, іншими словами, наявність лусок знижує довговічність зернівок при зберіганні. Це спостерігається у типових представників плівчастих видів трьох груп плоїдності, а також у більшості випадків при порівнянні зернівок плівчастих видів з невидаленими плівками з генетично близькими голозерними зразками. Такі дані протирічать твердженню інших дослідників [167]. Щодо кращого росту листків (і корінців) з невилущених зерен, ніж з вилущених (попри затримку проростання), на який вказують згадані автори, то у наших дослідах це мало місце у 9 випадках з 36 (див. табл. 3.8) – від'ємні індекси); у 15 випадків відмінності були в межах помилки досліду; у 10 випадках, навпаки, проростання вилущених зернівок було більш активним.

### Висновки до розділу 3

1. У представників плівчастих видів пшениці *T. monosocum*, *T. dicocum* та *T. spelta* насіння з видаленими лусками є більш витривалим до дії прискореного старіння, отже більш довговічним у зберіганні, ніж насіння у лусках: у варіантах з прискореним старінням індекси впливу видалення лусок становлять: на енергію проростання насіння від 3,9 до 155,9 %, на схожість – від 18,3 до 115,6 %.

2. Рівні вологості насіння 5 % і 6 % є більш оптимальними для тривалого зберігання насіння різноманіття видів пшениці, вологість 7 % більше підходить для диференціації зразків насіння за довговічністю.

3. У контрольному варіанті позитивна реакція на видалення лусок насіння зразка диплоїдного виду *T. monosocum* була більш суттєвою (підвищення енергії проростання і схожості відповідно на 28,4 % і 15,4 %), ніж насіння зразків поліплоїдних видів *T. dicocum* і *T. spelta* (підвищення на величину від 3,7 % до 11,5 %). За прискореного старіння методом 1, навпаки, видалення лусок більш сильно позитивно впливало на насіння зразків поліплоїдних видів (зростання енергії проростання на 68,0-82,0 %, схожості на 35,7-46,9 %), ніж у диплоїдного виду (зростання відповідно на 3,9 і 19,1 %). За прискореного старіння методом 2 з підвищенням вологості насіння від 5 % до 7 % різко зростала позитивна реакція на видалення лусок у диплоїдного зразка *T. monosocum* (енергія проростання з 53,1 % до 155,9 %, схожість з 45,6 % до 115,6 %) і значно слабше – у поліплоїдних зразків *T. dicocum* і *T. spelta* (підвищення енергії проростання на величину з 43,4-48,8% до 43,5–48,2 %; схожості на величину з 18,3 -35,8 % до 20,9-58,8 %). Це свідчить про більш високий рівень фізіологічного гомеостазу зразків поліплоїдних видів порівняно з диплоїдним.

4. При порівнянні плівчастих зразків з генетично близькими голозерними у контролі та варіантах з прискореним старінням у більшості

випадків насіння голозерних зразків показало більш високі енергію проростання та схожість, ніж у плівчастих зразків з не видаленими лусками

5. Видалення лусок з зернівок плівчастих зразків впливало на довжину листків і корінців за прискороного старіння у залежності від зразка та режиму досліду. Суттєво негативний вплив мав місце у *T. monosocum* на довжину корінців методом 1 и методом 2 за вологості насіння 5 %; дещо слабший – у *T. dicocum* Полба 3 за довжиною корінців і листків у контролі, довжиною корінців за метода 2 з вологістю 6 % і 7 %; *T. spelta* Frankenkorn за довжиною корінців у контрольному варіанті. Суттєво позитивний вплив видалення лусок мав місце у *T. monosocum* на довжину корінців і листків за метода 2 за вологості насіння 7 %; *T. spelta* Frankenkorn – на довжину корінців і листків за метода 2 з вологістю 6 % і 7 %, довжину листків за метода 1. У *T. dicocum* Полба 3 вплив не був суттєвим.

6. Видалення лусок з зернівок плівчастих видів пшениці змінює силу, але не змінює знаку кореляції між енергією проростання та схожістю з одного боку та довжиною проростків і корінців з другого боку.

Основні результати даного розділу опубліковані в працях [154-160].

## РОЗДІЛ 4

### АНТИОКСИДАНТНА АКТИВНІСТЬ ЯК ФІЗІОЛОГІЧНИЙ ЧИННИК ДОВГОВІЧНОСТІ НАСІННЯ ЗРАЗКІВ МАЛОПОШИРЕНИХ ВИДІВ ПШЕНИЦІ

Довготривале зберігання насіння у схожому стані є необхідною умовою ефективного використання генофонду рослин сучасним і майбутніми поколіннями. При цьому центральною проблемою є довговічність насіння, обумовлена складним комплексом чинників: фізіологічним станом насіння, генотиповими особливостями, умовами зберігання та ін. Існують різні підходи до діагностики стану насіння і прогнозування його довговічності [170]. Одним з інформативних критеріїв оцінки довговічності насіння визнано активність антиоксидантів (АА). Її розглядають як інтегральний показник здатності насіння протистояти окиснювальним процесам, що супроводжують дію стресових чинників різної природи, до яких належить і старіння насіння під час зберігання [171–173].

Антиоксиданти зосереджені в основному в алейроновому шарі зернівки пшениці [174] і представлені переважно каротиноїдами, зокрема лютеїном [172]. У зародку, багатому на олію, основними антиоксидантами є токофероли [154,175].

Багатьма дослідженнями було показано можливість моделювати природне старіння насіння під час зберігання створенням спеціальних режимів «прискореного старіння», що дозволяє прискорити вивчення питань, пов'язаних із довговічністю насіння [22–24,152]. Зокрема, встановлено що під дією прискореного старіння знижується вміст антиоксидантів – каротиноїдов, перш за все лютеїну, у насінні м'якої [176] та твердої [177] пшениць. [178–180].

Метою цього дослідження є установлення ролі антиоксидантної активності у визначенні довговічності насіння малопоширених представників видового та внутрішньовидового різноманіття пшениці за результатами дослідів, що моделюють природне старіння насіння.

Досіди проводилися в 2015–2018 роках, на насінні врожаїв 2014, 2016, 2017 рр.

Матеріалом для досліджень слугували шість зразків генетичного різноманіття пшениці з Національного генбанку рослин України, що належали до трьох груп плоїдності і мали різне географічне походження. У тому числі, диплоїдні види ( $2n=14$ ) представлені зразками *T.monococcum* UA0300439 (Угорщина) та *T.sinskajae* UA0300224 (Росія); тетраплоїдні види ( $2n=28$ ) – *T.dicoccum* (Schrank) Schuebl. сорту Полба 3 (Росія, Удмуртія) та *T.durum* Desf. сорту Спадщина (Україна); гексаплоїдні види ( $2n=42$ ) – *T.spelta* L. сорту Frankenkorn (Німеччина) та *T.aestivum* L. сорту Харківська 26 (Україна). У плівчастих видів *T.spelta*, *T.dicoccum* і *T.monococcum* вручну видаляли луски з зерен. У контролі та кожному варіанті дослідів аналізували по 100 зернівок у трьох повтореннях.

У контрольному варіанті насіння майже всіх зразків характеризувалось порівняно високою енергією проростання та схожістю (91 % і вище), нижчою енергією проростання (82 і 85 % відповідно) – *T.durum* Спадщина. Активність антиоксидантів (АА) останнього сорту становила 37,7 %, решти зразків – від 39,4 % до 43,3 %, тобто порівняно вищу (табл. 4.1).

У контрольному варіанті антиоксидантна активність насіння позитивно корелює з енергією проростання: ( $r=0.87$ ), схожістю (0,83), довжиною первинних корінців (0,60), довжиною проростків (0,87). Під дією прискореного старіння за методом 1 насіння майже усіх вивчених зразків знизило показники енергії проростання та схожості, за виключенням *T.dicoccum* Полба 3, у якого вони залишились практично на тому ж рівні; довжини первинних корінців і листків, за виключенням сорту пшениці

твердої Спадщина, у якого вони зросли. АА після прискореного старіння становила від 34,7 % у *T.durum* Спадщина до 39,4 у *T.spelta* Frankenkorn (табл. 4.2) і у всіх зразків знизилась: індекс впливу становив від -1,3 % у *T.sinskajae* до -9,5 у *T.monococcum* (табл. 4.3).

Таблиця 4.1 Енергія проростання, схожість, морфометричні характеристики та антиоксидантна активність насіння зразків пшениці у контрольному варіанті.

Середнє за 2014, 2016, 2017 рр.

| Зразок<br>(вид, сорт)                                     | Контроль |         |            |           |       |
|---|----------|---------|------------|-----------|-------|
|   | Е %      | С %     | довжина см |           | АА, % |
|   |          |         | К          | Л         |       |
| <i>T.monococcum</i><br>UA0300439                          | 98±0,7   | 100±0,0 | 11,60±1,9  | 11,68±2,0 | 43,3  |
| <i>T.sinskajae</i><br>UA0300224                           | 91±2,8   | 95±1,4  | 10,21±3,1  | 8,95±2,3  | 39,4  |
| <i>T.dicoccum</i><br>Полба 3                              | 92±7,0   | 96±2,8  | 16,53±2,1  | 13,71±1,6 | 41,9  |
| <i>T.durum</i><br>Спадщина                                | 82±8,5   | 85±3,5  | 9,85±1,5   | 6,78±2,7  | 37,7  |
| <i>T.spelta</i><br>Frankenkorn                            | 97±5,7   | 100±2,8 | 14,40±2,1  | 11,39±1,2 | 42,2  |
| <i>T.aestivum</i> Харківська 26                           | 95±1,4   | 99±0,7  | 12,95±3,9  | 8,84±2,6  | 40,1  |
| НІР <sub>05</sub> для: зразків                            | 2,2      | 1,4     | 0,4        | 0,7       | 0,1   |
| НІР <sub>05</sub> для: методів впливу                     | 1,2      | 0,8     | 0,2        | 0,4       | 0,1   |
| НІР <sub>05</sub> для: взаємодії зразок<br>– метод впливу | 5,4      | 3,4     | 0,4        | 1,7       | 0,1   |

Слід відзначити, що найбільший і найменший ступені зниження антиоксидантної активності під впливом прискореного старіння (що виражено відповідними абсолютними значеннями від'ємних індексів) спостерігались у генетично близьких диплоїдних пшениць – *T.monococcum* і

*T.sinskajae*, що можна пояснити генотиповими відмінностями. У зразків поліплоїдних пшениць індекси мали проміжне значення: від -6,6 до -8,0.

Таблиця 4.2 Енергія проростання, схожість, морфометричні характеристики та антиоксидантна активність насіння зразків пшениці після прискореного старіння за методом 1

| Зразок<br>(вид, сорт)                                     | Е % | С % | Довжина см |       | АА, % |
|---|-----|-----|------------|-------|-------|
|   |     |     | К          | Л     |       |
| <i>T.monococcum</i><br>UA0300439                          | 92  | 98  | 7,29       | 8,86  | 39,2  |
| <i>T.sinskajae</i><br>UA0300224                           | 28  | 30  | 6,19       | 6,91  | 38,9  |
| <i>T.dicoccum</i><br>Полба 3                              | 93  | 97  | 13,71      | 12,62 | 39,1  |
| <i>T.durum</i><br>Спадщина                                | 70  | 80  | 10,75      | 9,67  | 34,7  |
| <i>T.spelta</i><br>Frankenkorn                            | 93  | 95  | 11,36      | 8,62  | 39,4  |
| <i>T.aestivum</i><br>Харківська 26                        | 93  | 95  | 12,88      | 9,53  | 36,9  |
| НІР <sub>05</sub> для: зразків                            | 2,2 | 1,4 | 0,4        | 0,7   | 0,1   |
| НІР <sub>05</sub> для: методів впливу                     | 1,2 | 0,8 | 0,2        | 0,4   | 0,1   |
| НІР <sub>05</sub> для: взаємодії зразок –<br>метод впливу | 5,4 | 3,4 | 0,9        | 1,7   | 0,1   |

Антиоксидантна активність насіння після прискореного старіння за методом 1 позитивно корелює з антиоксидантною активністю у контролі:  $r=0,82$ . Разом з цим, показники енергії проростання, схожості, довжини первинних корінців і листків у контролі позитивно і здебільшого суттєво

корелюють з АА після прискороного старіння  $r$  становить від 0,51 до 0,82. У той же час, відсутня суттєва кореляція між енергією проростання, схожістю, довжиною первинних корінців і листків з одного боку та АА з другого боку після прискороного старіння (табл. 4.4). Отже насіння більш потужне – з більш високими вихідними показниками має більш високий рівень АА як вихідний, так і після прискороного старіння.

Таблиця 4.3 Індекси впливу ( $I$ ) прискороного старіння за методом 1 на показники схожості, морфометричні характеристики та антиоксидантну активність насіння зразків пшениці

| Зразок (вид, сорт)       | Індекс впливу (%) на показники |       |         |       | I АА,% |
|--------------------------|--------------------------------|-------|---------|-------|--------|
|                          | Е                              | С     | довжини |       |        |
|                          |                                |       | К       | П     |        |
| T.monococcum UA0300439   | -6,1                           | -2,0  | -37,2   | -24,1 | -9,5   |
| T.sinskajae UA0300224    | -69,2                          | -68,4 | -39,4   | -22,8 | -1,3   |
| T.dicoccum Полба 3       | 1,1                            | 1,0   | -17,1   | -8,0  | -6,7   |
| T.durum Спадщина         | -14,6                          | -5,9  | 9,1     | 42,6  | -8,0   |
| T.spelta Frankenkorn     | -4,1                           | -5,0  | -21,1   | -24,3 | -6,6   |
| T.aestivum Харківська 26 | -2,1                           | -4,0  | -0,5    | 7,8   | -8,0   |

Ступінь зміни АА під впливом прискороного старіння за методом 1 (виражена індексами) тісно і негативно корелює з показниками енергії проростання ( $r=-0,85$ ) і схожості ( $r=-0,90$ ) після старіння. Так само, АА після прискороного старіння тісно і негативно корелює з довжиною первинних корінців ( $r=-0,85$ ) і листків ( $r=-0,97$ ). Отже більш потужне насіння, яке після прискороного старіння має більш високі енергію проростання та схожість, слабше реагує на стресовий чинник зміною антиоксидантної активності, ніж насіння менш потужне. Насіння, що має більш високий рівень АА після прискороного старіння, менше змінює показники довжини первинних корінців і листків.

Таблиця 4.4 Коефіцієнти кореляції між АА та характеристиками насіння у досліді з прискореним старінням за методом 1, 2014, 2016, 2017 рр.

| Характер показника  | Варіант досліді | Контроль |        |         |        |        | Прискорене старіння за методом 1 |        |         |       |        |
|---|-----------------|----------|--------|---------|--------|--------|----------------------------------|--------|---------|-------|--------|
|   |                 | Е        | С      | довжина |        | АА     | Е                                | С      | довжина |       | АА     |
|   |                 |          |        | К       | Л      |        |                                  |        | К       | Л     |        |
| Абсолютна величина після прискореного старіння за методом 1 | Е               | 0,44     | 0,40   | 0,65*   | 0,49   | 0,58*  | 1,00*                            |        |         |       |        |
|   | С               | 0,35     | 0,30   | 0,59*   | 0,44   | 0,53   | 0,99*                            | 1,00*  |         |       |        |
|   | К               | -0,06    | -0,01  | 0,72*   | 0,24   | 0,01   | 0,67*                            | 0,66*  | 1,00*   |       |        |
|   | Л               | -0,13    | -0,10  | 0,71*   | 0,50   | 0,19   | 0,62*                            | 0,64*  | 0,80*   | 1,00* |        |
|   | АА              | 0,79*    | 0,80*  | 0,51    | 0,81*  | 0,82*  | 0,08                             | 0,00   | -0,23   | -0,08 | 1,00*  |
| Індекс впливу прискореного старіння за методом 1            | Е               | 0,26     | 0,22   | 0,60*   | 0,40   | 0,44   | 0,98*                            | 0,99*  | 0,74*   | 0,70* | -0,08  |
|   | С               | 0,15     | 0,10   | 0,51    | 0,32   | 0,37   | 0,95*                            | 0,98*  | 0,69*   | 0,69* | -0,17  |
|   | К               | -0,58*   | -0,57  | 0,00    | -0,49  | -0,59* | 0,32                             | 0,37   | 0,69*   | 0,43  | -0,85* |
|   | Л               | -0,82*   | -0,82* | -0,33   | -0,67* | -0,77* | 0,03                             | 0,11   | 0,39    | 0,30  | -0,97* |
|   | АА              | -0,16    | -0,08  | -0,19   | -0,13  | -0,33  | -0,85*                           | -0,90* | -0,41   | -0,47 | 0,27   |

\* коефіцієнт достовірний за  $p=0,05$

Характеристики насіння після прискореного старіння за методом 2 показано у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 Енергія проростання, схожість, морфометричні характеристики та антиоксидантна активність насіння зразків пшениці після прискореного старіння за методом 2. 2014, 2016, 2017 рр.

| Зразок<br>(вид, сорт)                           | W % | E % | C % | Довжина, см |       | AA%  |
|---|-----|-----|-----|-------------|-------|------|
|   |     |     |     | К           | Л     |      |
| T.monococcum UA0300439                          | 5   | 85  | 91  | 6,00        | 9,65  | 43,5 |
|   | 6   | 97  | 99  | 13,80       | 12,61 | 44,1 |
|   | 7   | 98  | 100 | 11,33       | 12,18 | 45,7 |
| T.sinskajae UA0300224                           | 5   | 97  | 99  | 8,45        | 9,67  | 38,2 |
|   | 6   | 99  | 100 | 13,03       | 11,97 | 39,3 |
|   | 7   | 98  | 99  | 12,26       | 8,80  | 40,6 |
| T.dicoccum Полба 3                              | 5   | 99  | 100 | 19,28       | 15,16 | 42,8 |
|   | 6   | 87  | 92  | 19,10       | 14,21 | 40,9 |
|   | 7   | 79  | 95  | 16,00       | 14,01 | 41,7 |
| T.durum Спадщина                                | 5   | 88  | 97  | 8,13        | 8,78  | 36,9 |
|   | 6   | 88  | 95  | 15,62       | 13,21 | 38,5 |
|   | 7   | 80  | 83  | 10,93       | 12,32 | 30,8 |
| T.spelta Frankenkorn                            | 5   | 93  | 97  | 14,82       | 11,56 | 41,3 |
|   | 6   | 91  | 96  | 14,65       | 12,10 | 43,9 |
|   | 7   | 91  | 97  | 14,73       | 11,83 | 40,5 |
| T.aestivum Харківська 26                        | 5   | 94  | 98  | 13,68       | 8,32  | 40,2 |
|   | 6   | 96  | 96  | 13,02       | 8,12  | 39,5 |
|   | 7   | 99  | 100 | 11,71       | 7,98  | 39,8 |
| НІР <sub>05</sub> для: зразків                  |     | 2,2 | 1,4 | 0,4         | 0,7   | 0,1  |
| НІР <sub>05</sub> для: методів впливу           |     | 1,2 | 0,8 | 0,2         | 0,4   | 0,1  |
| НІР <sub>05</sub> для: взаємодії зразок – метод |     | 5,4 | 3,4 | 0,9         | 1,7   | 0,1  |

Прискорене старіння обумовило значне зниження показників: за вологості насіння 5 % у *T.monococcum* – енергії проростання, схожості, довжини

первинних корінців і первинних листків (індекси від -9,0 % до -48,3 %), у *T.sinskajae* і *T.durum* Спадщина – довжини первинних корінців (-17,2 % та -17,0 % відповідно); за вологості насіння 6 % і 7 % – енергії проростання у Полби 3 (відповідно -5,4 % та -14,1) та спельти Frankenkorn (в обох випадках -6,2 %); у *T.aestivum* Харківська 26 за вологості 7 % – довжини первинних корінців (-9,9), за всіх трьох рівнів вологості – довжини первинних листків (від -5,9 до -9,7) (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 Індекси впливу прискороного старіння за методом 2 на показники схожості, морфометричні характеристики та антиоксидантну активність насіння зразків пшениці

| Зразок<br>(вид, сорт)       | Індекс впливу (%) на показники насіння: |       |      |            |       |       |
|-----------------------------|---|-------|------|------------|-------|-------|
|                             | W %                                     | E %   | C %  | довжина см |       | AA, % |
|                             |   |       |      | К          | П     |       |
| T.monococcum<br>UA0300439   | 5                                       | -13,3 | -9,0 | -48,3      | -17,4 | 0,5   |
|                             | 6                                       | -1,0  | -1,0 | 19,0       | 8,0   | 1,8   |
|                             | 7                                       | 0,0   | 0,0  | -2,3       | 4,3   | 5,5   |
| T.sinskajae<br>UA0300224    | 5                                       | 6,6   | 4,2  | -17,2      | 8,0   | -3,0  |
|                             | 6                                       | 8,8   | 5,3  | 27,7       | 33,7  | -0,3  |
|                             | 7                                       | 7,7   | 4,2  | 20,2       | -1,7  | 3,0   |
| T.dicoccum<br>Полба 3       | 5                                       | 7,6   | 4,2  | 16,8       | 10,6  | 2,1   |
|                             | 6                                       | -5,4  | -4,2 | 15,8       | 3,6   | -2,4  |
|                             | 7                                       | -14,1 | -1,0 | -3,0       | 2,2   | -0,5  |
| T.durum<br>Спадщина         | 5                                       | 7,3   | 14,1 | -17,0      | 29,5  | -2,1  |
|                             | 6                                       | 7,3   | 11,8 | 59,4       | 94,8  | 2,1   |
|                             | 7                                       | -2,4  | -2,4 | 11,5       | 81,7  | -18,3 |
| T.spelta<br>Frankenkorn     | 5                                       | -4,1  | -3,0 | 2,9        | 1,5   | -2,1  |
|                             | 6                                       | -6,2  | -4,0 | 1,7        | 6,2   | 4,0   |
|                             | 7                                       | -6,2  | -3,0 | 2,3        | 3,9   | -4,0  |
| T.aestivum<br>Харківська 26 | 5                                       | -1,1  | -1,0 | 5,2        | -5,9  | 0,2   |
|                             | 6                                       | 1,1   | -3,0 | 0,2        | -8,1  | -1,5  |
|                             | 7                                       | 4,2   | 1,0  | -9,9       | -9,7  | -0,7  |

Разом суттєве зниження показників мало місце у 13 випадках із 72, суттєве підвищення показників – у 26 випадках; в інших 32 випадках зміни були не суттєвими. Таким чином, майже у третині всіх випадків прискорене старіння за методом 2 спричиняло стимулюючий ефект на характеристики насіння пшениці. Це свідчить, що режим прискореного старіння за методом 2 є більш м'яким порівняно з методом 1.

Антиоксидантна активність насіння під дією прискореного старіння за методом 2 суттєво знизилась лише у пшениці твердої сорту Спадщина за вологості насіння 7 % ( $I = -18,3\%$ ). У 17 випадках із 18 АА не змінилась суттєво (див. табл. 4.6). Таким чином, більш м'який режим прискореного старіння порівняно з методом 1, як правило, не впливає на рівень АА насіння.

Розрахунок коефіцієнтів кореляції показав наступне (табл. 4.7). За всіх трьох рівнів вологості зерна АА у контролі (початкова) тісно позитивно корелює з АА після прискореного старіння за методом 2:  $r$  становить від 0,88 до 0,96. Суттєвий позитивний зв'язок має місце за вологості зерна 7 % між АА у контролі та після прискореного старіння з одного боку та схожістю насіння з другого боку:  $r$  становить відповідно 0,65 і 0,89.

Отже за більшого рівня вологості, тобто за більш жорсткого режиму, АА у більшій мірі детермінує схожість зерна.

Має місце суттєвий негативний зв'язок (або тенденція до нього) між ступенями зміни (що характеризуються індексами) енергії проростання, схожості та довжини листків у контролі та під дією прискореного старіння за всіх трьох рівнів вологості зерна з одного боку та АА після прискореного старіння з другого боку за вологості 5 % і 6 %:  $r$  становить від -0,62 до -0,87; між ступенем зміни (індексом) довжини листка та АА після прискореного старіння:  $r$  становить відповідно -0,64 та -0,85 (табл. 4.7). Можна заключити, що більш високий рівень АА сильніше протидіє змінам енергії проростання, схожості та довжини листків за нижчого рівня вологості, тобто за більш м'якого режиму. За вологості 7 % це має місце лише стосовно довжини листків.

Таблиця 4.7 Коефіцієнти кореляції АА з характеристиками насіння та їх індексами за прискороного старіння методом 2. 2014, 2016, 2017

| Характер величини                                | Показник насіння | АА за вологості насіння |                                |            |                                |            |                                |
|--|------------------|-------------------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|
|  |                  | 5 %                     |                                | 6 %        |                                | 7 %        |                                |
|  |                  | конт- роль              | після приско реного старін- ня | конт- роль | після приско реного старін- ня | конт- роль | після приско реного старін- ня |
| Абсолютна величина після прискоре- ного старіння | Е                | -0,08                   | -0,03                          | 0,11       | 0,08                           | 0,24       | 0,54                           |
|  | С                | -0,46                   | -0,39                          | 0,02       | 0,15                           | 0,65*      | 0,89*                          |
|  | К                | 0,24                    | 0,35                           | 0,13       | -0,01                          | 0,46       | 0,30                           |
|  | Л                | 0,48                    | 0,55                           | 0,14       | 0,19                           | 0,36       | -0,01                          |
|  | АА               | 0,96*                   | 1,00                           | 0,91*      | 1,00                           | 0,88*      | 1,00                           |
| Індекс впливу                                    | Е                | -0,71*                  | -0,62*                         | -0,81*     | -0,73*                         | -0,38      | -0,01                          |
|  | С                | -0,87*                  | -0,79*                         | -0,82*     | -0,62*                         | -0,17      | 0,32                           |
|  | К                | -0,11                   | -0,02                          | -0,67*     | -0,52                          | -0,55      | -0,40                          |
|  | Л                | -0,77*                  | -0,73*                         | -0,76*     | -0,53                          | -0,64*     | -0,85*                         |

\* коефіцієнт достовірний за  $p=0,05$

Індекси зміни АА позитивно корелюють з енергією проростання, схожістю та рівнем АА у контролі за вологості 7 % ( $r$  становить відповідно 0,81, 0, 83 та 0,69); з цими ж показниками за тієї ж вологості після прискороного старіння (0,66, 0,94 та 0,95). Це підтверджує більшу роль АА у визначенні схожості насіння сааме за більш жорсткого режиму вологості (7 %).

На підставі одержаних результатів можна зробити заключення стосовно ролі АА у довговічності насіння.

Довговічність насіння обумовлена головним чином вихідною активністю антиоксидантів у насінні, а не активною реакцією насіння шляхом зміни цієї активності під дією негативних чинників. Це дає можливість певною мірою прогнозувати довговічність насіння за рівнем антиоксидантної активності.

Разом з цим, у вихідного насіння, що не піддавалось дії прискореного старіння, антиоксидантна активність є механізмом протидії зниженню енергії проростання та схожості: у зразків з низьким рівнем цих показників АА частіше підвищена, і навпаки, у зразків з більш високими показниками схожості рівень АА частіше порівняно знижений. Хоча, ця залежність не однозначна, що, як можна припустити, пов'язано з генотиповою обумовленістю АА.

Серед вивчених зразків антиоксидантна активність однозернянок – диплоїдів ( $2n=14$ ) була в усіх варіантах дослідження нижчою, ніж поліплоїдних видів пшениці, причому у мутантної форми з полегшеним вимолотом зерна *T.sinskajae* вона помітно нижче, ніж у природної форми *T.monococcum*.

#### Висновки до розділу 4

1. Під дією прискореного старіння за методом 1 насіння вивчених зразків знизило у порівнянні з контролем показники схожості та АА. Рівень АА у контролі позитивно пов'язаний з цим показником після прискореного старіння за цим методом:  $r=0,82$ . Ранжування вивчених зразків за рівнем АА, встановлене у контролі, зберігається після прискореного старіння за обома методами.

2. Антиоксидантна активність (АА) насіння однозернянок – *T.sinskajae* та *T.monococcum* була в усіх варіантах дослідження нижчою, ніж

поліплоїдних видів пшениці, причому у *T.sinskajae* вона нижче, ніж у *T.monococcum*.

3. Спостерігається достовірний негативний зв'язок між рівнем АА у контролі та після прискореного старіння з одного боку й індексами довжини первинного корінця і первинного листка під дією прискореного старіння:  $r$  становить відповідно -0,59 і -0,77; -0,85 і -0,97; достовірний негативний зв'язок між індексом АА з одного боку та енергією проростання і схожістю після прискореного старіння:  $r$  становить відповідно -0,85 і -0,90. Таким чином, більш високий рівень АА протидіє змінам характеристик насіння під дією прискореного старіння, отже зумовлює більш високий фізіологічний гомеостаз насіння зразків видів пшениці.

4. Прискорене старіння за методом 2 обумовлювало зростання АА при підвищенні рівня вологості від 5 % до 7 % у представників диплоїдних видів пшениці *T.monococcum* і *T.sinskajae*. У поліплоїдних видів за вологості насіння 7 % АА або практично не змінюється (*T.aestivum* Харківська 26), або зменшується (*T.dicoccum*, *T.durum* Спадщина, *T.spelta* Frankenkorn).

Основні результати даного розділу опубліковані в працях [154, 178-180].

## РОЗДІЛ 5

### ДОВГОВІЧНІСТЬ НАСІННЯ ЗРАЗКІВ ВИДІВ ПШЕНИЦІ В УМОВАХ ПРОМОРОЖУВАННЯ

Міжнародними стандартами генних банків на підставі численних досліджень рекомендовано здійснювати довготривале зберігання ортодоксального насіння за від'ємної температури  $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Такий режим витримується у Національному сховищі насіння зразків генофонду рослин України [12,29,128,169].

Дослідами на насіння 2014, 2016, 2017 рр. було встановлено здатність проморожування насіння з пониженими енергією проростання та схожістю за температури  $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  підвищувати ці показники [12,164,169].

У наших дослідях вплив проморожування насіння на енергію проростання та схожість насіння (для плівчастих – звільненого від лусок) вивчених зразків був у переважній більшості випадків несуттєвим: індекси становили від  $-0,3\%$  до  $0,5\%$ . Суттєве збільшення цих показників відмічено у *T.durum* Спадщина: індекс енергії проростання становив  $7,2\%$ , індекс схожості  $5,9\%$  при тому, що насіння цього зразка мало найнижчі вихідні показники серед вивчених зразків: енергія проростання  $91,3\%$ , схожість  $93,3\%$  (табл. 5.1, 5.2). Суттєве зменшення показників спостерігалось у насіння плівчастих зразків з невидаленими лусками: *T.spelta* – енергії проростання (індекс  $-34,6\%$ ) та схожості ( $-20,1\%$ ), Полби 3 (відповідно  $-46,1\%$  та  $-6,8\%$ , *T.monococcum* (індекс енергії проростання  $-19,1\%$ ).

У генетично близьких голозерних видів: *T. sinskajae* A.Filat. et Kurk, *T.dicoccum* (Schrank) Schuebl. Голіковська, *T. aestivum* L. Харківська 26 проморожування практично не впливало на енергію проростання та схожість [37,120,121,181,186-187].

Видалення лусок, як правило, позитивно вплинуло на енергію проростання та схожість насіння більшості зразків як у контрольному

варіанті, так і за умов проморожування, причому у варіанті з проморожуванням сильніше, ніж у контролі: індекси становили відповідно від 7,1 до 86,8 і від –0,3 до 28,4 (табл. 5.6). Слабким або відсутнім був вплив видалення лусок на енергію проростання та схожість у контролі у Полби 3 та спельти Frankenkorn. Незначними були відмінності у контролі за обома показниками між насінням генетично близьких голозерних видів і невимолоченим насінням плівчастих зразків у полби (Голіковська – Полба 3) та гексаплоїдів (Харківська 26 – T.spelta Frankenkorn).

Таблиця 5.1 Енергія проростання та схожість насіння зразків пшениці у досліді з проморожуванням, 2014, 2016, 2017 рр. %

| Зразок   |                 | Контроль |       | Проморожування |       |
|--|-----------------|----------|-------|----------------|-------|
| Вид, назва   | наявність лусок | Е        | С     | Е              | С     |
| T.monococcum<br>UA0300439                              | наявні          | 77,3     | 86,7  | 62,3           | 86,7  |
|  | відсутні        | 99,3     | 100,0 | 99,0           | 100,0 |
| T. sinskajaе<br>UA0300224                              | відсутні        | 94,7     | 97,0  | 94,7           | 97,3  |
| T.dicoccum<br>Полба 3                                  | наявні          | 94,0     | 97,0  | 51,3           | 90,0  |
|  | відсутні        | 97,3     | 98,7  | 95,9           | 99,1  |
| T.dicoccum<br>Голіковська                              | відсутні        | 95,3     | 96,7  | 94,0           | 96,3  |
| T.durum  | відсутні        | 91,3     | 93,3  | 97,3           | 98,3  |
| T.spelta<br>Frankenkorn                                | наявні          | 92,0     | 97,3  | 60,3           | 77,7  |
|  | відсутні        | 98,0     | 100,0 | 95,0           | 98,7  |
| T.aestivum<br>Харківська 26                            | відсутні        | 96,7     | 99,0  | 96,3           | 98,3  |
| НІР <sub>05</sub> для: зразків                         |                 | 2,4      | 1,6   | 0,5            | 1,0   |
| НІР <sub>05</sub> для: методів впливу                  |                 | 2,0      | 1,3   | 0,4            | 0,8   |
| НІР <sub>05</sub> для: взаємодії зразок – метод впливу |                 | 5,9      | 4,0   | 1,2            | 2,4   |

Таблиця 5.2 Індекси впливу проморожування на енергію проростання та схожість насіння зразків пшениці, *I* %, 2014, 2016, 2017 рр.

| Зразок                      |                 | Е     | С     |
|-----------------------------|-----------------|-------|-------|
| Вид, назва                  | наявність лусок |       |       |
| T.monococcum<br>UA0300439   | Наявні          | -19,1 | 0,6   |
|                             | Відсутні        | -0,3  | 0,0   |
| T. sinskajae<br>UA0300224   | Відсутні        | 0,1   | 0,4   |
| T.dicoccum<br>Полба 3       | Наявні          | -46,1 | -6,8  |
|                             | Відсутні        | -1,5  | 0,5   |
| T.dicoccum<br>Голіковська   | Відсутні        | -1,5  | -0,4  |
| T.durum Спадщина            | відсутні        | 7,2   | 5,9   |
| T.spelta<br>Frankenkorn     | Наявні          | -34,6 | -20,1 |
|                             | Відсутні        | 0,0   | -0,3  |
| T.aestivum<br>Харківська 26 | Відсутні        | -0,3  | -0,7  |

Вплив проморожування на довжину первинних корінців і листків був у всіх випадках позитивним (табл. 5.4, 5.5) [22,27,152,162,165,166].

Видалення лусок негативно вплинуло на довжину первинних корінців і листків у T.dicoccum Полба 3, слабким позитивним або відсутнім був вплив у T.monococcum і T.spelta. Так само, негативним був індекс при порівнянні насіння голозерної полби Голіковська з невимолоченим насінням Полби 3. При порівнянні проростків з зерен генетично близьких голозерних видів і проростків з невимолочених зерен півчастих видів у парах диплоїдних видів T. sinskajae – T.monococcum і T.aestivum – T.spelta відсутність лусок позитивно впливала на морфометричні характеристики. Отже, у полби за морфометричними характеристиками проростків, на відміну від ди- і гексаплоїдних видів, перевагу має невимолочене зерно.

Таблиця 5.3 Індекси впливу видалення лусок на енергію проростання та схожість насіння зразків пшениці за проморожування,  $I_n$  %, 2014, 2016, 2017 рр.

| Вид, назва зразка                                     |                               | Контроль |      | Проморожування |      |
|---|-------------------------------|----------|------|----------------|------|
| Луски відсутні або зразок голозерний $\overline{X}_3$ | луски наявні $\overline{X}_4$ | Е        | С    | Е              | С    |
| порівняння в межах одного зразка                      |                               |          |      |                |      |
| T.monococcum<br>UA0300439                             | T.monococcum<br>UA0300439     | 28,4     | 15,4 | 58,8           | 15,4 |
| T.dicoccum<br>Полба 3                                 | T.dicoccum<br>Полба 3         | 3,5      | 1,7  | 86,8           | 10,1 |
| T.spelta<br>Frankenkorn                               | T.spelta<br>Frankenkorn       | 6,5      | 2,7  | 57,5           | 27,0 |
| порівняння голозерних зразків з півчастими            |                               |          |      |                |      |
| T. sinskajae<br>UA0300224                             | T.monococcum<br>UA0300439     | 22,4     | 11,9 | 51,9           | 12,3 |
| T.dicoccum<br>Голіковська                             | T.dicoccum<br>Полба 3         | 1,4      | -0,3 | 83,1           | 7,0  |
| T.aestivum<br>Харківська 26                           | T.spelta<br>Frankenkorn       | 5,1      | 1,7  | 59,7           | 26,6 |

Антиоксидантна активність насіння (АА) як у контролі, так і у варіанті з проморожуванням була порівняно високою у T.monococcum (відповідно 43,3 % і 44,8 %), найменшою – у T.dicoccum Голіковська (37,7 % і 36,3 %). Проморожування у невеликій мірі підвищує АА у більшості зразків (індекси

від 2,5 % до 7,7 %), за виключенням *T.dicocum* Голіковська (-3,5 %) і *T.spelta* Frankenkorn (-5,8 %) (табл. 5.7).

Таблиця 5.4 Довжина первинних корінців і листків з насіння зразків пшениці у досліді з проморожуванням. 2014, 2016, 2017 рр. см

| Зразок   |                 | Контроль |      | Проморожування |      |
|--|-----------------|----------|------|----------------|------|
| вид, назва   | наявність лусок | К        | Л    | К              | Л    |
| <i>T.monococum</i><br>UA0300439                        | Наявні          | 12,8     | 13,4 | 13,4           | 14,9 |
|  | Відсутні        | 12,8     | 13,9 | 13,7           | 15,7 |
| <i>T. sinskajae</i><br>UA0300224                       | Відсутні        | 12,4     | 11,3 | 15,1           | 15,1 |
| <i>T.dicocum</i><br>Полба 3                            | Наявні          | 17,5     | 14,4 | 19,4           | 17,6 |
|  | Відсутні        | 16,2     | 13,1 | 17,7           | 15,4 |
| <i>T.dicocum</i><br>Голіковська                        | Відсутні        | 13,8     | 11,1 | 15,7           | 12,1 |
| <i>T.durum</i><br>Спадщина                             | Відсутні        | 14,0     | 10,8 | 16,7           | 13,8 |
| <i>T.spelta</i><br>Frankenkorn                         | Наявні          | 14,9     | 11,8 | 15,7           | 13,6 |
|  | Відсутні        | 14,8     | 12,0 | 16,6           | 14,0 |
| <i>T.aestivum</i><br>Харківська 26                     | Відсутні        | 15,0     | 9,7  | 16,5           | 11,4 |
| НІР <sub>05</sub> для: зразків                         |                 | 0,5      | 1,0  | 0,5            | 1,0  |
| НІР <sub>05</sub> для: методів впливу                  |                 | 0,4      | 0,8  | 0,4            | 0,8  |
| НІР <sub>05</sub> для: взаємодії зразок – метод впливу |                 | 1,2      | 2,4  | 1,2            | 2,4  |

Енергія проростання та схожість у контролі негативно корелюють з індексами цих показників, а також довжини первинних корінців і листків,

отже з ступенем їх зміни під впливом проморожування:  $r$  становить від -0,61 до -0,84 (табл. 5.8). Отже, більш потужне насіння є більш стійким до змін під впливом проморожування.

Таблиця 5.5 Індекси впливу проморожування на довжину первинних корінців і проростків з насіння зразків пшениці,  $I$  %, 2014, 2016, 2017 рр.

| Зразок                   |                 | $I$ % |      |
|--------------------------|-----------------|-------|------|
| вид, назва               | наявність лусок | К     | Л    |
| T.monococcum UA0300439   | наявні          | 5,4   | 11,2 |
|                          | відсутні        | 7,7   | 12,9 |
| T. sinskajae UA0300224   | відсутні        | 21,7  | 33,9 |
| T.dicoccum Полба 3       | наявні          | 10,7  | 22,0 |
|                          | відсутні        | 9,1   | 17,1 |
| T.dicoccum Голіковська   | відсутні        | 13,2  | 8,7  |
| T.durum Спадщина         | відсутні        | 19,0  | 27,0 |
| T.spelta Frankenkorn     | наявні          | 5,4   | 15,7 |
|                          | відсутні        | 12,5  | 16,4 |
| T.aestivum Харківська 26 | відсутні        | 10,1  | 17,2 |

АА насіння у контролі позитивно корелювала зі схожістю насіння у варіанті проморожування ( $r=0,82$ ) і у меншій мірі з довжиною первинного листка у цьому ж варіанті ( $r=0,57$ ). Це дозволяє певним чином прогнозувати стан насіння після проморожування за вихідним рівнем АА. [143,149,150,174,182–185]. З іншого боку, АА насіння у варіанті проморожування позитивно корелює зі схожістю та довжиною первинного

листка у цьому варіанті ( $r$  становить відповідно 0,75 і 0,70). У той же час, кореляція АА з індексами цих ознак несуттєва [161,163]. Отже АА є чинником витривалості насіння до проморожування [186-187].

Таблиця 5.6 Індеси впливу видалення лусок на довжину первинних корінців і проростків з насіння зразків пшениці за проморожування,  $I_n$  %, 2014, 2016, 2017 рр.

| Вид, назва зразка                                   |                             | Контроль |       | Проморожування |       |
|---|-----------------------------|----------|-------|----------------|-------|
| луски відсутні або зразок голозерний<br>$\bar{X}_3$ | луски наявні<br>$\bar{X}_4$ | К        | Л     | К              | Л     |
| порівняння в межах одного зразка                    |                             |          |       |                |       |
| Т.monococcum<br>UA0300439                           | Т.monococcum<br>UA0300439   | 0,0      | 4,2   | 2,2            | 5,4   |
| Т.dicoccum<br>Полба 3                               | Т.dicoccum<br>Полба 3       | -7,3     | -8,8  | -7,7           | -11,7 |
| Т.spelta<br>Frankenkorn                             | Т.spelta<br>Frankenkorn     | -0,8     | 1,6   | 12,0           | 6,6   |
| порівняння голозерних зразків з півчастими          |                             |          |       |                |       |
| Т. sinskajae<br>UA0300224                           | Т.monococcum<br>UA0300439   | 2,2      | 5,8   | 43,9           | 15,2  |
| Т.dicoccum<br>Голіковська                           | Т.dicoccum<br>Полба 3       | -8,6     | -12,4 | -14,9          | -22,1 |
| Т.astivum<br>Харківська 26                          | Т.spelta<br>Frankenkorn     | 6,0      | 2,3   | 134,0          | 4,6   |

Таблиця 5.7 Антиоксидантна активність насіння зразків пшениці та вплив на неї проморожування

| Вид, назва зразка          | Антиоксидантна активність, % |                |         |
|----------------------------|------------------------------|----------------|---------|
|                            | контроль                     | проморожування | індекси |
| T.monococcum<br>UA0300439  | 43,3                         | 44,8           | 3,6     |
| T. sinskajae<br>UA0300224  | 39,4                         | 42,4           | 7,7     |
| T.dicoccum<br>Полба 3      | 41,9                         | 43,0           | 2,8     |
| T.dicoccum<br>Голиковська  | 37,7                         | 36,3           | -3,5    |
| T.durum<br>Спадщина        | 37,7                         | 38,6           | 2,5     |
| T.spelta<br>Frankenkorn    | 42,2                         | 39,7           | -5,8    |
| T.astivum<br>Харківська 26 | 40,1                         | 41,2           | 2,8     |

Таблиця 5.8 Коефіцієнти парної кореляції між характеристиками насіння та проростків у досліді з проморожуванням.  
2014, 2016, 2017 рр.

| Варіант, показник         |                | Проморожування |       |                   |       | Індекс впливу |        |                   |        | Антиоксидантна активність |              |        |
|---------------------------|----------------|----------------|-------|-------------------|-------|---------------|--------|-------------------|--------|---------------------------|--------------|--------|
|                           |                | Е              | С     | довжина первинних |       | Е             | С      | довжина первинних |        |                           |              |        |
|                           |                |                |       | К                 | Л     |               |        | К                 | Л      | контроль                  | проморожуван | індекс |
| Контроль                  | Е              | 0,18           | 0,53  | -0,27             | 0,26  | -0,77*        | -0,79* | -0,77*            | -0,70* | 0,88*                     | 0,56         | -0,25  |
|                           | С              | 0,09           | 0,48  | -0,19             | 0,18  | -0,77*        | -0,84* | -0,68*            | -0,61* | 0,86*                     | 0,55         | -0,24  |
|                           | К              | -0,15          | 0,19  | 0,88*             | -0,23 | -0,15         | -0,06  | -0,43             | -0,22  | 0,15                      | -0,11        | -0,33  |
|                           | Л              | 0,42           | 0,64* | -0,31             | 0,83* | -0,29         | -0,16  | -0,45             | -0,27  | 0,74*                     | 0,61*        | 0,02   |
| Проморожування            | Е              | 1,00*          | 0,81  | -0,36             | 0,37  | 0,37          | 0,34   | -0,39             | 0,05   | 0,43                      | 0,57*        | 0,38   |
|                           | С              |                | 1,00* | -0,08             | 0,56  | 0,06          | 0,05   | -0,53             | -0,03  | 0,82*                     | 0,75*        | 0,19   |
|                           | К              |                |       | 1,00*             | -0,26 | 0,15          | 0,23   | 0,04              | 0,18   | -0,19                     | -0,33        | -0,23  |
|                           | Л              |                |       |                   | 1,00* | -0,01         | 0,12   | 0,00              | 0,26   | 0,57*                     | 0,70*        | 0,40   |
| Індекс впливу             | Е              |                |       |                   |       | 1,00*         | 0,96*  | 0,57*             | 0,76*  | -0,46                     | -0,27        | 0,20   |
|                           | С              |                |       |                   |       |               | 1,00*  | 0,52              | 0,72*  | -0,47                     | -0,24        | 0,26   |
|                           | К              |                |       |                   |       |               |        | 1,00*             | 0,82*  | -0,62*                    | -0,4         | 0,16   |
|                           | Л              |                |       |                   |       |               |        |                   | 1,00*  | -0,33                     | 0,01         | 0,47   |
| Антиоксидантна активність | контроль       |                |       |                   |       |               |        |                   |        | 1,00*                     | 0,77*        | -0,04  |
|                           | проморожування |                |       |                   |       |               |        |                   |        |                           | 1,00*        | 0,61*  |
|                           | індекс         |                |       |                   |       |               |        |                   |        |                           |              | 1,00*  |

\* коефіцієнт достовірний за  $p=0,05$

## Висновки до розділу 5.

На підставі одержаних результатів можна зробити заключення стосовно впливу проморожування на довговічність насіння .

1. Проморожування насіння у більшості випадків суттєво не впливає на енергію проростання та схожість насіння, позбавленого лусок, за умови його високої схожості. У випадку значно знижених енергії проростання та схожості проморожування діє як стимулятор цих показників. Разом з цим, проморожування суттєво негативно впливає на обидва показники невимолочених зернівок. Вимолот зернівок більш значно впливав на енергію проростання насіння, ніж на схожість, як у контролі, так і у варіанті проморожування.

2. Проморожування позитивно впливає на довжину первинних корінців і листків у проростків з насіння як з невидаленими лусками, так і звільненого від них: збільшення становило 5,4-33,9 %. Видалення лусок з зернівок у *T. monococcum* та *T. spelta* Frankenkorn обумовило невеликий позитивний вплив проморожування на довжину корінців і листків порівняно з невимолоченими зернівками (збільшення відповідно на 2,2 % і 5,4 % та на 12,0 % і 6,6 %), у *T. dicoccum* Полба 3 – суттєвий негативний вплив (зменшення відповідно на 7,7 % і на 11,7 %.)

3. Насіння голозерних видів пшениці, генетично близьких до плівчастих, при порівнянні з невимолоченим насінням плівчастих видів має показники схожості та довговічності аналогічні вимолоченому насінню цих видів.

4. Більш потужне насіння – те, що у контрольному варіанті має більш високі показники енергії проростання, схожості, довжини первинних корінців і листків – є більш стійким до зміни цих показників під впливом проморожування.

5. Проморожування у невеликій мірі підвищує антиоксидантну активність насіння більшості зразків (індекси від 2,5 % до 7,7 %) і слабо знижає у *T.dicocum* Голіковська (–3,5 %) і *T.spelta* Frankenkorn (–5,8 %).

6. Ранжування вивчених зразків за рівнем АА, встановлене у контролі, зберігається після проморожування.

7. АА є чинником витривалості насіння до проморожування за показниками схожості та довжини первинного листка.

8. Позитивна кореляція АА насіння у контролі зі схожістю насіння ( $r=0,82$ ) та довжиною первинного листка ( $r=0,57$ ) у варіанті проморожування дозволяє певним чином прогнозувати стан насіння після проморожування за вихідним рівнем АА.

Основні результати даного розділу опубліковані в працях [186,187].

## РОЗДІЛ 6

### ДОВГОВІЧНІСТЬ НАСІННЯ ФОРМ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ З ФІОЛЕТОВИМ І ВОСКОВИДНИМ ЗЕРНОМ

Форми пшениці м'якої з зерном фіолетового забарвлення (purple) та з восковидним ендоспермом (waxy) є перспективними з точки зору виготовлення продуктів здорового харчування, у т.ч. хлібобулочних, макаронних тощо [188,189]. Це зумовлює зростання на даний час і у перспективі виробництва зерна таких форм, що, у свою чергу, зумовлює розвиток їх селекції та насінництва. У зв'язку з цим набуває значення Установлення довговічності їх насіння для його зберігання у виробництві та у колекціях генбанків. Але це питання вивчено дуже мало [190].

Форми пшениці з антоціановим забарвленням зерна є джерелом мікронутрієнтів, що мають високу біологічну цінність і є необхідними для повноцінного харчування. Антоціанове забарвлення обумовлено антоціанинами, які є природними водорозчинними флавоноїдами виключно рослинного походження і характеризуються антиоксидантною активністю [191–194].

Пшеничне зерно, що має високий вміст амілопектину, є цінним для виробництва модифікованих харчових крохмалів, високоякісної локшини, страв із пророслих пшеничних зерен та інших виробів. Борошно з восковидних пшениць використовується для подовження терміну зберігання хлібобулочних виробів без додавання пшеничного глютену [195,196].

Стосовно довговічності насіння обох категорій форм пшениці, літературні дані дуже обмежені. Вважається, що підвищений вміст антоціанів у зерні фіолетовозерних пшениць зумовлює його високу антиоксидантну активність, завдяки чому підвищує загальну стресостійкість і подовжує довговічність [172,180,197].

Проведено дослідження фізіологічних і генетичних основ довговічності насіння пшениці м'якої. Зокрема, в останні роки встановлено локуси кількісних ознак (QTL), що контролюють довговічність насіння, і їх локалізацію у геномі [198,199], негативна роль високого рівня ліпоксигеназної активності [200] і позитивна – білків стресостійкості [201], відмінності між формами з твердо- і м'якозерним ендоспермом [154,202].

Як метод експрес-оцінки довговічності насіння за тривалого зберігання розроблено метод прискореного старіння і доведено його адекватність [22,23,152,203,204]. Прискорене старіння насіння знижує активність антиоксидантних ферментів, але збільшує активність малодіальдегіду, вчиняє значні ушкодження мітохондрій: набряклу форму з меншими кристами, що розглядається як основна причина старіння насіння. При цьому активність антиоксидантних ферментів є ключовим чинником для репарації пошкодження та інгібування перекисного окислення ліпідів, і це призводить до збереження цілісності клітинних мембран у насіння пшениці [205].

При тому, що для пшениці м'якої вивчено різні аспекти довговічності насіння, ці питання дуже мало вивчались для форм з зерном фіолетового забарвлення та з восковидним ендоспермом, які характеризуються суттєвими фізіолого-біохімічними особливостями. Зокрема, встановлено вплив прискореного старіння на фізіолого-біохімічні характеристики мутантів з восковидним зерном у порівнянні з невосковидними формами. Зокрема, активність пероксидази, каталази та супероксиддисмутази зростала за більш м'яких режимів прискореного старіння та знижалась за більш жорстких режимів. Вміст же розчинного білка зі зростанням напруженості режиму прискореного старіння спочатку зростав, а потім знижався [206]. Що стосується фіолетовозерних форм, то антоціанова активність априорі вважається чинником високої довговічності, спеціально ж це питання не вивчалось. Все це свідчить про доцільність більш поглибленого вивчення даної проблеми.

Метою дослідження було оцінити довговічність зразків пшениці з фіолетовим і восковидним зерном у довгостроковому зберіганні.

Матеріалом для досліджень було насіння зразків пшениці з Національного генбанку рослин України з фіолетовим зерном: Чорноброва (Україна, озимий), IR 00413S та IR 00416S (Чехія, ярі); з восковидним ендоспермом: IU070418, IU070419, IU070421, UA0108454 (США, озимі). Для порівняння аналізували насіння стандартних сортів пшениці м'якої українського походження: Харківська 26 (ярий), Подолянка та Бунчук (озимі). Методи та умови дослідження описано у розділі 2.

За середніми даними 2014–2017 рр., вихідні показники енергії проростання та схожості насіння малопоширених форм пшениці м'якої були високими – понад 90 % (табл. 6.1).

Найнижчою енергією проростання насіння (93 %) характеризуються Харківська 26 і PI619376, найвищою (100 %) – IR 00413S та IR 00416S. Подібно цьому, схожість насіння становила від 96 % (PI619376) та 97 % (Харківська 26) до 100 % (IR 00413S та IR 00416S).

Прискорене старіння за методом 1 обумовило зниження енергії проростання на 7,5–39,4 %, схожості – на 8,3–30,3 % (табл. 6.1). Антиоксидантна активність зменшилась майже у всіх зразків на 1,0–16,3 %. Виключенням є сорт пшениці м'якої озимої з темно-фіолетовим зерном Чорноброва, у якого вона підвищилась на 14,9 %. Зниження енергії проростання у ярих зразків – Харківська 26, IR 00413S та IR 00416S – оцінювалось індексами відповідно від -19,4 % до -25,0 %; схожості – від -14,0 % до -15,5 %. Причому зразки з фіолетовим зерном показали більш сильне зниження енергії проростання, ніж стандартний сорт Харківська 26; різниця у схожості несуттєва.

У озимих зразків розмах індексів впливу прискореного старіння на енергію проростання та схожість, як і верхні пороги обох показників, значно вищі, ніж у ярих зразків. Зниження енергії проростання п'яти із семи озимих зразків оцінювалось індексами від -30,3 % до -39,4 %, схожості – від -20,2 % до -30,3 %.

У двох зразків з восковидним зерном – РІ619376 та РІ619379 зниження показників було або значно меншим, ніж навіть у ярих зразків, або близьким до них (енергія проростання у РІ619379). Отже насіння цих двох зразків є найбільш довговічним з випробуваного набору зразків пшениці м'якої.

Таблиця 6.1 Енергія проростання, схожість, антиоксидантна активність насіння малопоширених форм пшениці у контрольному варіанті та після прискореного старіння методом 1, 2014, 2016, 2017 рр.,%

| Назва зразка                                      | Контроль |     |      | Прискорене старіння методом 1 |          |           |          |           |          |
|---|----------|-----|------|-------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|   | Е        | С   | АА   | Е                             |          | С         |          | АА        |          |
|   |          |     |      | $\bar{x}$                     | <i>I</i> | $\bar{x}$ | <i>I</i> | $\bar{x}$ | <i>I</i> |
| Харківська 26                                     | 93       | 97  | 40,1 | 75                            | -19,4    | 82        | -15,5    | 36,9      | -8,0     |
| Подільянка  | 99       | 99  | 34,8 | 69                            | -30,3    | 79        | -20,2    | 32,9      | -5,5     |
| Бунчук  | 99       | 99  | 37,3 | 60                            | -39,4    | 69        | -30,3    | 34,1      | -8,6     |
| Чорноброва  | 98       | 99  | 35,6 | 68                            | -30,6    | 73        | -26,3    | 40,9      | 14,9     |
| IR 00413S   | 100      | 100 | 46,3 | 75                            | -25,0    | 86        | -14,0    | 39,7      | -14,3    |
| IR 00416S   | 100      | 100 | 45,9 | 77                            | -23,0    | 86        | -14,0    | 38,4      | -16,3    |
| РІ619376  | 93       | 96  | 47,4 | 86                            | -7,5     | 87        | -9,4     | 43,5      | -8,2     |
| РІ619377  | 97       | 99  | 40,5 | 65                            | -33,0    | 71        | -28,3    | 40,1      | -1,0     |
| РІ619379  | 93       | 96  | 42,7 | 75                            | -19,4    | 88        | -8,3     | 41,7      | -2,3     |
| РІ619381  | 100      | 100 | 40,9 | 68                            | -32,0    | 72        | -28,0    | 40,3      | -1,5     |
| НІР <sub>05</sub> для:зразкі                      | 2,0      | 1,0 | 0,1  | 2,0                           | –        | 1,0       | –        | 0,1       | –        |
| НІР <sub>05</sub> для:<br>методів впливу          | 1,5      | 0,8 | 0,1  | 1,5                           | –        | 0,8       | –        | 0,1       | –        |
| НІР <sub>05</sub> для:<br>зразок– метод<br>впливу | 4,9      | 2,5 | 0,1  | 4,9                           | –        | 2,5       | –        | 0,1       | –        |

Найменш довговічним є насіння стандартних сортів Подільянка та Бунчук, фіолетовозерного зразка Чорноброва, восковидних зразків РІ619377 та РІ619381. Решта зразків характеризуються проміжним рівнем довговічності.

Коефіцієнти парної кореляції між показниками енергії проростання, схожості та антиоксидантної активності у досліді з прискореним старінням за методом 1 свідчать про тісний позитивний зв'язок між антиоксидантною активністю у контролі з одного боку та енергією проростання і схожістю після впливу чинника та їх індексами з другого боку:  $r$  від 0,67 до 0,76 (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 Коефіцієнти кореляції між морфометричними показниками проростків і схожістю насінин у відповідних варіантах досліді

| Чинник              | Варіант досліді              |    | Довжина первинних |          |
|---------------------|------------------------------|----|-------------------|----------|
|                     |                              |    | корінців          | листіків |
| Прискорене старіння | метод 1                      |    | -0,12             | 0,21     |
|                     | метод 2 з вологістю насіння: | 5% | 0,61              | 0,50     |
|                     |                              | 6% | 0,63              | 0,36     |
|                     |                              | 7% | 0,30              | 0,36     |
| Проморожування      |                              |    | -0,48             | -0,70    |

Це дозволяє прогнозувати довговічність насіння зразків генетичного різноманіття пшениці м'якої за рівнем антиоксидантної активності у контролі.

Встановлено також від'ємний зв'язок між енергією проростання у контролі та її індексом ( $r = -0,69$ ). Отже, чим вище вихідна енергія проростання насіння, тим менше вона змінюється під впливом прискореного старіння, тобто тим вище фізіологічний гомеостаз насіння.

Прискорене старіння за методом 2 обумовило зниження енергії проростання насіння за всіх трьох рівнів вологості за виключенням чотирьох випадків із 30, коли зміна була у межах помилки досліді: Харківської 26 і РІ619377 за вологості 5 %, РІ619376 за 6 % і 7 %-ної вологості (табл. 6.3).

Схожість змінилась у меншому ступені, причому зміни були несуттєвими за вологості 5 % і 7 % – у 7 випадках із 10, за вологості 6 % – у двох випадках із 10 (табл. 6.4). За всіх рівнів вологості найслабшою була зміна схожості РІ619376; найсильнішою – у сорту Чорноброва; теж значною, але удвічі

Таблиця 6.3 Енергія проростання (Е %) та її індекси у насіння зразків пшениці м'якої після прискореного старіння методом 2 за різної вологості, 2014, 2016, 2017 рр.

| Назва зразка   | Вологість насіння |       |             |       |             |       |
|--|-------------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
|  | 5%                |       | 6%          |       | 7%          |       |
|  | $\bar{x}$ %       | I %   | $\bar{x}$ % | I %   | $\bar{x}$ % | I %   |
| Харківська 26  | 94                | 1,1   | 74          | -20,4 | 49          | -47,3 |
| Подільська   | 89                | -10,1 | 61          | -38,4 | 48          | -51,5 |
| Бунчук   | 72                | -27,3 | 72          | -27,3 | 48          | -51,5 |
| Чорнобрива   | 50                | -49,0 | 48          | -51,0 | 49          | -50,0 |
| IR 00413S  | 86                | -14,0 | 70          | -30,0 | 54          | -46,0 |
| IR 00416S  | 88                | -12,0 | 69          | -31,0 | 54          | -46,0 |
| PI619376   | 76                | -18,3 | 92          | -1,1  | 91          | -2,2  |
| PI619377   | 95                | -2,1  | 59          | -39,2 | 48          | -50,5 |
| PI619379   | 66                | -29,0 | 84          | -9,7  | 60          | -35,5 |
| PI619381   | 73                | -27,0 | 69          | -31,0 | 49          | -51,0 |
| НІР <sub>05</sub> для: зразків                       | 2,0               | –     | 2,0         | –     | 2,0         | –     |
| НІР <sub>05</sub> для: методів впливу                | 1,5               | –     | 1,5         | –     | 1,5         | –     |
| НІР <sub>05</sub> для: взаємодії зразок–метод впливу | 4,9               | –     | 4,9         | –     | 4,9         | –     |

слабшою – у сорту Бунчук. Насіння Харківської 26 не змінило схожості за 5 %-ної вологості і суттєво зменшило її за більш високих рівнів вологості, PI619379 зменшував реакцію з підвищенням вологості від 5 % до 7 %. У інших сортів значна негативна реакція на прискорене старіння спостерігалась за 6 % вологості і слабка – за 5 % і 7 %.

Отже в цілому режим прискореного старіння за вологості 6 % виявився найбільш напруженим порівняно з 5 % і 7 % і є більш придатним для тестування довговічності.

Таблиця 6.4 Схожість (С %), антиоксидантна активність та їх індекси у насіння зразків пшениці м'якої після прискороного старіння методом 2, 2014, 2016, 2017 рр.,%

| Назва зразка   | Вологість насіння, % |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |
|--|----------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|  | 5                    |          |           |          | 6         |          |           |          | 7         |          |           |          |
|  | С                    |          | АА        |          | С         |          | АА        |          | С         |          | АА        |          |
|  | $\bar{x}$            | <i>I</i> | $\bar{x}$ | <i>I</i> | $\bar{x}$ | <i>I</i> | $\bar{x}$ | <i>I</i> | $\bar{x}$ | <i>I</i> | $\bar{x}$ | <i>I</i> |
| Харківська 26  | 97                   | 0        | 40,2      | 0,2      | 76        | -21,6    | 39,5      | -1,5     | 75        | -22,7    | 39,8      | -0,7     |
| Подільянка   | 97                   | -2,0     | 36,5      | 4,9      | 65        | -34,3    | 35,5      | 2,0      | 99        | 0,0      | 36,6      | 5,2      |
| Бунчук   | 77                   | -22,2    | 38,9      | 4,3      | 75        | -24,2    | 37,0      | -0,8     | 78        | -21,2    | 38,5      | 3,2      |
| Чорноброва   | 52                   | -47,5    | 37,5      | 5,3      | 51        | -48,5    | 36,1      | 1,4      | 51        | -48,5    | 38,3      | 7,6      |
| IR 00413S  | 97                   | -3,0     | 38,1      | -17,7    | 73        | -27,0    | 38,3      | -17,3    | 92        | -8,0     | 38,1      | -17,7    |
| IR 00416S  | 96                   | -4,0     | 38,8      | -15,5    | 81        | -19,0    | 38,8      | -15,5    | 97        | -3,0     | 39,2      | -14,6    |
| PI619376   | 92                   | -4,2     | 46,3      | -2,3     | 95        | -1,0     | 48,6      | 2,5      | 97        | 1,0      | 46,8      | -1,3     |
| PI619377   | 99                   | 0,0      | 43,2      | 6,7      | 65        | -34,3    | 42,3      | 4,4      | 95        | -4,0     | 42,6      | 5,2      |
| PI619379   | 81                   | -15,6    | 44,9      | 5,2      | 88        | -8,3     | 43,9      | 2,8      | 95        | -1,0     | 44,4      | 4,0      |
| PI619381   | 95                   | -5,0     | 42,9      | 4,9      | 84        | -16,0    | 42,2      | 3,2      | 95        | -5,0     | 41,7      | 2,0      |
| НІР <sub>05</sub> для: зразків                               | 1,0                  |          | 0,1       |          | 1,0       |          | 0,1       |          | 1,0       |          | 0,1       |          |
| НІР <sub>05</sub> для:<br>методів впливу                     | 0,8                  |          | 0,1       |          | 0,8       |          | 0,1       |          | 0,8       |          | 0,1       |          |
| НІР <sub>05</sub> для:<br>взаємодії зразок –<br>метод впливу | 2,5                  |          | 0,1       |          | 2,5       |          | 0,1       |          | 2,5       |          | 0,1       |          |

Рівень антиоксидантної активності насіння був відносно вищим (від 42,3 % до 48,6 %) у зразків з восковидним зерном РІ619376, РІ619377, РІ619379, РІ619381; порівняно низьким (35,5 %–36,6 %) – у сорту Подолянка, у решти зразків він був проміжним.

Негативний вплив прискореного старіння на антиоксидантну активність за всіх трьох рівнів вологості мав місце у фіолетовозерних зразків IR 00413S та IR 00416S: відповідно від -17,3 % до -17,7 та від -14,6 до -15,5. У решти зразків зміни антиоксидантної активності були переважно слабкими позитивними або несуттєвими і становили від -2,3 % до 7,6 %. При цьому за всіх трьох рівнів вологості насіння тенденція до порівняно більшого зростання антиоксидантної активності спостерігалась у восковидних зразків РІ619377, РІ619379, РІ619381 та сорту Подолянка.

Розглядаючи зв'язок між характеристиками насіння у контрольному та дослідному варіантах, можна визначити, що АА у контролі позитивно пов'язана з енергією проростання у досліді за вологості зерна 5 % ( $r = 0,66$ ), з енергією проростання та схожістю за 6 % ( $r = 0,66$  та  $0,71$  відповідно); за 7 % зв'язок не суттєвий. За вологості 6 % і 7 % спостерігався від'ємний суттєвий зв'язок між енергією проростання та схожістю у контролі та АА у досліді, за 5 % зв'язок не суттєвий. В цілому можна вивести можливість прогнозувати за рівнем АА у контролі енергію проростання та схожість за більш м'яких режимів вологості 6 % і 7 % (див. табл. 6.3).

Також звертає на себе увагу від'ємний зв'язок між рівнями енергії проростання і схожості у контролі та АА наприкінці досліді за вологості 6 % і 7 %. Водночас, слід урахувати, що насіння з високими початковими показниками слабше реагує на прискорене старіння. Це можна пояснити, якщо розглядати АА як механізм активної протидії зниженню схожості насіння: більш сильне насіння у меншій мірі мобілізує цей механізм для протидії змінам.

Спостерігався майже функціональний позитивний зв'язок між енергією проростання та схожістю насіння з одного боку та їх індексами з другого

боку:  $r = 0,98-1,00$ , тобто те саме, що й за прискореного старіння методом 1.

За вологостей зерна 6 % і 7 % високою була кореляція між енергією проростання та антиоксидантною активністю наприкінці досліду, а за вологості 7 % – також між схожістю та антиоксидантною активністю:  $r = 0,74-0,76$ . Отже, за прискореного старіння методом 2 рівень антиоксидантної активності діагностує фізіологічний стан насіння: нижчій енергії проростання наприкінці досліду відповідає нижчий рівень антиоксидантної активності і навпаки, вищій енергії проростання – вищий рівень антиоксидантної активності.

Проморожування. Цей чинник обумовив у більшості випадків незначні зміни енергії проростання та схожості насіння: індекси впливу становили від -2,0 % до 1,0 %. Збільшення енергії проростання та схожості під впливом проморожування відмічено у восковидних зразків PI619376 та PI619379, сорту Харківська 26 (індекси від 2,1 % до 7,5 %) (табл. 6.5).

Таблиця 6.5 Енергія проростання, схожість, антиоксидантна активність та їх індекси у насіння зразків малопоширених форм пшениці після проморожування, 2014, 2016, 2017 рр.

| Назва зразка   | Енергія проростання |       | Схожість    |       | АА %        |       |
|--|---------------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
|  | $\bar{x}$ %         | $I$ % | $\bar{x}$ % | $I$ % | $\bar{x}$ % | $I$ % |
| Харківська 26  | 97                  | 4,3   | 99          | 2,1   | 41,2        | 2,7   |
| Подолянка  | 97                  | -2,0  | 99          | 0,0   | 32,7        | -6,0  |
| Бунчук   | 97                  | -2,0  | 98          | -1,0  | 34,5        | -7,5  |
| Чорноброва   | 96                  | -2,0  | 99          | 0,0   | 37,1        | 4,2   |
| IR 00413S  | 98                  | -2,0  | 98          | -2,0  | 41,7        | -9,9  |
| IR 00416S  | 98                  | -2,0  | 98          | -2,0  | 39,1        | -14,8 |
| PI619376   | 100                 | 7,5   | 100         | 4,2   | 43,4        | -8,4  |
| PI619377   | 98                  | 1,0   | 99          | 0,0   | 41,2        | 1,7   |
| PI619379   | 99                  | 6,5   | 99          | 3,1   | 41,1        | -3,7  |
| PI619381   | 98                  | -2,0  | 99          | -1,0  | 42,0        | 2,7   |
| НІР <sub>05</sub> для:<br>зразків                            | 2,0                 | –     | 1,0         | –     | 0,1         | –     |
| НІР <sub>05</sub> для:<br>методів впливу                     | 1,5                 | –     | 0,8         | –     | 0,1         | –     |
| НІР <sub>05</sub> для:<br>взаємодії зразок<br>– метод впливу | 4,9                 | –     | 2,5         | –     | 0,1         | –     |

Антиоксидантна активність під впливом проморожування змінювалась у значно більших межах: індекси становили від -14,8 % до 4,2 %.

Енергія проростання та схожість насіння у контрольному варіанті негативно пов'язані з цими показниками після проморожування ( $r$  відповідно -0,44 та -0,67) та особливо зі ступенем їх зміни (-0,96 та -0,97) (див. табл. 6.2). Отже, чим нижчим є початковий (у контролі) рівень енергії проростання та схожості насіння зразка, тим сильніше він зростає під впливом проморожування, що є проявом раніше встановленої закономірності [164,165].

Як і під впливом прискореного старіння, у цьому варіанті дослідження зберігається позитивна кореляція між енергією проростання та схожістю з одного боку та індексами їх зміни з другого, а також між енергією проростання та АА.

АА насіння у контролі, навпаки, позитивно пов'язана з енергією проростання та з АА після проморожування ( $r$ = відповідно 0,80 і 0,77); зв'язок зі схожістю відсутній ( $r=0,01$ ). Отже, за АА можна прогнозувати реакцію насіння на проморожування за енергією проростання.

Порівняння реакції насіння зразків пшениці м'якої на проморожування з реакцією на прискорене старіння методом 1 показує високі позитивні коефіцієнти кореляції між рівнями антиоксидантної активності ( $r=0,82$ ) та індексами її зміни ( $r=0,78$ ) за цих двох режимів.

Також суттєвими від 0,63 до 0,79 є коефіцієнти кореляції між рівнями енергії проростання та ступенями їх зміни за двох режимів. Таким чином, насіння зразків пшениці м'якої подібним чином реагує на такі різноманітні чинники як прискорене старіння та проморожування.

За реакцію на прискорене старіння методами 1 і 2 за всіх рівнів вологості найбільш довговічним виявилось насіння зразка восковидної пшениці РІ619376, найменш довговічними – фіолетовозерної Чорноброва, сорту Бунчук та восковидних РІ619377 і РІ619381.

Довжина первинних корінців з насіння зразків пшениці м'якої у контрольному варіанті у пшениці ярої фіолетовозерної IR 00416S була найбільшою – 23,1 см, у решти вивчених зразків вона становила від 10,2 до 16,4 см (табл. 6.6).

Таблиця 6.6 Довжина первинних корінців ( $x$ ) та її індекс ( $I$ ) у проростків з насіння зразків пшениці м'якої у контролі та за прискореного старіння методом 1, 2014, 2016, 2017 рр., см

| Назва зразка   | Контроль | Прискорене старіння |       |
|--|----------|---------------------|-------|
|  |          | $\bar{x}$           | $I$   |
| Харківська 26  | 15,1     | 16,0                | 4,6   |
| Подільянка   | 16,4     | 16,0                | -4,3  |
| Бунчук   | 15,9     | 15,0                | -8,2  |
| Чорноброва   | 14,8     | 16,0                | 6,1   |
| IR 00413S  | 12,5     | 15,0                | 20,0  |
| IR 00416S  | 23,1     | 16,0                | -31,0 |
| PI619376   | 10,2     | 12,0                | 18,6  |
| PI619377   | 13,2     | 16,0                | 22,0  |
| PI619379   | 14,5     | 16,0                | 11,0  |
| PI619381   | 13,2     | 15,0                | 9,8   |
| НІР <sub>05</sub> для: зразків                         | 0,2      | 0,2                 | –     |
| НІР <sub>05</sub> для: методів впливу                  | 0,2      | 0,2                 | –     |
| НІР <sub>05</sub> для: взаємодії зразок – метод впливу | 0,6      | 0,6                 | –     |

Прискорене старіння за методом 1 обумовило у семи зразків, тобто більшості, збільшення довжини корінців, лише у трьох – її зменшення, причому сильніше за всіх – саме у IR 00416S (індекс впливу становив -31,0 %); у сортів Подільянка і Бунчук (відповідно -4,3 та -8,2).

Прискорене старіння за методом 2, навпаки, у переважній більшості випадків – 28 із 30 – обумовило зменшення показника за всіх трьох рівнів вологості зерна, причому особливо значне – у ярого зразка IR 00416S, озимого сорта Чорноброва (обидва фіолетовозерні), а за вологостей 6 % і 7%: індекси

впливу від -43,0 % до -72,0 %. Зростання довжини корінців мало місце у восковидного РІ619376 за вологостей 6 % ( $I= 6,9$  %) і 7 % ( $I= 26,5$  %). Практично у всіх інших зразків довжина первинних корінців зменшувалась з підвищенням вологості насіння від 5 % до 7 % (табл. 6.7).

Таблиця 6.7 Довжина первинних корінців ( $x$ ) та її індекс ( $I$ ) у проростків з насіння зразків пшениці м'якої у варіантах з прискореним старінням методом 2 та проморожуванням, 2014, 2016, 2017 рр., см

| Назва зразка                                    | Прискорене старіння за вологості |       |      |       |      |       | Проморожування |       |
|---|----------------------------------|-------|------|-------|------|-------|----------------|-------|
|   | 5%                               |       | 6%   |       | 7%   |       | $x$            | $I$   |
|   | $x$                              | $I$   | $x$  | $I$   | $x$  | $I$   |                |       |
| Харківська 26                                   | 14,0                             | -8,6  | 11,0 | -26,0 | 7,4  | -51,0 | 16,0           | 4,0   |
| Подільянка                                      | 14,0                             | -17,0 | 9,2  | -44,0 | 7,5  | -54,0 | 16,0           | -1,2  |
| Бунчук  | 14,0                             | -10,0 | 13,0 | -16,0 | 8,8  | -45,0 | 16,0           | 1,9   |
| Чорноброва                                      | 7,6                              | -49,0 | 8,4  | -43,0 | 6,8  | -54,0 | 16,0           | 8,1   |
| IR 00413S                                       | 12,0                             | -4,8  | 11,0 | -14,0 | 7,3  | -42,0 | 15,0           | 20,8  |
| IR 00416S                                       | 13,0                             | -45,0 | 11,0 | -52,0 | 6,5  | -72,0 | 15,0           | -37,0 |
| РІ619376  | 9,4                              | -7,8  | 11,0 | 6,9   | 13,0 | 26,5  | 11,0           | 8,8   |
| РІ619377  | 13,0                             | -4,5  | 8,7  | -34,0 | 8,0  | -39,0 | 16,0           | 19,7  |
| РІ619379  | 11,0                             | -21,0 | 13,0 | -14,0 | 10,0 | -29,0 | 17,0           | 13,8  |
| РІ619381  | 12,0                             | -12,0 | 10,0 | -24,0 | 7,3  | -45,0 | 15,0           | 12,9  |
| НІР <sub>05</sub> для: зразків                  | 0,2                              | –     | 0,2  | –     | 0,2  | –     | 0,2            | –     |
| НІР <sub>05</sub> для: методів впливу           | 0,2                              | –     | 0,2  | –     | 0,2  | –     | 0,2            | –     |
| НІР <sub>05</sub> для: взаємодії зразок – метод | 0,6                              | –     | 0,6  | –     | 0,6  | –     | 0,6            | –     |

Проморожування обумовило майже у всіх зразків невелике збільшення показника (індекси від 1,9 % до 20,8 %), лише у IR 00416S суттєве зменшення ( $I=-37,0$  %), у сортів Подільянка і Бунчук зміни несуттєві (див. табл. 6.8).

Отже, стосовно довжини первинних корінців прискорене старіння за методом 2 є більш жорстким режимом порівняно з методом 1 і проморожуванням. Найбільш вразливим зразком за цією ознакою за всіх

застосованих режимів є фіолетовозерний IR 00416S, більш витривалим є восковидний PI619376.

Довжина первинного листка у проростків з насіння зразків пшениці м'якої у контрольному варіанті становила від 5,6 см (восковидний PI619376) до 13,2 см (восковидні PI619377 та PI619381) (табл. 6.8)

Таблиця 6.8 Довжина первинного листка ( $x$ ) та її індекс ( $I$ ) у проростків з насіння зразків пшениці м'якої у контролі та за прискореного старіння методом 1, 2014, 2016, 2017 рр., см

| Назва зразка   | Контроль | Прискорене старіння |       |
|--|----------|---------------------|-------|
|  |          | $x$                 | $I$   |
| Харківська 26  | 9,8      | 12,0                | 17,3  |
| Подільська   | 11,6     | 14,0                | 16,4  |
| Бунчук   | 10,8     | 12,0                | 13,0  |
| Чорноброва   | 8,8      | 12,0                | 35,2  |
| IR 00413S  | 11,5     | 16,0                | 41,7  |
| IR 00416S  | 10,3     | 15,0                | 40,8  |
| PI619376   | 5,6      | 9,3                 | 66,1  |
| PI619377   | 13,2     | 12,0                | -11,0 |
| PI619379   | 9,1      | 12,0                | 34,1  |
| PI619381   | 13,2     | 12,0                | -4,5  |
| НІР <sub>05</sub> для: зразків                         | 1,0      | 1,0                 | –     |
| НІР <sub>05</sub> для: методів впливу                  | 0,8      | 0,8                 | –     |
| НІР <sub>05</sub> для: взаємодії зразок – метод впливу | 2,4      | 2,4                 | –     |

Прискорене старіння методом 1 призвело до суттєвого зростання показника у восьми зразків з 10 (індекси від 13,0 % до 66,1 %), більшим воно було у восковидних PI619376 ( $I= 66,1$  %) і PI619379, фіолетовозерних IR 00413S, IR 00416S і Чорнобрової (індекси від 34,1 % до 41,7 %).

Прискорене старіння методом 2 обумовило за вологості насіння 5 % збільшення довжини листка у шести зразків з 10, зменшення – у чотирьох зразків. За вологості 6 % і 7 % показник, навпаки, зменшився майже у всіх

зразків, за виключенням восковидного РІ619376, де відбулось його суттєве зростання (індекси відповідно 28,6 % і 66,1 %), а також сорту Бунчук за вологості насіння 6 % ( $I=7,4\%$ ) (табл. 6.9).

Таблиця 6.9 Довжина первинного листка ( $x$ ) та її індекс ( $I$ ) у проростків з насіння зразків пшениці м'якої у варіантах з прискореним старінням методом 2 та проморожуванням, 2014, 2016, 2017 рр., см

| Назва   | Прискорене старіння за вологості насіння: |       |      |       |     |       | Проморожування |       |
|---|---|-------|------|-------|-----|-------|----------------|-------|
|   | 5%  |       | 6%   |       | 7%  |       |                |       |
|   | $x$                                       | $I$   | $x$  | $I$   | $x$ | $I$   | $x$            | $I$   |
| Харківська 26   | 11,0                                      | 12,2  | 7,0  | -29,0 | 6,0 | -35,0 | 10,0           | 6,1   |
| Подольянка  | 13,0                                      | 12,1  | 7,9  | -32,0 | 8,0 | -34,0 | 13,0           | 13,8  |
| Бунчук  | 13,0                                      | 22,2  | 12,0 | 7,4   | 7,0 | -35,0 | 12,0           | 8,3   |
| Чорноброва  | 5,6                                       | -36,0 | 6,2  | -30,0 | 5,0 | -42,0 | 12,0           | 36,4  |
| IR 00413S   | 13,0                                      | 14,8  | 8,7  | -24,0 | 7,0 | -40,0 | 15,0           | 27,8  |
| IR 00416S   | 17,0                                      | 62,1  | 9,2  | -11,0 | 7,0 | -37,0 | 15             | 47,6  |
| РІ619376  | 6,6                                       | 17,9  | 7,2  | 28,6  | 9,0 | 66,1  | 10,0           | 85,7  |
| РІ619377  | 9,0                                       | -32,0 | 5,6  | -58,0 | 5,0 | -65,0 | 9,9            | -25,0 |
| РІ619379  | 7,4                                       | -19,0 | 9,1  | 0,0   | 7,0 | -25,0 | 11,0           | 18,7  |
| РІ619381  | 9,9                                       | -25,0 | 8,0  | -39,0 | 5,0 | -61,0 | 11,0           | -16,0 |
| НІР <sub>05</sub> для:<br>зразків                               | 0,2                                       | –     | 0,2  | –     | 0,2 | –     | 0,2            | –     |
| НІР <sub>05</sub> для:<br>методів впливу                        | 0,2                                       | –     | 0,2  | –     | 0,2 | –     | 0,2            | –     |
| НІР <sub>05</sub> для:<br>взаємодії<br>зразок – метод<br>впливу | 0,5                                       | –     | 0,5  | –     | 0,5 | –     | 0,5            | –     |

У режимі проморожування вісім зразків з 10 збільшили довжину листка, лише двоє восковидних зменшили: РІ619377 і РІ619381 з індексами відповідно -25,0 % і -16,0 %. Ці два зразки виявились чутливими за всіх трьох режимів.

Стосовно довжини первинного листка сприятливими режимами є прискорене старіння методом 1 і проморожування, жорстким режимом – прискорене старіння методом 2.

Для з'ясування можливого впливу елімінації проростків із слабких насінин на середні показники довжини первинних корінців і довжини первинних листків у варіантах досліду було розраховано коефіцієнти кореляції між цими показниками та схожістю насіння. (див. табл. 6.2). Суттєвий позитивний зв'язок мав місце між схожістю та довжиною первинних корінців за прискореного старіння методом 2 з вологістю насіння 5 % і 6 % ( $r$  становили відповідно 0,61 і 0,63), суттєво негативний зв'язок – з довжиною первинних листків у варіанті з проморожуванням ( $r=-0,70$ ). Таким чином, в останньому випадку можна припустити, що збільшення середньої довжини листка у паростка обумовлено елімінацією слабких паростків під дією проморожування. Таку тенденцію можна припустити і стосовно довжини первинного корінця.

Загалом же, за прискореного старіння методом 2 можна відзначити позитивний зв'язок або тенденцію до нього між обома показниками з одного боку та схожістю насіння з другого боку; за проморожування – навпаки, негативний зв'язок або тенденцію до нього.

Отже, у варіанті з прискореним старінням методом 2 за всіх трьох рівнів вологості насіння збільшення або зменшення довжини корінців і листків не пов'язано з елімінацією проростків із слабких насінин, і чинник діє в одному напрямку як на схожість, так і на морфометричні показники. У варіанті з проморожуванням схожість насіння висока: 99-100 % (див. табл. 6.5). Отже збільшення або зменшення довжини корінців і листків також не пов'язано з елімінацією слабких проростків.

За прискореного старіння методом 1 коефіцієнти кореляції низькі і не суттєві.

## Висновки до розділу 6

1. Не виявлено однозначної залежності довговічності насіння зразків пшениці м'якої, встановленої за результатами модельних дослідів прискореного старіння та проморожування, від наявності фіолетового забарвлення (purple) та високого вмісту амілопектинового крохмалю (waxy).

2. Тісний позитивний зв'язок між антиоксидантною активністю у контролі з одного боку та енергією проростання і схожістю після впливу чинника й їх індексами з другого боку ( $r$  від 0,67 до 0,76) дозволяє прогнозувати довговічність насіння зразків генетичного різноманіття пшениці м'якої за рівнем антиоксидантної активності у контролі.

3. Від'ємний зв'язок між рівнями енергії проростання і схожості у контролі та АА наприкінці досліду за вологості 6 % і 7 %, а також від'ємний зв'язок між рівнями енергії проростання і схожості у контролі та індексами їх зміни під впливом прискореного старіння дозволяє розглядати АА як механізм активної протидії зниженню схожості насіння: більш сильне насіння у меншій мірі мобілізує цей механізм.

4. За прискореного старіння методом 2 рівень антиоксидантної активності діагностує фізіологічний стан насіння: нижчій енергії проростання наприкінці досліду відповідає нижчий рівень антиоксидантної активності і навпаки, вищій енергії проростання – вищий рівень антиоксидантної активності.

5. Встановлено високі позитивні коефіцієнти кореляції між рівнями антиоксидантної активності ( $r=0,82$ ) та індексами її зміни ( $r=0,78$ ) за прискореного старіння методом 1 та проморожування. Також суттєвими і вищими за середні – від 0,63 до 0,79 є коефіцієнти кореляції між рівнями енергії проростання та ступенями їх зміни за двох режимів. Таким чином, насіння зразків пшениці м'якої реагує на такі різноманітні стресові чинники як прискорене старіння та проморожування.

б. За реакцію на прискорене старіння обома методами найбільш довговічним виявилось насіння зразка восковидної пшениці PI619376, найменш довговічними – фіолетовозерної Чорноброва, сорту Бунчук та восковидних PI619377 і PI619381.

Основні результати даного розділу опубліковані в працях [154,180,190].

## ВИСНОВКИ

У дисертації теоретично узагальнено й подано нове вирішення важливого наукового завдання з визначення закономірностей довговічності насіння малопоширених видів пшениці при зберіганні шляхом установлення впливу на насіння різних режимів прискореного старіння та проморожування, впливу видалення лусок на реакцію насіння зразків півчастих видів пшениці, установлення зв'язку між антиоксидантною активністю насіння та його реакцією на прискорене старіння та проморожування. Це дозволяє удосконалити режими підготовки до тривалого зберігання і діагностувати стан насіння малопоширених видів і форм пшениці, що має важливе значення для подовження його довговічності при тривалому зберіганні у банках генетичних ресурсів рослин, селекційних програмах, промисловому насінництві.

1. У представників півчастих видів пшениці *T. monosocum*, *T. dicocum* Полба 3 та *T. spelta* насіння з видаленими лусками знижувало енергію проростання та схожість за всіх режимів значно менше, ніж насіння з не видаленими лусками. Таким чином, насіння, позбавлене лусок, є більш витривалим до дії прискореного старіння, отже більш довговічним у зберіганні, ніж насіння у лусках.

2. У контрольному варіанті позитивна реакція на видалення лусок насіння зразка диплоїдного виду *T. monosocum* була більш суттєвою (підвищення енергії проростання і схожості відповідно на 28,4 % і 15,4 %), ніж зразків поліплоїдних видів *T. dicocum* і *T. spelta* (підвищення на величину від 3,7 % до 11,5 %). За прискореного старіння методом 1, навпаки, видалення лусок більш сильно позитивно впливало на насіння зразків поліплоїдних видів (підвищення обох показників від 35,7 % до 82,0 %), ніж на диплоїдний (підвищення на 3,9 % і 19,1 %). За прискореного старіння методом 2 з підвищенням вологості насіння від 5 % до 7 % різко зростала позитивна реакція

на видалення лусок у диплоїдного зразка *T. monosocum* і значно слабше – у поліплоїдних зразків *T. dicocum* і *T. spelta*. Це свідчить про більш високий рівень фізіологічного гомеостазу зразків поліплоїдних видів порівняно з диплоїдним.

3. У всіх варіантах дослідження спостерігається позитивна кореляція між енергією проростання та схожістю насіння з одного боку та довжиною корінців і проростків з другого боку. Причому у більшості випадків ( 20 з 36 ) коефіцієнт кореляції достовірний і становить від 0,52 до 0,96. Видалення лусок з зернівок пливчастих видів пшениці змінює рівень, але не змінює позитивного знаку цих коефіцієнтів кореляції.

4. Проморожування насіння у більшості випадків суттєво не впливає на енергію проростання та схожість насіння, позбавленого лусок, за умови його високої схожості. У випадку значно знижених енергії проростання та схожості проморожування діє як стимулятор цих показників. Разом з цим, проморожування суттєво негативно впливає на обидва показники не вимолочених зернівок. Вимолот зернівок більш значно впливав на енергію проростання насіння, ніж на схожість, як у контролі, так і у варіанті проморожування.

5. Вплив проморожування насіння на довжину корінців і проростків вивчених зразків був позитивним (збільшення довжини корінців становило від 5,4 % до 21,7 %; довжини проростків – від 8,7 % до 33,9 %). Видалення лусок з зернівок обумовило невеликий позитивний вплив проморожування на довжину корінців і проростків порівняно з невимолоченими зернівками у *T. monosocum* та *T. spelta* Frankenkorn, суттєвий негативний вплив – у *T. dicocum* Полба 3.

6. При порівнянні пливчастих зразків з генетично близькими голозерними у контролі та варіантах з прискореним старінням у більшості випадків (22 з 30) насіння голозерних зразків показало суттєво більш високі енергію проростання та схожість, ніж у пливчастих зразків з не видаленими лусками. Перевага пливчастих з не видаленими лусками зразків над голозерними

мала місце у шести випадках з 30 і пов'язана з видовими відмінностями. У чотирьох випадках суттєві відмінності відсутні. В цілому тут проявляється загальна закономірність: голозерні зразки у контрольному та більшості варіантів досліду переважають генетично близькі півчасті з не видаленими лусками за енергією проростання та схожістю насіння.

7. Рівні вологості насіння 5 % і 6 % є більш оптимальними для тривалого зберігання насіння різноманіття видів пшениці, вологість 7 % підходить для диференціації зразків насіння за довговічністю.

8. Під дією прискореного старіння за методом 1 насіння вивчених зразків знизило показники схожості та АА у порівнянні з контролем. Рівень АА у контролі позитивно корелює з цим показником після прискореного старіння за методом 1:  $r=0,82$ . Ранжування вивчених зразків за рівнем АА, встановлене у контролі, зберігається після прискореного старіння за обома методами та проморожування.

9. Антиоксидантна активність (АА) насіння однозернянок – *T. sinskajae* та *T. monocossum* була в усіх варіантах досліду нижчою, ніж поліплоїдних видів пшениці, причому у *T. sinskajae* вона нижче, ніж у *T. monocossum*.

10. Спостерігається достовірний негативний зв'язок між рівнем АА у контролі та після прискореного старіння з одного боку й індексами довжини первинного корінця і первинного листка під дією прискореного старіння:  $r$  становить відповідно -0,59 і -0,77; -0,85 і -0,97; достовірний негативний зв'язок між індексом АА з одного боку та енергією проростання і схожістю після прискореного старіння:  $r$  становить відповідно -0,85 і -0,90. Таким чином, більш високий рівень АА протидіє змінам характеристик насіння під дією прискореного старіння, отже зумовлює більш високий фізіологічний гомеостаз насіння зразків видів пшениці.

11. Проморожування насіння у більшості випадків суттєво не впливає на енергію проростання та схожість насіння, позбавленого лусок, за умови його високої схожості. У випадку значно знижених енергії проростання та схожості

проморожування діє як стимулятор цих показників. Разом з цим, проморожування суттєво негативно впливає на обидва показники невимолочених зернівок. Вимолот зернівок більш значно впливав на енергію проростання насіння, ніж на схожість, як у контролі, так і у варіанті проморожування.

12. Проморожування позитивно впливає на довжину первинних корінців і листків у проростків з насіння як з невидаленими лусками, так і звільненого від них. У варіанті проморожування видалення лусок позитивно впливає на морфометричні характеристики проростків у *T.monococcum* та *T.spelta* і негативно – у *T. dicoccum*.

13. Не виявлено однозначної залежності довговічності насіння зразків пшениці м'якої, встановленої за результатами модельних дослідів прискореного старіння та проморожування, від наявності фіолетового забарвлення (purple) та високого вмісту амілопектинового крохмалю (waxy).

14. Із вивчених 10 зразків пшениці м'якої, найбільш довговічним виявилось насіння зразка восковидної пшениці PI619376, найменш довговічними – фіолетовозерної Чорноброва, сорту Бунчук та восковидних PI619377 і PI619381.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У НАУКОВИХ ТА НАВЧАЛЬНИХ ПРОГРАМАХ

Науковим і селекційним установам, виробникам насіння малопоширених видів пшениці, навчальним закладам рекомендується:

- діагностувати здатність до тривалого зберігання (довговічність) насіння малопоширених видів і форм пшениці за рівнем антиоксидантної активності;
- закладати на зберігання насіння плівчастих видів пшениці з видаленими лусками (обрушене);
- для довгострокового зберігання насіння малопоширених видів і форм пшениці висушувати насіння до рівня вологості 5-6 %;
- використовувати для оцінки довговічності насіння прискорене старіння методом 2 (Ліхачов Б.С., 1978) за рівня вологості 7 %, для оцінки стресостійкості насіння – прискорене старіння методом 1 (Hampton, TeKrony, 1995);

Науковим установам рекомендується: дослідити фізіолого-біохімічний механізм зв'язку між наявністю лусок і довговічністю насіння плівчастих видів пшениці, що дозволить розкрити цінність лусок як джерела біологічно активних речовин, а також пояснити наслідки переходу від плівчастості до голозерності в ході еволюції пшениці для фізіології насіння.

## Список використаних джерел

1. Genetic erosion in crops: concept, research results and challenges / M. Van de Wouw, Kik Ch., R. van Hintum Th., R. van Treuren, B. Visser. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*. 2010. Vol. 8(1). P. 1–15.
2. The Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Seeds Toolkit Module 6. Seed Storage*. Roma. 2018. P. 112.
3. Mc Donald M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology*. 1999. Vol. 27. № 1. P. 177–237.
4. Алексейчук Г. Н., Ламан Н. А. Механизмы старения семян при неблагоприятных условиях хранения / *Ботаника (исследования)* : сб. науч. тр. / Ин-т экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАНБ / под ред. Н. А. Ламана. Минск : Право и экономика, 2008. Вып. 36. С. 311–325.
5. Bailly C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. *Seed Science Research*. 2004. Vol. 14. P. 93–107.
6. Кулешов Н. Н. *Агрономическое семеноведение*. Москва : Сельхозиздат, 1963. 304 с.
7. Ewart A. J. On the longevity of seeds. *Proc. Roy. Soc. Victoria*. 1908. Vol. 21. Part 1. P. 1–210.
8. Хорошайлов. Н. Г. Жукова. Н. В. Длительность хранения семян мировой коллекции ВИР. *Бюллетень ВИР*. Ленинград, 1978. Вып. 77. С. 9–19.
9. Веселовский В. А., Веселова Т. В. Перекисное окисление липидов, гидролиз углеводов и реакция Амадори—Майларда на ранних этапах старения сухих семян. *Физиология растений*. 2012. Т. 59. № 6. С. 763–770.
10. Walters C. Understanding the mechanisms and kinetics of seed aging. *Seed Science Research*. 1998. Vol. 8. P. 223–244.
11. Робертс Е. Жизнеспособность семян. : пер. с англ. Н. А. Емельяновой / под. ред. доктора с.-х. наук М. К. Фирсовой. Москва : Колос, 1978. 410 с.

12. Стандарты генных банков для генетических ресурсов растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства / Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Рим, 2015. 168 с.

13. Belderok B. Studies on dormancy in wheat. *Proc. Int. Seed Test. Assoc.* 1961. Vol. 26. P. 697–760.

14. Influence of high temperature and terminal moisture stress on dormancy in wheat (*T. aestivum* L.) / T. B. Biddulph, J. A. Plummer, T. L. Setter, D. J. Mares. *Field Crops Res.* 2007. Vol. 103. P. 139–153.

15. Torada A., Amano Y. Effect of seed coat color on seed dormancy in different environments. *Euphytica.* 2002. Vol. 126. P. 99–105.

16. Хорошайлов, Н. Г. Жукова Н. В. Длительное хранение коллекционных образцов семян. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.* Ленинград, 1973. Т. 49. Вып. 3. С. 269–279.

17. Зайцев В. А., Баранова Л. С., Жукова Н. В. Физиолого-биохимический контроль качества семян зерновых культур в процессе их ускоренного старения. *Бюл. ВИР им. В. Н. Вавилова.* Ленинград, 1992. Вып. 67. С. 36 – 40.

18. Алексейчук Г. Н., Ламан Н. А. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки / под ред. С. И. Гриба. Минск : Право и экономика, 2005. 48 с.

19. Алексейчук Г. Н. Сила роста семян зерновых культур и ее оценка методом ускоренного старения / под ред. Н. А. Ламана. Минск : Право и экономика, 2009. 44 с.

20. Филипенко Г. И. Особенности физиолого-биохимических изменений в семенах пшеницы и ячменя в процессе ускоренного старения. *Бюл. ВИР.* Ленинград, 1983. С. 19–21.

21. Сафина Г. Ф., Филипенко Г. И. Ускоренное старение как метод прогнозирования долговечности семян при хранении. *Идеи Н. И. Вавилова в*

*современном мире* : тез. докл. III Вавиловской междунар. конф. Санкт-Петербург, 2012. С. 209.

22. Смоликова Г. Н. Применение метода ускоренного старения для оценки устойчивости семян к стрессовым воздействиям. Вестник СПбГУ. 2014. Сер. 3. Вып. 2. С. 82–93.

23. Hampton J. G., Te Krony D. M. Handbook of vigour test methods. International Seed Testing Association. Zürich, 1995. P. 117.

24. Te Krony D. M. Accelerated Aging Test. *Principles and Procedures Seed Technology*. 2005. Vol. 27. № 1. P. 135–146.

25. International Seed Testing Association. International rules for seed testing. Bassersdorf, Switzerland. Chapter 7: Seed health testing (2016). URL: <http://doi.org/./istarules.2016.07> (дата звернення 13.04.2018).

26. Лихачев Б. С., Мусорина Л. И. Использование экстремальных условий хранения семян в моделировании процессов их старения. *Бюллетень ВИР*. Ленинград, 1978. Вып. 77. С. 57–62.

27. Лихачёв. Б.С. Некоторые методические вопросы изучения биологии старения семян. *Сельскохозяйственная биология*. 1980. Т. XV. № 6. С. 842–844.

28. Milošević M., Vujaković M., Karagić D. Vigour tests as indicators of seed viability. *Genetika*. 2010. Vol. 42. № 1. P. 103–118.

29. Международные правила анализа семян ; пер. с англ. Н. Н. Антошкиной. Москва : Колос, 1984. 311 с.

30. ГОСТ 12041–82. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения влажности. [Дата введения 1983–07–01]. Москва : Госстандарт, 1983. 162 с. (Информация и документация).

31. ДСТУ 4138–2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості. [Чинний від 2004–01–01]. Київ : Держстандарт, 2003. С. 10–17. (Національний стандарт).

32. ГОСТ 10968–88. Зерно. Методы определения энергии проростания и способности проростания. [Дата введения 30.06.1988]. Москва : Госстандарт, 1988. (Информация и документация).
33. Методика определения силы роста семян. Москва, 1983. 14 с.
34. International Seed Testing Association. By N. Leist and S. Krämer. Working Sheets on Tetrazolium Testing, Volume II Tree and Shrub Species, 1st Edition. (2003). 153p.
35. Макрушин М. М., Макрушина С. М. Насінництво. Сімферополь : ВД "Аріал", 2011. 476 с.
36. Хранение семян URL: <http://www.agrodialog.com.ua/xranenie-semyan-2.html> (дата звернення 12.03.2019).
37. Baskin Carol C., Baskin Jerry M. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Second Edition. Department of Biology University of USA. Kentucky. Lexington. (2014). P.187-276.
38. Roberts E. H. Viability of cereal seed for brief and extended periods. *Ann. Bot.* 1961. Vol. 25. P. 373–380.
39. Roberts E. H. The viability of cereal seed in relation to temperature and moisture. *Bot.* 1961. Vol. 24. P. 12–31.
40. Леман Е. Айхеле Ф. Физиология прорастания семян злаков : пер. с нем. / под ред. К. В. Каменского. Москва-Ленинград : Сельхозгиз, 1936. 483 с.
41. Harrington, J. F. Practical advice and instructions on seed storage. *Proc. int Seed Test. Assoc.* 1963. Vol. 28. P. 989–994.
42. Sengbush R. von. Die Erhaltung der Keimfaehigkeit von Samen bei tiefen Temperaturen. *Zuechter.* 195). Vol. 25. P.168–169.
43. Haferkamp M. E., Smith L., Nilan R. A. Studies on aged seeds. I. Relation of age of seed to germination and longevity. *Agron. J.* 1953. Vol. 45. P. 434–437.
44. Stefani, A., Meletti, P., Sbrana, V., Onnis, A. Low temperature storage of caryopses of *T. durum*: viability and longevity. *Ann. Bot.* (2000). 85, P. 403–406.

45. Dormancy in white-grain mutants of Chinese spring wheat (*T. aestivum* L.) / R. L. Warner, D. A. Kudrna, S. C. Spaeth, S. S. Jones. *Seed Sci. Res.* 2000. Vol. 10. P. 51–60.
46. Shelef L., Mohenin N. N. Moisture relations in germ, endosperm and whole corn kernel. *Cereal Chem.* 1966. Vol. 43, P. 347–353.
47. Mackay D. B., Tonkin J. H. Investigations in crop seed longevity. An analysis of long-term experiments with special reference to the influence of species, cultivar, provenance and season. *J. Nat. Inst. Agric. Bot.* 1967. Vol. 11. P. 209–225.
48. Harrington G. T., Crocker W. Resistance of seeds to dessication. *J. Agric. Res.* 1918. Vol. 14. P. 525–532.
49. Webster L. V., Dexter S. T. Effects of physiological quality of seeds on total germination, rapidity of germination, and seedling vigour. *Agron. J.* 1961. Vol. 53. P. 297–299.
50. Mitchell F. S., Caldwell F.Y.K. Influence of variations in harvesting and initial storage on wheat kept for several years. *J. Agric. Engng. Res.* 1962. Vol. 7. P. 27–34.
51. Grain storage studies. XXVIII. The influence of temperature and moisture level on the behavior of wheat stored in air and nitrogen / R. L. Glass, J. G. Ponte, C. M. Christensen, W. F. Geddes. *Cereal Chem.* 1959. Vol. 36. P. 341–346.
52. Roberts E. H., Abdalla F. H. The influence of temperature, moisture, and oxygen on period of seed viability in barley, broad beans and peas. *Ann. Bot.* 1968. Vol. 32. P. 97–117.
53. Variations in germination and grain quality within a rust resistant common wheat germplasm as affected by parental CO<sub>2</sub> conditions / Y. Bai, C. R. Tischler, D. T. Booth, E. M. Taylor. *Env. Exp. Bot.* 2003. Vol. 50. P. 159–168.
54. Tabatabaei S. A. The changes of germination characteristics and enzyme activity of barley seeds under accelerated aging. *Cercetări Agronomice în Moldova.* 2015. Vol. XLVIII. № 2 (162). P. 61–67.

55. Ю. О. Лінник, В. В. Жмурко, Л. А. Красильникова, Р. Л. Богуславський Вплив прискореного старіння та проморожування на активність каталази у насінні різних сортів ячменю. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2010. Вип. 71. С. 45–54.

56. Вплив аргініну на посівні якості та хромосомну стабільність насіння ярої м'якої пшениці залежно від терміну зберігання / О. А. Задорожна, В. К. Рябчун, С. В. Рабинович, Р. Л. Богуславський. Селекція і насінництво : міжвід. темат. наук. зб. / УААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 1996. Вип. 77. С. 40–44.

57. Lyon T. L. The importance of considering previous environment in conducting variety tests. *Proc. Soc. Prom. Agric. Sci.* 1902. Vol. 23. P. 70–73.

58. Quinby J. R., Reitz L. P., Laude H. H. Effect of source of seed on productivity of hard red winter wheat. *Crop Sci.* 1962. Vol. 2. P. 201–203.

59. McFadden A. D. Effect of seed source on comparative tests results in barley. *Can. J. Plant Sci.* 1963. Vol. 43. P. 295–300.

60. Борисова О. В., Ружицька О. М. Характеристика проростання, життєздатності та якості насіння плівчастих пшениць (*T. spelta* L., *T. dicossum* (Schrank) Schuebl. *Біологічні Студії*. 2015. Т. 9. № 1. С. 125–134.

61. Твердохлеб Е. В., Линник Ю. А. Способность семян видов и форм субгенома G к долговременному хранению. *Научное обеспечение производства конкурентноспособной продукции сельского хозяйства : сборник научных трудов, посвященный 80-летию со дня основания Карабалыкской СХОС*. Научный, 2009. С. 170–172.

62. The evaluation of spring wheat seed from different sources / F. H. Neal [et all.]. *Agron. J.* 1960. Vol. 52. P. 303–304.

63. Geographic origin of barley seeds / A.V. Sarquis, B. B. Fisher, F. G. Parsons, M. D. Mueller. *California Agric.* 1961. Vol. 15(4). P. 3.

64. Lee J. W., Ronalds J. A. Effect of environment on wheat gliadin. *Nature*. 1967. Vol. 213. P. 844–846.

65. Fox R. L., Albrecht W.A. Soil fertility and the quality of seeds. *Missouri Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* 1957. P. 619.
66. Cairns A. P., Kritzinger, J. H. The effect of molybdenum on seed dormancy in wheat. *Plant Soil* Vol. 145, No. 2 (September II, 1992), P. 295-297 URL <https://doi.org/10.1007/BF00010358>
67. Modi, A.T. Wheat seed quality in response to molybdenum and phosphorus. *J. Plant Nut.* 2002. Vol. 25. P. 2409–2419.
68. Cairns, A.L.P., Modi, A.T., Cowan, A.K., Kritzinger, J.H. The effect of molybdenum on seed dormancy. In: Ellis, R.H., Black, M., Murdoch, A.J., Hong, T.D. (Eds.), *Basic and Applied Aspects of Seed Biology*. Kluwer, Dordrecht. 1997. P. 173–180.
69. Singh D., Nath K., Sharma Y. K., Response of wheat seed germination and seedling growth under copper stress. *J. Environ. Biol.* 2007. Vol. 28. P. 409–414.
70. Singh D., Nath K., Sharma Y. K. Toxicological impact of copper sulphate on wheat germination and certain biochemical parameters. *J. Appl. Biosci.* 2006. Vol. 32. P. 154–159.
71. Jamal S. N., Iqbal M. Z., Athar M. Evaluation of two wheat varieties for phytotoxic effect of mercury on seed germination and seedling growth. *Agric. Conspect. Sci.* 2006. Vol. 71. P.41–44.
72. Munzuroglu P., Geckil H. Effects of metals on seed germination, root elongation, and coleoptile and hypocotyl growth in *T. aestivum* and *Cucumis sativus*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2002. Vol. 43. P. 203–213.
73. Eco-toxicology of heavy metals on the inhibition of seed germination and root elongation of wheat in soils. Ying / Y. Song [et all.]. *Sheng. Xue.* 2002. Vol. 13. P. 459–462.
74. Semenuik G. (1954). Microflora. In: *Storage of Cereal Grains and their Products*, eds. J.A. Anderson and A.W. Alcock, Amer. Assoc. of Cereal Chemists, St. Paul. P. 152–220.

75. Milner M., Geddes W.F. (1954). Respiration and heating. In: *Storage of Cereal Grains and their Products*, eds. J.A. Anderson and A.W. Alcock, Amer. Assoc. of Cereal Chemists, St. Paul, P. 152–220.
76. Cotton R.T. (1954). Insects. In: *Storage a Cereal Grains and and their Products*, eds. J.A. Anderson and A.W. Alcock. Amer. Assoc. of Cereal Chemists, St. Paul. P. 152–220.
77. Parkin E. A. Stpred product entomology. *Ann. Rev. Entom.* 1956. Vol. 1. P. 223–240.
78. Burrell N. J. Conditions for safe grain storage. Home Grown Cereals Authority, London, *England. Tech. Note.* 1970. Vol. 16. P. 3.
79. Строна И. Г. Травмирование семян зерновых культур и урожай. *Биология и технология семян.* Харьков, 1974. С. 122–129.
80. Ижик Н. К. Полевая всхожесть семян. Биология, экология, агротехника. Киев: Урожай, 1976. 200 с.
81. Макрушин Н. М. Семеноводство зерновых культур на промышленной основе / ВНИИТЭИСХ. Москва, 1979. 64 с.
82. Куперман Ф. М. Ещё раз о механических повреждениях семян. *Селекция и семеноводство.* 1950. № 3. С. 28–32.
83. Куперман Ф. М. Об аномалиях роста растений из травмированных семян пшеницы. Москва : Сельхозгиз, 1964. 128 с.
84. Травмирование семян и его предупреждение ; под ред. д-ра с.-х. наук, профессора И. Г. Строны. Москва : Колос, 1972. 159 с.
85. Ульрих Н. Н. Применение дифференцированного анализа для повышения кондиции посевного материала. *Селекция и семеноводство.* 1965. № 2. С. 47–49.
86. Мартисова В. П. Травмирование семян зернобобовых культур при обмолоте. *Доклады ТСХА.* 1965. Т. 113. № 4. С. 68–70.

87. Хавкин Э. Е. Запасные глобулины в зародышах формирующихся и прорастающих зерновок кукурузы. *Биохимические и физиологические исследования семян.* / СИФИБР СО АН СССР. Иркутск. 1979. С. 29 – 41.
88. Роль гиббериллинов в процессах фотопериодизма, яровизации и стратификации растений / М. Х. Чайлахян, Т. В. Некрасова, Л. П. Хлопенкова, В. Н. Ложникова. *Физиология растений.* 1963. Т. 10. № 4. С. 465–476.
89. Navaschin M. Altern der Samen als Ursache von Chromosomenmutationen. *Planta.* 1933. Vol. 20. P. 233–243.
90. Peto F.H. The effect of aging and heat on the chromosomal mutation rates in maize and barley. *Canadian Journal of Research.* 1933. Vol. 9. P. 261–264.
91. Шкварников П. К. О повышении мутаций у пшеницы в результате продолжительного хранения семян. *Биологический журнал.* 1936. Т. 5. № 3. С. 20-23.
92. Задорожная О. А., Рябчун В. К. Богуславский Р. Л. Цитогенетический эффект старения семян пшеницы. *Цитология и генетика.* 1997. Т. 31. № 3. С. 49–53.
93. Zadorozhna O. A. Accelerated ageing of seeds from six wheat specieses. *Annual Wheat Newsletter / Kansas State University.* 1997. Vol. 43. P. 244–245.
94. Жизнеспособность семян и цитогенетическая стабильность растений в связи с хранением семян / О. А. Задорожная [и др.]. *Цитология и генетика.* 1996. 13с.
95. Задорожная О. А. Последствие естественного старения семян пшеницы на ход мейоза у растений. *Молекулярногенетические маркеры растений* : тезисы докл. междунар. конф. (11–15 нояб. 1996 г. Ялта). Киев : Аграрна наука, 1996. С.73–74.
96. Gfeller F., Svejda F. Inheritance of post-harvest seed dormancy and kernel colour in spring wheat lines. *Can. J. Plant Sci.* 1960. Vol. 40. P. 1–6.
97. Paterson A. H., Sorrells M. E. Inheritance of grain dormancy in white-kernelled wheat. *Crop Sci.* 1990. Vol. 30. P. 25–30.

98. Miura H., Fukuda Y, Sawada S. Expression of dormancy in diallel F1 and F2 seed of wheat ripened under controlled environment. *J. Genet. Breed.* 1997. Vol. 51. P. 195–200.
99. Grain dormancy in fixed lines of white-grained wheat (*T. aestivum* L.) grown under controlled environmental conditions / L.T. Hickey [et all.]. *Euphytica*. 2009. Vol. 168. P. 303–310.
100. The qSD12 underlying gene promotes abscisic acid accumulation in early developing seeds to induce primary dormancy in rice / X.-Y. Gu [et all.]. *Plant Molec. Biol.* 2010. Vol.73. P. 97–104.
101. Rikiishi K., Matsuura T., Maekawa M. TaABF1, ABA response element binding factor 1, is related to seed dormancy and ABA sensitivity in wheat (*T. aestivum* L.) seeds. *J. Cereal Sci.* 2010. Vol. 52. P. 236–238.
102. Rikiishi K., Matsuura T., Maekawa M. Characterization of a novel wheat (*T. aestivum* L.) mutant with reduced seed dormancy. *J. Cereal Sci.* 2010. Vol. 51. P. 292–298.
103. Inheritance of seed dormancy in Tibetan semi-wild wheat accession Q1028 / X. J. Lan [et all.]. *J. Appl. Genet.* 2005. Vol. 46. P.133–138.
104. Flintham J. E. Different genetic components control coat-imposed and embryo-imposed dormancy in wheat. *Seed Sci. Res.* 2000. Vol. 10. P. 43–50.
105. Mapping a diploid wheat abscisic acid 8'-hydroxylase homologue in the seed dormancy QTL region on chromosome 5Am / S. Nakamura, M. Chono, F. Abe, H. Miura. *Euphytica*. 2010. Vol. 171. P. 111–120.
106. Identification of chromosome locations of genes affecting preharvest sprouting and seed dormancy using chromosome substitution lines in tetraploid wheat (*T. turgidum* L.) / S. Chao [et all.]. *Crop Sci.* 2010. Vol. 50. P. 1180–1187.
107. The influence of temperature, light and pre-treatment on the seed germination of critically endangered Sikkim Himalayan *Rhododendron* (*R. niveum* Hook. f.) / K. K. Singh, B. Gurung, L. K. Rai, L. H. Nepal. *J. Amer. Sci.* 2010. Vol. 6. P. 172–177.

108. Overexpression of wheat dehydrin DHN-5 enhances tolerance to salt and osmotic stress in *Arabidopsis thaliana* / F. Brini [et all.]. *Plant Cell Rept.* 2007. Vol. 26. P. 2017–2026.

109. *Haynaldoticum sardoum* Meletti et Onnis: effects of salinity and temperature on germination and early growth / R. Cremonini, T. Lombardi, A. Stefani, A. Onnis. *Cytobios.* 1992. Vol. 72. P. 83–92.

110. Singh A. K., Prakash V., Sastry E. V. D. Effect of salinity stress on seed germination and seedling growth of wheat. *Agric. Sci. Digest.* 2000. Vol. 20. P. 96–98.

111. Performance of upland cotton (*Gossypium hirsutum*) and wheat (*T. aestivum*) genotypes under different salinity conditions / V. Phogat [et all.]. *Indian J. Agric. Sci.* 2001. Vol. 71. P. 303–305.

112. The Viviparous-1 developmental gene of maize encodes a novel transcriptional activator / D. R. Mc Carty [et all.]. *Cell*(1991). Vol. 66. P. 895–905.

113. Isolation of the *Arabidopsis* ABI3 gene by positional cloning / J. Giraudat [et all.]. *Plant Cell* 1992. Vol. 4. P. 1251–1261. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC160212/> (дата звернення 15.03.2019).

114. Genetic map locations for orthologous Vp1 genes in wheat and rice / P. C. Bailey [et all.]. *Theor. Appl. Genet.* 1999. Vol. 98. P. 281–284.

115. Transcripts of Vp-1 homeologues are misspliced in modern wheat and ancestral species / R. S. Mc Kibbin [et all.]. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 2002. Vol. 99. P. 10203–10208.

116. Harlan J. R., de Wet J. M., Price E. G. (Comparative evolution of cereals. *Evolution.* 1973. Vol. 27. P. 311–325.

117. Paz L., Vazquez-Yanes C. Comparative seed ecophysiology of wild and cultivated *Carica papaya* trees from a tropical rain forest region in Mexico. *Tree Physiol.* 1998. Vol. 18. P. 277–280.

118. Germinacao de sementes de macela (*Egletes viscosa* (L.) Less.) oriundas de plantas silvestres e cultivadas / A. M. E. Bezerra, S. M. Medeiros-Filho, R. Innecco, R. L. A. Bruno. *Rev. Brasil. Plant Med. Botucatu*. 2007. Vol. 9. P. 100–105.

119. Wareing P. F. Endogenous inhibitors in seed germination and dormancy. *Encyclopedia of Plant Physiology*. Berlin: Springer Verlag, 1965. Vol. 15(2). P. 909–924.

120. Germination and growth inhibitors from wheat (*T. aestivum* L.) husks / T. Kato [et all.]. *J. Agric. Food Chem.* 2002. Vol. 50. P. 6307–6312.

121. Kato, T., Imai, T., Kashimura, K., Saito, N., Masaya, K. (2003). Germination response in wheat grains to dihydroactinidiolide, a germination inhibitor in wheat husks, and related compounds / T. Kato [et all.]. *J. Agric. Food Chem.* 2003. Vol. 51. P. 2161–2167.

122. Ramaih S., Guedira M., Paulsen G.M. Relationship of indoleacetic acid and tryptophan to dormancy and preharvest sprouting of wheat. *Funct. Plant Biol.* 2003. Vol. 30. P. 939–945.

123. Effect of dissolved organic matter on the toxicity of chlorotoluron to *T. aestivum* / N. H. Song [et all.]. *J. Environ. Sci.* 2006. Vol. 18. P. 101–108.

124. Лихачёв Б. С. Определение силы роста семян зерновых культур по морфофизиологической оценке их проростков : методические указания. Ленинград, 1975. 24 с.

125. ДСТУ 2240–93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. [Чинний від 1993–09–09]. Київ : Держстандарт України, 1994. 74 с. (Національний стандарт України).

126. ДСТУ 4138–2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2002–12–28]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с. (Національний стандарт України).

127. Кретович В. Л., Ушакова Е. Н. О критической влажности и дыхательном газообмене зерна при хранении. *Докл. АН СССР*. 1940. № 2. С.66–68.

128. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство / под ред. Г.В. Удовенко / ВИР. Ленинград, 1988. 226 с.

129. Филипенко Г. И., Забегаева О. Н. Опыт длительного низкотемпературного хранения семян коллекции овса во Всероссийском институте растениеводства им. Н.И. Вавилова. *Сохранение ген. ресурсов* : материалы междунар. конф. (19–22 окт. 2004). Санкт-Петербург, 2004. С. 872.

130. Стрибуль Т. Ф., Тымчук С. М., Мильшина Н. Н. Стимулирующее действие низкотемпературного замораживания семян кукурузы на процесс их прорастания. *Проблемы криобиологии*. № 1. 1995. С. 31–37.

131. Сафина Г. Ф. Влияние низких и сверхнизких температур на жизнеспособность семян плодовых и ягодных растений. *Вестник ВОГиС*. Москва, 2008. Т. 12. № 4. С. 541–547.

132. Національне сховище зразків генофонду рослин України ; підгот. В. К. Рябчун, Р. Л. Богуславский, Н. В. Герасимов [та ін.] / УААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2008. 14 с.

133. Рябчун В. К., Богуславський Р. Л. Проблеми та перспективи збереження генофонду рослин в Україні / УААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків 2002. 33 с.

134. Зайцев В. А., Баранова Л. С., Жукова Н. В. Физиолого-биохимический контроль качества семян зерновых культур в процессе их ускоренного старения. *Бюл. ВИР им. В.Н. Вавилова*. 1992. Вып. 67. С. 36 – 40.

135. Воронцов Н. Н. Экологические кризисы в истории человечества. *Соросовский образовательный журнал*. 1999. № 2. С. 2–10.

136. Бартон Л. Хранение семян и их долговечность. Москва : Колос, 1964. 240 с.

137. Мехтизаде Э. Р., Акпаров З. И., Мамедова С. А. Прогноз генетической долговечности семян. *Соврем. проблемы науки и образования*. 2007. № 3. URL : [www.rae.ru](http://www.rae.ru) (дата обращения 22.03.2019).

138. Кирпа Н. Я. Особенности первичной обработки и хранение зерна. *Хранение и переработка зерна*. 2003. № 7 (49). С. 38–40.
139. Weibull G. The cold storage of vegetable seed, further studies. *Rep. 14<sup>th</sup>. Int. Hort. Congr.* 1955. P. 647 – 667.
140. Реймерс Ф. Э. Илли И. Э. Прорастание семян и температура. Новосибирск : Наука, 1978. 165 с.
141. Попцов А. В. Буч Т. Г. Температурный коэффициент прорастания семян. *Бюл. Гл. бот. сада*. 1960. Вып. 38. С. 45–47.
142. Попцов А. В. О значении кожуры в прорастании семян. *Бюл. Гл. бот. сада*. 1952. Вып. 11. С. 43–45.
143. Arabshahi S. Urooj A. Antioxidant Properties of Various Solvent Extracts of Mulberry *Morus indica* L. *Food Chem.* 2007. Vol. 102. P. 1233–1240.
144. Доспехов Б. А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных. Москва : Колос, 1972. 205 с.
145. Строна И. Г. Общее семеноведение полевых культур. Москва : Колос, 1966. 464 с.
146. Атлас почв Украинской ССР / под ред. Н.Г. Крупского, Н. И. Полупана. Киев : Урожай, 1979. 160 с.
147. Харьковская область, природа и хозяйство : материалы Харьковского отдела Географического общества Украины / ХГУ. Харьков, 1971. Вып. VIII. 248 с.
148. Почвенно-климатические условия зон области. *Научно обоснованная система земледелия Харьковской области* / Н. И. Полупан, Б.С. Носко, Р. Г. Деревянко [и др.]. Харьков : Облполиграфиздат, 1988. С. 7–13.
149. Пшеница / В. Ф.Дорофеев [и др.]. *Культурная флора СССР*. Ленинград : Колос, 1979. Т. 1. 348 с.
150. Цвелёв Н. Н. Злаки СССР. Ленинград : Наука, 1976. 788 с.
151. Nesbitt M., Samuel D. From staple crop to extinction ? The archeology and history of the hulled wheats. In: Padulosi, S., K. Hammer and J. Heller, editors. 1996. Hulled wheats. Promoting the conservation and use of underutilized and

neglected crops. 4. Proceedings of the First International Workshop on Hulled Wheats, 21–22 July 1995, Castelvecchio Pascoli, Tuscany, Italy. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. P. 41–100.

152. Сафина Г. Ф., Филипенко Г. И. Долговечность семян при хранении и ее прогнозирование методом ускоренного старения. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции* / ВИР. Санкт-Петербург, 2013. Т. 174. С. 123–130.

153. Задорожная О. А., Богуславский Р. Л. Влияние ускоренного старения семян на цитогенетические и морфологические показатели растений разных видов пшеницы. *Цитология и генетика*. 1998. Т. 32. № 2. С. 20–30.

154. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л., Лютенко В. С. Вплив вологості насіння різних видів пшениці на його довговічність. *Генетичні ресурси рослин* : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2019. № 24. С.121–128.

155. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Вплив лусок на довговічність насіння плівчастих пшениць в умовах прискореного старіння. *Генетичні ресурси рослин* : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2019. № 25. С. 151–159.

156. Скороходов М. Ю. Довговічність насіння представників видів пшениці у модельному досліді. *Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату* : збірник наукових праць всеукраїнської науково-практичної конференції (Кам'янець-Подільський, 15–16 черв. 2017 р). Кам'янець-Подільський, 2018. С. 215–218.

157. Скороходов М. Ю., Задорожна О. А. Порівняльна довговічність насіння зразків малопоширених видів пшениці у модельному досліді. *Сучасні технології підвищення генетичного потенціалу рослин* : збірник тез. міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю Національної академії аграрних наук та 110-річчю заснування Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН (Харків, 4–5 липня 2018 р.). Харків, 2018. С. 195–196.

158. Скороходов М. Ю. Вплив вологості насіння на здатність до зберігання // *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур* : матеріали VII міжнародної наукової конференції молодих вчених і спеціалістів (Центральне, 19 квітня 2019 р.). Центральне, 2019. С. 106.

159. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Довговічність насіння плівчастих видів пшениці у модельному досліді. *Підвищення ефективності селекції та рослинництва у сучасних умовах* : збірник тез міжнародної наукової конференції, присвяченої пам'яті науковій спадщині видатного вченого Василя Яковича Юр'єва (Харків, 3–5 липня 2019 р.). Харків, 2019. С. 168–169.

160. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Наявність лусок як чинник довговічності насіння плівчастих видів пшениці. Стан та перспективи насінництва сільськогосподарських культур. Теорія, методологія нормативна правова база, практика : матер. міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 18–19 грудня 2019 р.) / СГІ-НЦНС. Одеса, 2019. С. 27–28.

161. Задорожна О. А., Єгоров Д. К. Довговічність насіння жита до зберігання в умовах модельного досліді. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2015. Вип. 108. С. 155–162.

162. Задорожная О. А., Герасимов Н. В., Шиянова Т. П. Хранение семян пшеницы мягкой в контролируемых условиях. *Генетичні ресурси рослин* : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, НЦГГРУ. Харків, 2016. № 19. С. 118–131.

163. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. пособие для высш. с.-х. учеб. заведений. Москва : Агропромиздат, 1985. 5-е изд. 351 с.

164. Лінник Ю. О. Вплив від'ємної температури на показники життєздатності насіння. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2010. № 3 (58). С. 175–179.

165. Лінник Ю. О., Потьомкіна Л. М. Витривалість насіння сортів гороху до чинників зберігання та заморожування. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. / УААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Х., 2010. Вип. 98. С. 228–237.

166. Лінник Ю. О., Жмурко В. В., Богуславський Р. Л. Вплив чинників старіння та від'ємних температур на сумарну активність амілаз у насінні ячменю та гороху. *Аграрний вісник Причорномор'я*. Одеса, 2011. Вип. 57. С. 146–152. (Сер. : «Біологічні та сільськогосподарські науки»).

167. Raviv B., Godwin J., Granot G., Standing D., Gutterman Y., Grafi G. Working Group Seed Science and Certification (GPZ/GPW). Section IV Seeds (VDL UFA), 2018. P. 12.

168. Genetic Variation of Seed Dormancy in Synthetic Hexaploid Wheat-Derived Populations / X.-Y. Gu [ et all.]. *Crop Science*. (2010). Vol. 50 (4). P. 1318–1324.

169. International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing, Number 1/ISTA. Bassersdorf, Switzerland, Volume 2019. URL:<https://www.ingentaconnect.com/content/ista/rules/2019/00002019/00000001> (дата звернення 28.03.2019).

170. Baskin C. C., Baskin J. M. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Second Edition / University of Kentucky, Lexington, Kentucky, USA, 2014. 1586 p.

171. Liangli Yu. Wheat antioxidants. Publ. by John Wiley & Sons / Inc., Hoboken. New Jersey, USA, 2008. 275 p.

172. Free Radicals and Antioxidants in Wheat Seeds / C. Pincino [ et all.]. *J. Agric. Food Chem.* 1999. Vol. 47(4). P. 1333–1339. URL: <https://doi.org/10.1021/jf980876d>.

173. Genetic erosion in crops: concept, research results and challenges / M. van de Wouw, Ch. Kik, Th. van Hintum, R. van Treuren, B. Visser. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*. 2000. Vol. 8(1) . P. 1–15.

174. Zhou K., Su L., Yu L.. Phytochemicals and Antioxidant Properties in Wheat Bran. *J. Agric. Food Chem.* 2004. Vol. 52 (20). P. 6108–6114.

175. Capitani M., Mateo C. M., Nolasco S. M. Effect of temperature and storage time of wheat germ on the oil tocopherol concentration. *Braz. J. Chem. Eng.* 2011. Vol. 28. № 2. P.243–250.

176. Antioxidants, free radicals, storage proteins, puroindolines, and proteolytic activities in bread wheat (*Triticum aestivum*) seeds during accelerated aging / Calucc L. A. [ et all.]. *J. Agric. Food Chem.* 2004. Vol. 52(13). P. 4274–4281.

177. Zandomeneghi. Antioxidants, free radicals, storage proteins, and proteolytic activities in wheat (*Triticum durum*) seeds during accelerated aging / L. Galleschi [ et all.]. *J. Agric. Food Chem.* 2002. Vol. 50 (19). P. 5450–5457.

178. Скороходов М. Ю., Поздняков В. В., Богуславський Р. Л. Роль антиоксидантної активності у довговічності насіння представників видів і малопоширених форм пшениці. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2017. Вип. 112. С. 104–117.

179. Seed longevity of some wheat species and cultivars based on their antioxidant activity / N. Yu. Skorokhodov, V. V. Pozdniakov, O. V. Antsiferova, R. L. Boguslavskiy. *Annual Wheat Newsletter.* 2019. Vol. 65. P. 51–59.

180. Скороходов М. Ю., Поздняков В. В., Богуславський Р. Л. Вплив режимів прискореного старіння на антиоксидантну активність насіння представників видів пшениці. *Реалізація потенціалу сортів зернових культур шлях вирішення продовольчої безпеки* : матеріал. міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 110-річчю від дня народження академіка-селекціонера В.М.Ремесла (20 жовт. 2017 г.). Центральне, 2017. С. 52–53.

181. Capitani M., Mateo C. M., Nolasco S. M. Effect of temperature and storage time of wheat germ on the oil tocopherol concentration. *Braz. J. Chem. Eng.* 2011. Vol. 28. № 2. P.243–250.

182. Aging, free radicals, and antioxidants in wheat seeds / C. Pinzino [et all.]. *J. Agric. Food Chem.* 1999. Vol. 47(4). P. 1333–1339.

183. Antioxidants, free radicals, storage proteins, puroindolines, and proteolytic activities in bread wheat (*Triticum aestivum*) seeds during accelerated aging / L. Calucci [ et all.]. *J. Agric. Food Chem.* 2004. Vol. 52(13). P. 4274–4281.

184. Antioxidants, free radicals, storage proteins, and proteolytic activities in wheat (*Triticum durum*) seeds during accelerated aging / L. Galleschi [et all.]. *J. Agric. Food Chem.* (2002). Vol. 50 (19). P. 5450–5457.

185. Liangli Yu. Wheat antioxidants. Publ. by John Wiley & Sons / Inc., Hoboken. New Jersey, USA, 2008. 275 p.

186. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Вплив проморожування на насіння зразків малопоширених видів пшениці. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області : науково-виробничий збірник / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва.* Харків, 2018. № 24. С. 181–189.

187. Скороходов М. Ю. Вплив проморожування на насіння зразків малопоширених видів пшениці. *Селекційно-генетична наука і освіта : матеріали VII міжнародної наукової конференції (Парієві читання) (19–21 бер. 2018 р.).* Умань, 2018. С. 247–251.

188. Use of wheat gene resources with different grain colour in breeding / P. Martinek [et all.]. *Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs.* 2013. Vol. 64. P. 75 – 78.

189. Molecular order and functional properties of starches from three waxy wheat varieties grown in China / S. Wang [et all.]. *Food Chemistry.* 2015. Vol. 181. P. 43-50. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.02.06.

190. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Довговічність насіння форм пшениці м'якої з фіолетивим і восковидним зерном. *Селекція і насінництво : міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва.* Харків, 2020. Вип. 117. С. 146–157.

191. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits / H. Eng [et all.]. *Food Nutr. Res.* 2017. Vol. 61(1). P. 1–21. doi:10.1080/16546628.2017.1361779.

192. Bioactive phytochemicals and antioxidant properties of the grains and sprouts of colored wheat genotypes / O. Sytar [et all.]. *Molecules*. 2018. Vol. 23(9). P. 1–14. doi:10.3390/molecules23092282.
193. Carotenoid changes of colored-grain wheat flours during bun-making / L. Food [et all.]. *Paznocht Chemistry*. 2018. Vol. 277(30). P. 725–734. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.019>.
194. Anthocyanins in Wheat Seed—A Mini Review. Nova / M. Havrlentová [et all.]. *Biotechnol. Chim.* 2014. Vol. 13. P. 1–12. DOI 10.2478/nbec-2014-0001.
195. Graybosch R. A. Waxy wheats: Origin, properties, and prospects. *Trends in Food Science and Technology*. 1998. Vol. 9. P. 135–142.
196. Effects of germination on nutritional composition of waxy wheat / P. V. Hung, T. Maeda, S. Yamamoto, N. Morita. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2012. Vol. 92(3). P. 667–672. doi: 10.1002/jsfa.4628.
197. Shoeva O. Y, Khlestkina E. K. 2015. The Specific Features of Anthocyanin Biosynthesis Regulation in Wheat. In: Ogihara Y, Takumi S, Handa H. (eds). *Advances in Wheat Genetics: From Genome to Field*. Springer, Tokyo. P. 147–157. [https://doi.org/10.1007/978-4-431-55675-6\\_16](https://doi.org/10.1007/978-4-431-55675-6_16).
198. Genetic architecture of seed longevity in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) / M. A. Arif, M. Nagel, U. Lohwasser, A. Börner. *J. Biosci.* 2017. Vol. 42. P. 81–89.
199. The inheritance of wheat grain longevity: a comparison between induced and natural ageing / M. J. Agacka [et all.]. *Appl Genet*. 2016. Vol. 57. P. 477–481.
200. Grain-specific reduction in lipoxygenase activity improves flour color quality and seed longevity in common wheat / Zh. Dong [et all.]. *Mol Breeding*. 2015. Vol. 35(150). P. 1–18.
201. Dynamic proteomic changes in soft wheat seeds during accelerated ageing / Y. Lv [et all.]. *Peer J*. 2018. Vol. 6. P. 1–16. <https://doi.org/10.7717/peerj.5874>.

202. Comparative physiology and proteomics of two wheat genotypes differing in seed storage tolerance / X. Chen [et all.]. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2018. Vol. 130. P. 455–463. doi: 10.1016/j.plaphy.2018.07.022.

203. Te Krony D. M. Accelerated aging test: principles and procedures. *Seed Technology*. 2005. Vol. 27(1). P. 135–146.

204. Лихачёв Б.С. Некоторые методические вопросы изучения биологии старения семян. *Сельскохозяйственная биология*. 1980. Т. XV. № 6. С. 842–844.

205. Effects of drought stress during seed development and subsequent accelerated ageing on wheat seed mitochondrial ultra-structure, seedling antioxidant enzymes, and malondialdehyde / S. Moori, H. R. Eisvand, A. Ismaili, S. Sasani. *Journal of Plant Process and Function*. 2019. Vol. 7(28). P. 1–8.

206. Effects of Accelerated Aging on Physiological and Biochemical Characteristics of Waxy and Non-waxy Wheat Seeds / P. Qin, Z. Kong, Xi. Liao, Y. Liu. *Journal of Northeast Agricultural University (English edition)*. 2011. Vol. 18(2). P. 7–12. [https://doi.org/10.1016/S1006-8104\(12\)60002-6](https://doi.org/10.1016/S1006-8104(12)60002-6).

## **ДОДАТКИ**

## Додаток А1

**Середньомісячна кількість опадів за вегетаційний період у роки досліджень у порівнянні з середньою багаторічною**

| Місяць              | квітень |      |      | травень |      |      | червень |      |      | липень |      |      | серпень |      |      |
|---------------------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|--------|------|------|---------|------|------|
|                     | Декада  | 1    | 2    | 3       | 1    | 2    | 3       | 1    | 2    | 3      | 1    | 2    | 3       | 1    | 2    |
| 2014                | 27,8    | 7,7  | 11,5 | 25,6    | 12,5 | 32,2 | 75,8    | 14,7 | 65,5 | 23,3   | 9,2  | 16,4 | 2,0     | 13,5 | 28,5 |
| 2016                | 10,3    | 7,8  | 46,6 | 5,9     | 19,9 | 65,9 | 0,5     | 35,3 | 7,5  | 4,7    | 94,8 | 6,9  | 0,0     | 36,1 | 14,5 |
| 2017                | 0,0     | 30,6 | 10,4 | 1,8     | 24,9 | 8,9  | 1,2     | 7,9  | 9,5  | 1,1    | 15,1 | 15,4 | 0,0     | 0,0  | 11,4 |
| Середня багаторічна | 14,2    | 12,4 | 8,9  | 13,2    | 11,7 | 18,8 | 13,4    | 25,1 | 24,8 | 19,5   | 25,0 | 27,2 | 11,1    | 19,0 | 16,8 |

## Додаток А2

**Температура повітря вегетаційного періоду в роки досліджень у порівнянні з середньою багаторічною**

| Місяць              | квітень |      |      | травень |      |      | червень |      |      | липень |      |      | серпень |      |      |
|---------------------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|--------|------|------|---------|------|------|
|                     | Декада  | 1    | 2    | 3       | 1    | 2    | 3       | 1    | 2    | 3      | 1    | 2    | 3       | 1    | 2    |
| 2014                | 5,0     | 10,0 | 8,9  | 13,7    | 21,9 | 23,2 | 23,1    | 17,8 | 17,3 | 20,6   | 23,5 | 23,4 | 26,8    | 25,0 | 19,7 |
| 2016                | 12,2    | 14,6 | 11,8 | 15,6    | 16,0 | 19,5 | 17,2    | 21,2 | 25,4 | 22,3   | 25,8 | 21,9 | 24,7    | 20,9 | 22,8 |
| 2017                | 10,0    | 6,6  | 11,8 | 16,7    | 11,1 | 18,3 | 19,2    | 19,2 | 22,9 | 19,2   | 21,5 | 24,3 | 27,3    | 27,3 | 19,4 |
| Середня багаторічна | 7,4     | 9,0  | 12,7 | 14,9    | 16,6 | 16,7 | 19,8    | 20,0 | 20,7 | 21,0   | 21,6 | 21,5 | 21,9    | 20,8 | 19,1 |

Додаток Б1  
Енергія проростання насіння зразків пшениці генерації 2014,  $\bar{x} \pm s$ , %

| Вид           | Назва         | Наявність лусок | Контроль | Прискорене старіння |                              |        |         | Проморожування |
|---------------|---------------|-----------------|----------|---------------------|------------------------------|--------|---------|----------------|
|               |               |                 |          | метод 1             | метод 2 з вологістю насіння: |        |         |                |
|               |               |                 |          |                     | 5%                           | 6%     | 7%      |                |
| T. monococcum | UA0300439     | наявна          | 83±4,2   | 82±5,3              | 87±1,4                       | 95±1,4 | 78±2,8  | 70±3,5         |
|               |               | відсутня        | 98±0,7   | 92±4,2              | 85±4,2                       | 97±1,4 | 98±2,8  | 97±4,2         |
| T. sinskajae  | UA0300224     | відсутня        | 91±2,8   | 28±0,0              | 97±1,4                       | 99±1,4 | 98±0,0  | 95±0,7         |
| T.dicoccum    | Полба 3       | наявна          | 90±7,2   | 90±7,1              | 87±9,9                       | 95±7,1 | 99±1,4  | 10±0,0         |
|               |               | відсутня        | 92±7,1   | 93±6,7              | 99±1,4                       | 87±4,2 | 79±7,1  | -              |
| T.dicoccum    | Голіковска    | відсутня        | 96±2,1   | 27±13,4             | 99±0,7                       | 98±2,9 | 60±4,5  | 99±2,3         |
| T.durum       | Спадщина      | відсутня        | 82±8,5   | 70±4,2              | 88±5,7                       | 88±2,8 | 80±2,8  | 99±5,7         |
| T. spelta     | Frankenkorn   | наявна          | 91±14,1  | 8±0,0               | 86±1,2                       | 88±5,3 | 85±16,8 | 30±14,1        |
|               |               | відсутня        | 97±5,7   | 93±2,8              | 93±1,4                       | 91±3,8 | 91±2,8  | -              |
| T. aestivum   | Харківська 26 | відсутня        | 95±1,4   | 93±4,2              | 94±2,8                       | 96±5,7 | 99±1,4  | 97±4,2         |
| T. aestivum   | PI619376      | відсутня        | 90±4,2   | 88±5,7              | 55±21,                       | 86±14, | 85±7,1  | -              |
| T. aestivum   | PI619379      | відсутня        | 85±5,7   | -                   | 5±7,1                        | 83±4,2 | 83±4,2  | -              |

## Додаток Б2

Енергія проростання насіння зразків пшениці генерації, 2016,  $x \pm s$ , %

| Вид           | Назва         | Наявність лусок | Контроль | Прискорене старіння |                              |         |         | Проморожування |
|---------------|---------------|-----------------|----------|---------------------|------------------------------|---------|---------|----------------|
|               |               |                 |          | метод 1             | метод 2 з вологістю насіння: |         |         |                |
|               |               |                 |          |                     | 5%                           | 6%      | 7%      |                |
| T. monococcum | UA0300439     | наявні          | 65±7,1   | 10±8,5              | 58±2,8                       | 35±5,0  | 13±7,1  | 55±7,1         |
|               |               | відсутні        | 100±0,7  | 39±6,1              | 96±0,0                       | 98±0,0  | 97±0,0  | 100±0,0        |
| T. sinskajae  | UA0300224     | відсутні        | 93±4,2   | 24±5,7              | 15±0,0                       | 3±0,0   | 1±0,0   | 90±0,0         |
| T. dicoccum   | Полба 3       | наявні          | 93±4,2   | 35±9,9              | 72±17,0                      | 79±12,7 | 57±4,2  | 78±7,6         |
|               |               | відсутні        | 100±0,6  | 42±8,5              | 95±3,5                       | 94±5,7  | 77±14,9 | 99±0,0         |
| T. dicoccum   | Голіковська   | відсутні        | 97±1,4   | 39±3,5              | 85±7,1                       | 63±10,6 | 0±0,0   | 96±0,7         |
| T. durum      | Спадщина      | відсутні        | 98±0,0   | 30±5,7              | 92±0,0                       | 93±0,0  | 4±0,0   | 99±2,1         |
| T. spelta     | Frankenkorn   | наявні          | 92±0,0   | 10±5,0              | 29±1,4                       | 28±24,6 | 0±0,0   | 70±10,0        |
|               |               | відсутні        | 98±1,4   | 15±5,5              | 82±11,3                      | 68±11,3 | 0±0,0   | 98±2,1         |
| T. aestivum   | Харківська 26 | відсутні        | 99±0,6   | 62±5,3              | 93±4,2                       | 12±5,7  | 0±0,0   | 97±1,4         |
| T. aestivum   | Подільянка    | відсутні        | 97±1,0   | 46±4,0              | 83±4,2                       | 23±3,5  | 0±0,0   | 97±0,0         |
| T. aestivum   | Бунчук        | відсутні        | 97±0,7   | 33±2,7              | 49±7,1                       | 38±2,8  | 0±0,0   | 98±0,7         |
| T. aestivum   | Чорноброва    | відсутні        | 95±1,5   | 45±8,1              | 0±0,0                        | 0±0,0   | 0±0,0   | 94±2,8         |
| T. aestivum   | PI619377      | відсутні        | 96±0,6   | 47±8,1              | 93±0,7                       | 20±24,6 | 0±0,0   | 97±1,4         |
| T. aestivum   | PI619379      | відсутні        | 97±2,7   | 62±7,2              | 95±1,4                       | 70±12,7 | 0±0,0   | 100±0,7        |
| T. aestivum.  | PI619381      | відсутні        | 99±1,5   | 50±10,0             | 50±17,0                      | 40±10,6 | 0±0,0   | 99±1,4         |

Додаток Б3  
Енергія проростання насіння зразків пшениці генерації 2017,  $x \pm s$ , %

| Вид           | Назва         | Наявність лусок | Контроль | Прискорене старіння |                              |         | Проморожування |         |
|---------------|---------------|-----------------|----------|---------------------|------------------------------|---------|----------------|---------|
|               |               |                 |          | метод 1             | метод 2 з вологістю насіння: |         |                |         |
|               |               |                 |          |                     | 5%                           | 6%      |                | 7%      |
| T. monococcum | UA0300439     | наявні          | 84±16,3  | 60±0,0              | 30±14,1                      | 15±7,1  | 11±12,7        | 62±5,7  |
|               |               | відсутні        | 100±0,0  | 27±22,1             | 87±9,9                       | 91±4,2  | 66±5,7         | 100±0,7 |
| T. sinskajae  | UA0300224     | відсутні        | 100±0,0  | 88±8,5              | 96±0,0                       | 97±0,7  | 100±0,7        | 99±0,7  |
| T. dicoccum   | Полба 3       | наявні          | 99±1,4   | 37±29,7             | 37±9,9                       | 36±11,3 | 8±2,8          | 66±11,3 |
|               |               | відсутні        | 100±0,7  | 74±5,7              | 93±2,8                       | 90±2,1  | 65±7,1         | 98±2,1  |
| T. dicoccum   | Голіковська   | відсутні        | 93±2,8   | 81±0,7              | 88±3,5                       | 80±0,0  | 52±2,1         | 87±1,4  |
| T. durum      | Спадщина      | відсутні        | 94±5,0   | 70±4,2              | 87±1,4                       | 79±1,4  | 88±3,5         | 94±2,1  |
| T. spelta     | Frankenkorn   | наявні          | 93±1,4   | 70±14,1             | 45±35,4                      | 26±25,5 | 42±11,3        | 81±9,9  |
|               |               | відсутні        | 99±1,4   | 83±3,5              | 92±0,7                       | 96±1,4  | 78±15,6        | 99 ±1,4 |
| T. aestivum   | Харківська 26 | відсутні        | 96±1,4   | 82±2,1              | 97±0,0                       | 94±0,7  | 93±0,0         | 95±1,4  |
| T. aestivum   | Подільянка    | відсутні        | 100±0,7  | 92±1,4              | 95±0,7                       | 98±0,7  | 96±0,7         | 97±0,7  |
| T. aestivum   | Бунчук        | відсутні        | 100±0,7  | 86±1,4              | 95±5,0                       | 95±0,7  | 96±2,1         | 96±2,8  |
| T. aestivum   | Чорноброва    | відсутні        | 100±0,7  | 91±0,7              | 99±0,7                       | 96±0,0  | 97±0,7         | 97±1,4  |
| T. aestivum   | IR 00413S     | відсутні        | 100±0,7  | 79±12,0             | 97±0,7                       | 100±0,0 | 98±0,7         | 96±1,4  |
| T. aestivum   | IR 00416S     | відсутні        | 100±0,7  | 79±17,0             | 95±2,1                       | 97±2,1  | 97±0,0         | 95±1,4  |
| T. aestivum   | PI619376      | відсутні        | 96±1,4   | 83±3,5              | 97±1,4                       | 97±0,0  | 96±0,0         | 100±0,0 |
| T. aestivum   | PI619377      | відсутні        | 97±1,4   | 82±14,1             | 97±1,4                       | 98±1,4  | 96±2,1         | 99±0,7  |
| T. aestivum   | PI619379      | відсутні        | 98±0,7   | 88±1,4              | 97±0,7                       | 98±0,7  | 98±1,4         | 97±2,1  |
| T. aestivum.  | PI619381      | відсутні        | 100±0,7  | 85±4,2              | 96±0,7                       | 97±0,7  | 97±0,7         | 94±0,7  |

Додаток Б4  
Схожість насіння зразків пшениці генерації 2014,  $\bar{x} \pm s$ , %

| Вид           | Назва         | Наявність лусок | Контроль | Прискорене старіння |                              |         | Проморожування |         |
|---------------|---------------|-----------------|----------|---------------------|------------------------------|---------|----------------|---------|
|               |               |                 |          | метод 1             | метод 2 з вологістю насіння: |         |                |         |
|               |               |                 |          |                     | 5%                           | 6%      |                | 7%      |
| T. monococcum | UA0300439     | наявні          | 99±2,8   | 90±1,4              | 98±2,8                       | 100±0,0 | 92±2,8         | 88±2,7  |
|               |               | відсутні        | 100±0,0  | 98±2,4              | 91±1,4                       | 99±1,4  | 100±0,0        | 100±1,4 |
| T. sinskajae  | UA0300224     | відсутні        | 95±1,4   | 30±4,2              | 99±1,4                       | 100±0,0 | 99±1,4         | 99±0,0  |
| T. dicoccum   | Полба 3       | наявні          | 93±1,7   | 93±4,2              | 95±7,1                       | 99±1,4  | 100±0,0        | 100±2,8 |
|               |               | відсутні        | 96±2,8   | 97±2,7              | 100±0,0                      | 92±2,7  | 95±1,4         | -       |
| T. dicoccum   | Голіковська   | відсутні        | 99±2,1   | 33±9,9              | 99±0,7                       | 99±0,7  | 61±1,4         | 100±1,4 |
| T. durum      | Спадщина      | відсутні        | 85±3,5   | 80±2,8              | 97±1,4                       | 95±1,4  | 82±4,2         | 100±1,4 |
| T. spelta     | Frankenkorn   | наявні          | 98±3,6   | 11±2,8              | 96±0,1                       | 98±3,1  | 99±1,7         | 50±7,1  |
|               |               | відсутні        | 100±2,8  | 95±0,1              | 96±1,4                       | 97±0,3  | 96±1,4         | -       |
| T. aestivum   | Харківська 26 | відсутні        | 99±0,7   | 95±1,4              | 98±2,8                       | 96±1,4  | 100±0,0        | 99±1,4  |
| T. aestivum   | PI619376      | відсутні        | 94±1,4   | 90±2,7              | 85±7,7                       | 92±0,0  | 96±2,8         | -       |
| T. aestivum   | PI619379      | відсутні        | 90±2,8   | -                   | 50±14,1                      | 90±2,8  | 92±5,7         | -       |

Додаток Б5  
Схожість насіння зразків пшениці генерації 2016,  $x \pm s$ , %

| Вид           | Назва         | Наявність лусок | Контроль | Прискорене старіння |                              |         |        | Проморожування |
|---------------|---------------|-----------------|----------|---------------------|------------------------------|---------|--------|----------------|
|               |               |                 |          | метод 1             | метод 2 з вологістю насіння: |         |        |                |
|               |               |                 |          |                     | 5%                           | 6%      | 7%     |                |
| T. monococcum | UA0300439     | наявні          | 82±11,3  | 23±4,2              | 65±7,7                       | 39±4,2  | 19±1,4 | 99±0,7         |
|               |               | відсутні        | 100±0,0  | 50±10,0             | 99±1,4                       | 99±0,7  | 97±0,0 | 100±0,0        |
| T. sinskajae  | UA0300224     | відсутні        | 96±2,8   | 30±10,0             | 40±11,3                      | 10±10,6 | 5±14,1 | 94±1,4         |
| T. dicoccum   | Полба 3       | наявні          | 98±2,8   | 59±12,7             | 75±18,4                      | 86±14,1 | 67±7,1 | 98±3,2         |
|               |               | відсутні        | 100±0,6  | 50±0,0              | 98±2,1                       | 97±3,5  | 89±1,4 | 100±0,0        |
| T. dicoccum   | Голіковська   | відсутні        | 97±0,7   | 45±7,1              | 95±6,4                       | 83±10,6 | 0±0,0  | 99±0,0         |
| T. durum      | Спадщина      | відсутні        | 100±0,7  | 45±7,1              | 94±2,8                       | 95±1,0  | 10±0,7 | 100±0,0        |
| T. spelta     | Frankenkorn   | наявні          | 97±1,0   | 37±12,4             | 95±7,1                       | 50±14,1 | 14±2,8 | 97±1,0         |
|               |               | відсутні        | 100±0,0  | 60±2,0              | 98±2,8                       | 85±7,1  | 0±0,0  | 99±0,7         |
| T. aestivum   | Харківська 26 | відсутні        | 100±0,0  | 81±6,4              | 99±1,4                       | 15±7,1  | 0±0,0  | 99±2,1         |
| T. aestivum   | Подільянка    | відсутні        | 98±1,0   | 65±11,7             | 98±0,6                       | 29±2,1  | 0±0,0  | 100±0,7        |
| T. aestivum   | Бунчук        | відсутні        | 98±0,6   | 51±8,2              | 58±5,7                       | 52±5,7  | 0±0,0  | 99±1,4         |
| T. aestivum   | Чорноброва    | відсутні        | 97±0,6   | 54±6,4              | 3±0,7                        | 3±1,4   | 0±0,0  | 99±0,7         |
| T. aestivum   | IR 00413S     | відсутні        | 99±0,0   | 81±7,1              | 85±10,0                      | 45±14,1 | 10±7,1 | 100±0,0        |
| T. aestivum   | IR 00416S     | відсутні        | 99±1,4   | 84±8,5              | 95±2,8                       | 65±5,4  | 10±1,4 | 100±0,0        |
| T. aestivum   | PI619377      | відсутні        | 98±1,4   | 59±11,5             | 99±0,7                       | 30±10,0 | 0±0,0  | 98±1,4         |
| T. aestivum   | PI619379      | відсутні        | 99±1,0   | 87±6,1              | 96±1,4                       | 75±1,4  | 0±0,0  | 100±0,7        |
| T. aestivum.  | PI619381      | відсутні        | 100±0,6  | 58±12,6             | 93±0,6                       | 70±2,8  | 0±0,0  | 100±0,0        |

Додаток Б6  
Схожість насіння зразків пшениці генерації генерації 2017,  $x \pm s$ , %

| Вид           | Назва         | Наявність лусок | Контроль | Прискорене старіння |                              |         | Проморожування |         |
|---------------|---------------|-----------------|----------|---------------------|------------------------------|---------|----------------|---------|
|               |               |                 |          | метод 1             | метод 2 з вологістю насіння: |         |                |         |
|               |               |                 |          |                     | 5%                           | 6%      |                | 7%      |
| T. monococcum | UA0300439     | наявні          | 89±9,2   | 70±7,1              | 30±14,1                      | 15±7,1  | 11±12,7        | 73±7,1  |
|               |               | відсутні        | 100±0,0  | 70±12,9             | 91±4,2                       | 94±5,0  | 66±6,4         | 100±0,7 |
| T. sinskajae  | UA0300224     | відсутні        | 100±0,0  | 88±7,8              | 98±0,7                       | 98±1,4  | 100±0,7        | 99±0,7  |
| T. dicoccum   | Полба 3       | наявні          | 100±0,0  | 48±25,5             | 43±9,9                       | 30±5,7  | 12±2,8         | 72±2,8  |
|               |               | відсутні        | 100±0,0  | 76±5,0              | 96±2,8                       | 85±2,8  | 71±1,4         | 98±2,8  |
| T. dicoccum   | Голіковська   | відсутні        | 94±3,5   | 82±0,7              | 88±2,8                       | 82±2,1  | 61±1,4         | 90±0,7  |
| T. durum      | Спадщина      | Відсутні        | 95±5,0   | 81±0,7              | 92±2,1                       | 84±0,7  | 90±2,1         | 95±1,4  |
| T. spelta     | Frankenkorn   | Наявні          | 97±1,4   | 84±8,5              | 51±41,0                      | 39±21,2 | 52±11,3        | 86±8,5  |
|               |               | Відсутні        | 100±0,0  | 87±1,4              | 94±1,4                       | 100±0,7 | 94±3,5         | 99±1,4  |
| T. aestivum   | Харківська 26 | Відсутні        | 98±1,4   | 88±3,5              | 98±0,7                       | 96±0,7  | 96±3,5         | 97±1,4  |
| T. aestivum   | Подільянка    | Відсутні        | 100±0,7  | 95±0,0              | 96±0,7                       | 100±0,7 | 97±0,7         | 98±0,0  |
| T. aestivum   | Бунчук        | Відсутні        | 100±0,0  | 91±0,7              | 96±0,7                       | 97±3,5  | 97±0,7         | 96±2,1  |
| T. aestivum   | Чорноброва    | Відсутні        | 100±0,0  | 94±0,0              | 100±0,7                      | 99±0,7  | 98±0,7         | 98±0,0  |
| T. aestivum   | PI619376      | Відсутні        | 98±0,7   | 86±3,5              | 98±0,7                       | 98±1,4  | 98±1,4         | 100±0,0 |
| T. aestivum   | PI619379      | Відсутні        | 98±0,0   | 92±2,1              | 98±0,7                       | 99±0,7  | 98±0,7         | 97±2,1  |

## Додаток Б7

Довжина первинних корінців з насіння зразків пшениці генерації 2014,  $x \pm s$ , %

| Вид           | Назва         | Наявність лусок | Контроль | Прискорене старіння |                              |          | Проморожування |          |
|---------------|---------------|-----------------|----------|---------------------|------------------------------|----------|----------------|----------|
|               |               |                 |          | метод 1             | метод 2 з вологістю насіння: |          |                |          |
|               |               |                 |          |                     | 5%                           | 6%       |                | 7%       |
| T. monococcum | UA0300439     | Наявні          | 12,3±1,8 | 6,0±2,3             | 12,6±2,8                     | 11,4±1,9 | 12,1±3,2       | 10,5±3,0 |
|               |               | Відсутні        | 11,6±1,9 | 7,3±2,1             | 6,0±2,0                      | 13,8±2,6 | 11,3±1,4       | 12,0±2,0 |
| T. sinskajae  | UA0300224     | Відсутні        | 10,2±3,1 | 6,2±1,8             | 8,5±4,0                      | 13,0±3,4 | 12,3±5,0       | 14,7±1,7 |
| T. dicoccum   | Полба 3       | Наявні          | 16,1±2,3 | 13,4±2,9            | 15,3±4,1                     | 19,5±4,3 | 18,1±4,4       | 18,8±3,5 |
|               |               | Відсутні        | 16,5±2,1 | 13,7±2,9            | 19,3±3,2                     | 19,1±4,1 | 16,0±4,5       | -        |
| T. dicoccum   | Голіковська   | Відсутні        | 15,7±2,9 | 13,0±2,9            | 14,7±3,1                     | 13,9±3,5 | 6,6±4,5        | 16,9±2,4 |
| T. durum      | Спадщина      | Відсутні        | 9,9±1,5  | 10,8±2,3            | 8,1±2,6                      | 15,6±3,9 | 10,9±2,3       | 13,7±2,5 |
| T. spelta     | Frankenkorn   | Наявні          | 13,0±1,9 | 9,3±3,9             | 14,9±2,3                     | 11,3±2,9 | 13,4±3,9       | 16,4±2,7 |
|               |               | Відсутні        | 14,4±2,1 | 11,4±2,6            | 14,8±3,8                     | 14,7±3,5 | 14,7±2,2       | -        |
| T. aestivum   | Харківська 26 | Відсутні        | 13,0±3,9 | 12,9±2,3            | 13,7±2,8                     | 13,0±2,8 | 11,7±2,1       | 14,9±2,1 |
| T. aestivum   | PI619376      | Відсутні        | 9,2±2,0  | 10,1±2,3            | 5,0±1,5                      | 8,7±4,9  | 12,6±2,5       | -        |
| T. aestivum   | PI619379      | Відсутні        | 13,4±3,3 | -                   | 5,5±1,8                      | 14,4±4,1 | 15,0±3,4       | -        |

## Додаток Б8

Довжина первинних корінців з насіння зразків пшениці генерації 2016,  $x \pm s$ , %

| Вид           | Назва         | Наявність лусок | Контроль | Прискорене старіння |                              |          |          | Проморожування |
|---------------|---------------|-----------------|----------|---------------------|------------------------------|----------|----------|----------------|
|               |               |                 |          | метод 1             | метод 2 з вологістю насіння: |          |          |                |
|               |               |                 |          |                     | 5%                           | 6%       | 7%       |                |
| T. monococcum | UA0300439     | наявні          | 13,5±2,3 | 12,0±1,9            | 11,8±2,4                     | 14,2±2,2 | 1,0±0,0  | 17,2±3,8       |
|               |               | відсутні        | 12,8±2,2 | 10,9±3,2            | 12,3±3,0                     | 11,5±1,9 | 4,6±2,2  | 16,5±2,9       |
| T. sinskajae  | UA0300224     | відсутні        | 13,3±2,7 | 6,8±3,4             | 11,5±4,5                     | 8,0±3,7  | 0,0±0,0  | 16,6±2,2       |
| T. dicoccum   | Полба 3       | наявні          | 16,9±2,9 | 12,9±2,7            | 19,4±3,2                     | 18,4±1,9 | 14,6±3,3 | 19,6±2,4       |
|               |               | відсутні        | 16,4±2,1 | 13,1±2,8            | 15,1±4,3                     | 16,1±4,3 | 11,5±2,5 | 18,9±1,8       |
| T. dicoccum   | Голіковська   | відсутні        | 14,3±2,5 | 11,5±4,4            | 11,6±3,4                     | 15,0±3,0 | 0,0±0,0  | 15,3±1,9       |
| T. durum      | Спадщина      | відсутні        | 16,6±2,7 | 12,0±3,0            | 11,6±5,6                     | 11,8±4,1 | 2,0±0,0  | 16,7±2,9       |
| T. spelta     | Frankenkorn   | наявні          | 15,6±3,1 | 15,2±2,9            | 11,4±3,4                     | 8,2±4,2  | 2,3±1,9  | 18,6±4,0       |
|               |               | відсутні        | 15,9±3,0 | 14,1±5,4            | 13,2±3,6                     | 14,9±4,2 | 0,0±0,0  | 18,1±3,9       |
| T. aestivum   | Харківська 26 | відсутні        | 15,4±3,1 | 16,1±3,3            | 10,8±2,6                     | 3,0±0,0  | 0,0±0,0  | 17,8±3,5       |
| T. aestivum   | Подільянка    | відсутні        | 17,0±3,1 | 15,2±3,8            | 10,2±2,5                     | 3,8±1,0  | 0,0±0,0  | 17,2±3,2       |
| T. aestivum   | Бунчук        | відсутні        | 16,0±3,1 | 12,2±3,4            | 9,7±2,8                      | 8,6±3,4  | 0,0±0,0  | 16,5±3,9       |
| T. aestivum   | Чорноброва    | відсутні        | 16,4±3,4 | 15,2±4,1            | 0,0±0,0                      | 1,0±0,0  | 0,0±0,0  | 16,9±2,1       |
| T. aestivum   | PI619379      | відсутні        | 15,6±3,0 | 16,0±3,9            | 13,5±3,9                     | 8,8±2,7  | 0,0±0,0  | 15,2±2,1       |

## Додаток Б9

Довжина первинних корінців з насіння зразків пшениці генерації 2017,  $x \pm s$ , %

| Вид           | Назва         | Наявність лусок | Контроль | Прискорене старіння |                              |          | Проморожування |          |
|---------------|---------------|-----------------|----------|---------------------|------------------------------|----------|----------------|----------|
|               |               |                 |          | метод 1             | метод 2 з вологістю насіння: |          |                |          |
|               |               |                 |          |                     | 5%                           | 6%       |                | 7%       |
| T. monococcum | UA0300439     | наявні          | 12,5±2,3 | 12,4±2,9            | 12,3±5,3                     | 10,8±3,4 | 1,5±0,7        | 12,6±3,1 |
|               |               | відсутні        | 13,9±3,2 | 5,0±1,8             | 12,5±3,4                     | 14,0±4,8 | 2,3±1,9        | 12,7±3,9 |
| T. sinskajae  | UA0300224     | відсутні        | 13,8±1,9 | 12,5±2,9            | 12,1±2,7                     | 14,0±2,8 | 11,9±3,6       | 14,1±2,6 |
| T. dicoccum   | Полба 3       | наявні          | 19,5±3,0 | 17,1±3,5            | 15,0±2,6                     | 14,5±4,1 | 11,8±4,0       | 19,7±2,6 |
|               |               | відсутні        | 15,7±3,0 | 13,4±4,8            | 13,4±3,3                     | 11,1±4,2 | 10,6±3,1       | 17,5±4,0 |
| T. dicoccum   | Голіковська   | відсутні        | 11,5±2,8 | 13,1±3,8            | 11,3±3,2                     | 10,1±3,3 | 4,1±3,5        | 14,9±4,2 |
| T. durum      | Спадщина      | відсутні        | 15,6±2,4 | 15,7±4,3            | 17,1±1,9                     | 15,7±2,8 | 14,0±2,9       | 19,6±3,4 |
| T. spelta     | Frankenkorn   | наявні          | 16,1±4,3 | 16,0±4,0            | 14,9±2,8                     | 12,8±3,3 | 5,7±2,2        | 12,0±2,7 |
|               |               | відсутні        | 14,0±3,1 | 16,3±3,2            | 13,6±3,2                     | 15,1±3,1 | 8,8±2,4        | 14,8±3,2 |
| T. aestivum   | Харківська 26 | відсутні        | 16,5±1,8 | 16,3±3,4            | 19,0±3,2                     | 15,6±2,2 | 13,3±2,7       | 16,8±2,4 |
| T. aestivum   | Подільянка    | відсутні        | 15,7±2,1 | 16,3±2,2            | 17,3±2,7                     | 14,6±1,8 | 15,1±2,5       | 15,2±3,5 |
| T. aestivum   | Бунчук        | відсутні        | 15,8±2,1 | 17,0±3,5            | 19,0±2,2                     | 18,1±2,7 | 17,6±2,4       | 15,9±2,1 |
| T. aestivum   | Чорноброва    | відсутні        | 13,3±2,2 | 16,2±3,7            | 15,2±3,0                     | 15,8±2,3 | 13,5±2,6       | 15,2±2,5 |
| T. aestivum   | PI619376      | відсутні        | 11,3±2,5 | 14,0±3,8            | 13,9±3,7                     | 13,0±3,0 | 13,2±2,6       | 11,1±3,5 |
| T. aestivum   | PI619379      | відсутні        | 14,6±1,8 | 16,3±2,7            | 15,1±3,0                     | 14,4±2,2 | 15,8±2,6       | 17,9±2,9 |

## Додаток Б10

Довжина первинних листків з насіння зразків пшениці генерації 2014,  $x \pm s$ , %

| Вид           | Назва         | Наявність лусок | Контроль | Прискорене старіння |                              |          | Проморо-Жування |          |
|---------------|---------------|-----------------|----------|---------------------|------------------------------|----------|-----------------|----------|
|               |               |                 |          | метод 1             | метод 2 з вологістю насіння: |          |                 |          |
|               |               |                 |          |                     | 5%                           | 6%       |                 | 7%       |
| T. monococcum | UA0300439     | наявні          | 12,1±2,0 | 6,6±1,9             | 10,7±3,8                     | 11,7±3,4 | 11,4±3,2        | 8,8±2,5  |
|               |               | відсутні        | 11,7±2,0 | 8,9±2,0             | 9,7±2,0                      | 12,6±2,3 | 12,2±2,0        | 11,0±1,5 |
| T. sinskajae  | UA0300224     | відсутні        | 9,0±2,3  | 6,9±2,0             | 9,7±2,4                      | 12,0±3,1 | 8,8±2,8         | 11,1±2,5 |
| T. dicoccum   | Полба 3       | наявні          | 13,4±2,0 | 10,5±2,3            | 13,2±3,4                     | 15,5±5,1 | 16,9±3,8        | 13,9±3,2 |
|               |               | відсутні        | 13,7±1,6 | 12,6±2,0            | 15,2±3,5                     | 14,2±3,8 | 14,0±2,6        | -        |
| T. dicoccum   | Голіковська   | відсутні        | 10,7±2,7 | 16,0±3,1            | 11,2±3,3                     | 11,1±4,1 | 5,5±3,6         | 11,5±2,1 |
| T. durum      | Спадщина      | відсутні        | 6,8±2,7  | 6,7±2,1             | 8,8±2,6                      | 13,2±2,5 | 12,3±1,7        | 12,5±2,9 |
| T. spelta     | Frankenkorn   | наявні          | 9,1±1,1  | 7,0±1,8             | 9,4±2,9                      | 9,3±1,9  | 8,6±2,3         | 10,8±2,7 |
|               |               | відсутні        | 11,4±1,2 | 8,6±2,1             | 11,6±2,4                     | 12,1±2,0 | 11,8±1,4        | -        |
| T. aestivum   | Харківська 26 | відсутні        | 8,8±2,6  | 9,5±0,9             | 8,3±2,2                      | 8,1±2,1  | 8,0±2,4         | 8,3±1,3  |
| T. aestivum   | PI619376      | відсутні        | 5,5±1,1  | 6,5±1,4             | 3,1±0,9                      | 4,0±2,1  | 7,6±1,6         | -        |
| T. aestivum   | PI619379      | відсутні        | 8,2±2,3  | -                   | 2,4±0,4                      | 9,4±3,4  | 9,3±3,0         | -        |

## Додаток Б11

Довжина первинних корінців з насіння зразків пшениці генерації 2016,  $x \pm s$ , %

| Вид           | Назва         | Наявність лусок | Контроль | Прискорене старіння |                              |          |          | Проморожування |
|---------------|---------------|-----------------|----------|---------------------|------------------------------|----------|----------|----------------|
|               |               |                 |          | метод 1             | метод 2 з вологістю насіння: |          |          |                |
|               |               |                 |          |                     | 5%                           | 6%       | 7%       |                |
| T. monococcum | UA0300439     | Наявні          | 12,5±1,6 | 12,8±1,4            | 15,0±2,0                     | 15,5±2,2 | 3,2±1,7  | 18,1±3,4       |
|               |               | відсутні        | 12,6±2,8 | 15,1±2,1            | 14,1±2,0                     | 14,7±1,4 | 10,1±1,4 | 16,9±1,7       |
| T. sinskajae  | UA0300224     | відсутні        | 11,7±1,4 | 9,4±2,9             | 10,5±3,3                     | 7,3±2,2  | 0,0±0,0  | 16,9±2,1       |
| T. dicoccum   | Полба 3       | Наявні          | 11,9±2,7 | 16,9±2,6            | 16,6±2,6                     | 15,4±1,7 | 13,3±1,3 | 18,1±2,6       |
|               |               | відсутні        | 12,8±2,3 | 17,8±3,9            | 14,6±3,4                     | 15,2±2,1 | 12,1±2,2 | 14,4±3,6       |
| T. dicoccum   | Голіковска    | відсутні        | 9,2±1,6  | 12,1±3,1            | 9,4±2,4                      | 12,4±2,6 | 0,0±0,0  | 9,1±2,8        |
| T. durum      | Спадщина      | відсутні        | 11,3±1,8 | 13,9±3,2            | 14,9±3,0                     | 12,9±3,0 | 4,3±1,3  | 14,2±2,1       |
| T. spelta     | Frankenkorn   | Наявні          | 10,9±2,7 | 13,2±3,1            | 10,8±2,3                     | 9,3±1,9  | 3,4±1,7  | 13,0±2,7       |
|               |               | відсутні        | 10,6±3,1 | 13,9±4,2            | 9,5±2,6                      | 11,5±3,4 | 0,0±0,0  | 13,1±2,6       |
| T. aestivum   | Харківська 26 | відсутні        | 8,8±1,9  | 12,6±3,2            | 13,0±3,3                     | 1,5±0,7  | 0,0±0,0  | 11,5±2,3       |
| T. aestivum   | Подільянка    | відсутні        | 10,8±2,2 | 13,3±3,5            | 10,2±1,6                     | 3,3±1,0  | 0,0±0,0  | 12,4±2,8       |
| T. aestivum   | Бунчук        | відсутні        | 10,7±2,2 | 12,0±3,4            | 12,7±2,9                     | 10,1±3,0 | 0,0±0,0  | 10,9±3,0       |
| T. aestivum   | Чорноброва    | відсутні        | 9,4±2,6  | 12,4±3,0            | 0,0±0,0                      | 1,0±0,0  | 0,0±0,0  | 11,2±2,5       |
| T. aestivum   | PI619379      | відсутні        | 10,5±2,8 | 12,4±2,1            | 9,4±1,8                      | 7,7±1,6  | 0,0±0,0  | 9,2±1,6        |

## Додаток Б12

Довжина первинних корінців з насіння зразків пшениці генерації 2017,  $x \pm s$ , %

| Вид           | Назва         | Наявність лусок | Контроль | Прискорене старіння |                              |          | Проморожування |          |
|---------------|---------------|-----------------|----------|---------------------|------------------------------|----------|----------------|----------|
|               |               |                 |          | метод 1             | метод 2 з вологістю насіння: |          |                |          |
|               |               |                 |          |                     | 5%                           | 6%       |                | 7%       |
| T. monococcum | UA0300439     | Наявні          | 15,6±1,9 | 19,0±3,2            | 15,5±4,7                     | 17,3±3,0 | 1,0±0,0        | 17,7±2,2 |
|               |               | Відсутні        | 17,5±2,7 | 17,7±4,2            | 16,6±2,9                     | 15,5±4,4 | 1,0±0,0        | 19,3±1,7 |
| T. sinskajae  | UA0300224     | Відсутні        | 13,2±3,1 | 15,2±3,7            | 13,4±2,4                     | 15,2±2,1 | 13,9±2,4       | 17,4±3,2 |
| T. dicoccum   | Полба 3       | Наявні          | 17,8±4,2 | 21,2±4,0            | 16,5±4,8                     | 16,2±3,9 | 12,7±5,6       | 20,7±4,5 |
|               |               | Відсутні        | 12,9±2,7 | 19,0±4,7            | 16,1±2,5                     | 16,3±3,2 | 15,4±3,5       | 17,4±3,2 |
| T. dicoccum   | Голіковска    | Відсутні        | 13,5±2,2 | 16,8±3,6            | 15,9±1,8                     | 15,2±2,5 | 10,2±3,5       | 15,6±3,4 |
| T. durum      | Спадщина      | Відсутні        | 14,5±1,7 | 15,5±2,4            | 14,6±1,8                     | 15,8±1,5 | 17,0±3,6       | 14,6±1,8 |
| T. spelta     | Frankenkorn   | Наявні          | 15,4±2,2 | 18,3±2,5            | 15,3±2,9                     | 14,4±3,2 | 12,5±2,0       | 17,2±2,6 |
|               |               | Відсутні        | 14,0±3,1 | 17,2±2,3            | 16,0±3,2                     | 13,8±2,8 | 10,9±2,4       | 16,9±2,0 |
| T. aestivum   | Харківська 26 | Відсутні        | 11,5±2,4 | 14,2±2,3            | 13,7±2,0                     | 11,0±2,0 | 14,2±1,9       | 14,4±2,3 |
| T. aestivum   | Подільянка    | Відсутні        | 12,4±2,3 | 13,7±2,4            | 15,8±1,9                     | 12,5±2,0 | 15,5±1,1       | 14,1±2,2 |
| T. aestivum   | Бунчук        | Відсутні        | 10,8±0,7 | 12,4±2,5            | 13,8±2,0                     | 13,2±1,8 | 14,0±2,3       | 12,5±1,4 |
| T. aestivum   | Чорноброва    | Відсутні        | 8,3±1,6  | 11,4±2,4            | 11,2±1,4                     | 11,5±2,5 | 10,3±1,5       | 12,9±2,1 |
| T. aestivum   | PI619376      | Відсутні        | 5,7±1,6  | 12,2±1,3            | 10,2±1,6                     | 10,4±1,2 | 11,0±1,6       | 10,4±1,7 |
| T. aestivum   | PI619379      | Відсутні        | 8,6±1,6  | 11,9±1,3            | 10,6±1,3                     | 10,3±1,8 | 11,0±1,5       | 12,5±1,6 |

## Додаток В1



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ім. В.В. ДОКУЧАЄВА**

 м/в Докучаєвське – 2, Харківський район, Харківська область, 62483, тел. (057) 709-03-00,  
 факс (057) 709-03-10, E-mail: office@knaui.kharkov.ua, код ЄДРПОУ 00493764

09.06.2016 № 01-24/213

## Довідка

Дана у тому, що у Харківському національному аграрному університеті ім. В.В. Докучаєва при вирощуванні та зберіганні зразків плівчастих видів пшениці – *Triticum monococcum* L., *T. dicoccum* (Schränk) Schuebl., *T. timopheevii* (Zhuk.) Zhuk., *T. spelta* L., *T. macha* Dekapr. et Menabde використовуються рекомендації, зроблені Скороходовим Микитою Юрійовичем за результатами його дисертації:

- посів здійснюється насінням, звільненим від лусок;
- довговічність насіння прогнозується за показниками антиоксидантної активності.

 Т.в.о. ректора Харківського національного  
 аграрного університету ім. В.В. Докучаєва  
 кандидат економічних наук, професор


Р.М. Шелудько

 Завідувач кафедри генетики, селекції  
 та насінництва, доктор сільськогосподарських  
 наук, професор

Т.І. Гопцій

 Доцент кафедри генетики, селекції  
 та насінництва, кандидат біологічних наук

Р.В. Рожков

## Додаток В2



**УСТИМІВСЬКА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ РОСЛИНИЦТВА  
ІНСТИТУТУ РОСЛИНИЦТВА ІМ. В.Я. ЮР'ЄВА  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

39074, с. Устимівка, Глобинського району, Полтавської області  
Тел./факс +38 05365 24754, +38 05365 24205, тел. +38 05365 31644, e-mail uds@kremen.ukrtel.net

27.07.2020 № 111

**Довідка**

Дана у тому, що на Устимівській дослідній станції, в Дублетному сховищі насіння зразків генофонду рослин України, при середньостроковому зберіганні насіння зразків генофонду півчастих видів пшениці – *Triticum monocoecum* L., *T. dicocum* (Schrank) Schuebl., *T. timopheevii* (Zhuk.) Zhuk., *T. militinae* Zhuk. et E. Mig usch., *T. spelta* L., *T. macha* Decarp. et Menabde використовуються рекомендації, зроблені за результатами досліджень Скороходова Микити Юрійовича:

- 1) на довгострокове зберігання закладається насіння, звільнене від лусок;
- 2) перед закладкою на зберігання насіння висувається до вологості 5-6 %;
- 3) насіння колекційних зразків висівається звільненим від лусок.

Директор Устимівської дослідної станції  
рослиництва Інституту рослинництва  
ім. В.Я. Юр'єва НААН,  
кандидат сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник



Ю.В. Харченко

## Додаток ВЗ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

вул. Інститутська, 1 м. Умань, Черкаська обл., 20305  
тел.: (04744) 4-69-89, 3-20-11 Факс: (04744) 3-20-41, 3-53-18  
E-mail: [udau@udau.edu.ua](mailto:udau@udau.edu.ua) Web: [www.udau.edu.ua](http://www.udau.edu.ua) КОД ЄДРПОУ 00493787

22.09.2022 № 08-10/741

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Про впровадження результатів  
науково-дослідної  
роботи у навчальний процес

## Довідка

Видана науковому співробітнику лабораторії інтродукції та зберігання генетичних ресурсів рослин Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва Скороходову Микиті Юрійовичу в тому, що його зразки (насіння плівкових видів пшениці *Triticum monococtum* L., *Triticum dicocum* (Schrank) Schuebl., *Triticum timopheevii* (Zhuk.) Zhuk., *Triticum militinae* Zhuk. et E. Migusch., *Triticum spelta* L., *Triticum macha* Desarg. et Menabde) використовуються в навчальному процесі під час вивчення курсів «Сучасні досягнення харчової науки», «Технології зберігання і переробки зерна», «Технологія круп'яного виробництва» студентами VI курсу інженерно-технологічного факультету.

Проректор з  
науково-педагогічної роботи

М. І. Мальований

## Додаток Г

### Список публікацій здобувача

#### Статті у фахових наукових виданнях України

1. Скороходов М. Ю., Поздняков В. В., Богуславський Р. Л. Роль антиоксидантної активності у довговічності насіння представників видів і малопоширених форм пшениці. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2017. Вип. 112. С. 104–117.
2. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Вплив проморожування на насіння зразків малопоширених видів пшениці. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області : науково-виробничий збірник* / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2018. № 24. С. 181–189
3. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л., Лютенко В. С. Вплив вологості насіння різних видів пшениці на його довговічність. *Генетичні ресурси рослин* : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2019. № 24. С.121–128.
4. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Вплив лусок на довговічність насіння плівчастих пшениць в умовах прискореного старіння. *Генетичні ресурси рослин* : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2019. № 25. С. 151–159.
5. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Довговічність насіння форм пшениці м'якої з фіолетивим і восковидним зерном. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2020. Вип. 117. С. 146–157.

#### Статті у наукових іноземних виданнях

6. Seed longevity of some wheat species and cultivars based on their antioxidant activity / N. Yu. Skorokhodov, V. V. Pozdniakov, O. V. Antsiferova, R. L. Boguslavskiy. *Annual Wheat Newsletter*. 2019. Vol. 65. P. 51–59.

## Матеріали наукових конференцій

7. Герасимов М.В., Задорожна О.А., Шиянова Т.П., Скороходов М.Ю. Зберігання зразків насіння в НЦГРРУ // Генетичне та сортове різноманіття рослин для покращення якості життя людей: Тези доповідей. Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 25-річчю Національного ген банку рослин України – Київ (4–7 липня 2016 року). Київ, 2016. С.200–202.
8. Скороходов М. Ю Довговічність насіння представників видів пшениці у модельному досліді. *Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату* : збірник наукових праць всеукраїнської науково-практичної конференції (Кам'янець-Подільський, 15–16 черв. 2017 р). Кам'янець-Подільський, 2018. С. 215–218.
9. Скороходов М. Ю., Поздняков В. В., Богуславський Р. Л. Вплив режимів прискореного старіння на антиоксидантну активність насіння представників видів пшениці. *Реалізація потенціалу сортів зернових культур шлях вирішення продовольчої безпеки* : матеріал. міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 110-річчю від дня народження академіка-селекціонера В.М.Ремесла (20 жовт. 2017 г.). Центральне, 2017. С. 52–53.
10. Скороходов М. Ю. Вплив проморожування на насіння зразків малопоширених видів пшениці. *Селекційно-генетична наука і освіта* : матеріали VII міжнародної наукової конференції (Парієві читання) (19–21 бер. 2018 р.). Умань, 2018. С. 247–251.
- 11.. Seeds storage under different temperatures and controlled moisture / O. A. Zadorozhna, V. K. Ryabchun, T. P. Shyianova, M. Yu. Skorokhodov. *Topic of the Scientific Seed Symposium : testing Methods and Research on Seed Quality. Prüfungsmethoden und Forschungsansätze zur Saatgutqualität. IPK Gatersleben – (10 – 12 Apr. 2018 at). Gatersleben, 2018. P.31.*
12. Скороходов М. Ю., Задорожна О. А. Порівняльна довговічність насіння зразків малопоширених видів пшениці у модельному досліді. *Сучасні технології підвищення генетичного потенціалу рослин* : збірник тез.

міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю Національної академії аграрних наук та 110-річчю заснування Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН (Харків, 4–5 липня 2018 р.). Харків, 2018. С. 195–196.

13. Скороходов М. Ю. Вплив вологості насіння на здатність до зберігання // *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур* : матеріали VII міжнародної наукової конференції молодих вчених і спеціалістів (Центральне, 19 квітня 2019 р.). Центральне, 2019. С. 106.
14. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Довговічність насіння півчастих видів пшениці у модельному досліді. *Підвищення ефективності селекції та рослинництва у сучасних умовах* : збірник тез міжнародної наукової конференції, присвяченої пам'яті науковій спадщині видатного вченого Василя Яковича Юр'єва (Харків, 3–5 липня 2019 р.). Харків, 2019. С. 168–169.
15. Скороходов М. Ю., Богуславський Р. Л. Наявність лусок як чинник довговічності насіння півчастих видів пшениці. Стан та перспективи насінництва сільськогосподарських культур. Теорія, методологія нормативна правова база, практика : матер. міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 18–19 грудня 2019 р.) / СГІ-НЦНС. Одеса, 2019. С. 27–28.

#### Наукові посібники, каталоги, винаходи

16. Богуславський Р.Л., Рябчун В.К., Голік О.В., Діденко С.Ю., Кір'ян В.М., Вискуб Р.С., Задорожна О.А., Докукіна К.І., Бондаренко В.М., Кузьмишина Н.В., Сергєєва І.Л., Скороходов М.Ю., Шиянова Т.П., Криштопа Н.І., Вечерська Л.А. Генетичне різноманіття малопоширених видів, диких родичів та амфідиплоїдів пшениці у Національному генбанку рослин України Харків – 2018. С.1–45.