

## АНОТАЦІЯ

*Левченко О. С.* Ідентифікація генетичного різноманіття тритикале озимого за ознаками придатності до переробки на біоетанол. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агрономія. – ННЦ «Інститут землеробства НААН». – Чабани, 2021.

Проблема вичерпності запасів вуглеводневого палива обумовлює пошук нових альтернативних джерел, одним із яких є біопаливо. Перспективною культурою для переробки на біоетанол є тритикале озиме, що забезпечує гарні врожаї зерна та невибагливо до умов вирощування. Сорти тритикале спирто-дистилятного напрямку використання повинні бути високопродуктивними, характеризуватися високим вмістом крохмалю, підвищеним вмістом у ньому амілопектину та однорідною і дрібною структурою крохмальних гранул. Створення і впровадження нових сортів із відповідним комплексом ознак дозволить підвищити обсяги і покращити ефективність виробництва біопалива.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що уперше проведено поглиблений аналіз колекції тритикале озимого за гранулометричною структурою крохмалю і алельним станом генів *Wx*; виділені нові цінні джерела за основними ознаками придатності для переробки на біопаливо для подальшого цілеспрямованого застосування у практичній селекції; встановлена достовірна від'ємна кореляція між наявністю у зразків алелю *Wx-A1* і середнім розміром крохмальних гранул. Вдосконалено способи оцінки та добору селекційного матеріалу тритикале за морфологічними параметрами крохмальних гранул зерна. Набули подальшого розвитку наукові положення щодо особливостей прояву і мінливості та характеру кореляційних зв'язків ознак, які обумовлюють формування продуктивності і якості зерна; підвищення достовірності

оцінювання і прискорення процесу добору селекційного матеріалу на основі застосування різних методів математико-статистичного аналізу.

Практичне значення одержаних результатів полягає у виділенні нових джерел цінних ознак за придатністю до переробки на біопаливо, які включені в програму селекційної роботи із тритикале озимим у ННЦ «Інститут землеробства НААН». Передано на реєстрацію у НЦГРРУ чотири колекційні зразки тритикале озимого: 221, 141 (висока маса 1000 зерен) і 123, 101 (підвищений вміст крохмалю). Створено і передано до Українського інституту експертизи сортів рослин для проходження випробування два сорти тритикале озимого Фродо (Заява № 21022002 від 25.02.2021) і Олевія (Заява № 21022003 від 25.02.2021). Розроблено і запатентовано «Спосіб добору селекційного матеріалу тритикале за гранулометричним складом крохмалю» (Патент на корисну модель № 140021, 2020 р.).

У першому розділі дисертації проаналізовано наукові роботи вітчизняних та зарубіжних вчених з питань історії культури тритикале, його морфо-біологічних особливостей, досягнень і завдань селекції. Розглянуто стан сучасних досліджень з визначення ефективності переробки різних культур на біопаливо і створення сортів спирто-дистилятного напрямку використання. Головна увага приділена опрацюванню літературних джерел з питань селекції на підвищення вмісту і покращення якості крохмалю, виявлення генетичного різноманіття за ознаками придатності до виробництва біоетанолу, насамперед за гранулометричною структурою та типом крохмалю. На основі аналізу джерел літератури визначено актуальність теми, обґрунтовано мету і завдання дослідження, розроблено програму наукових досліджень.

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводили впродовж 2016–2020 років у ННЦ «Інститут землеробства НААН», дослідні поля якого розміщені у Фастівському районі Київської області. У другому розділі наведено ґрунтові і погодно-кліматичні умови місця проведення дослідів, матеріали та методи досліджень і аналізу отриманих результатів. Предметом

дослідження був колекційний матеріал тритикале озимого різного еколого-географічного походження. Використовували польові, лабораторні, вимірювально-вагові і математико-статистичні методи досліджень. Аналіз хімічних показників якості зерна здійснювали методом інфрачервоної спектроскопії на приладі Infrac 1241; визначення гранулометричної структури крохмалю – методом світлової мікроскопії із застосуванням комп'ютерної програми ImageJ; ідентифікацію за алельним станом генів *Wx* – методом ПЛР; статистичну обробку отриманих даних – за допомогою комп'ютерної програми Statistica 8.

У третьому розділі розглянуті результати оцінки колекційних зразків за зерною продуктивністю та іншими цінними господарськими ознаками, виявлені особливості і закономірності їх прояву. Межі варіювання врожайності у середньому за роки досліджень становили по колекції від 3,69 до 5,17 т/га. На прояв цієї ознаки рівнозначно впливали як генотип зразка, так і умови вирощування, частка впливу яких становила 49,0 і 48,8 %. Як кращі за врожайністю зерна (5,01–5,17 т/га) виділено номери 181, 101, 185, 219 і сорт Аристократ. Встановлено, що у більшості високоврожайних зразків висота рослин становила від 110 до 121 см, а оптимальна кількість продуктивних стебел – до 1,5 штук на рослину. Найменша генотипова різноманітність зразків виявлена за масою зерна з рослини, масою 1000 зерен і висотою рослин ( $V$ , % – 8,7, 8,8 і 9,8, відповідно). Середня варіабельність встановлена за кількістю зерен з рослини та з одного колосу і продуктивною кущистістю ( $V$ , % – 10,6; 19,8 і 15,5, відповідно), значна – за масою зерна з одного колосу ( $V$ , % – 20,5). Із застосуванням кореляційного і регресійного аналізу встановлено силу зв'язків, напрямок і величину змін зернової продуктивності при змінюванні параметрів елементів її структури. Виділені цінні джерела за масою і кількістю зерен з одного колосу, масою 1000 зерен тощо (141, 123, 205, 157, 153, 217 та інші).

Результати аналізу колекції за біохімічними показниками якості зерна наведені у розділі 4. Найвищий вміст крохмалю у зерні визначено у 2017

році, який був найсприятливішим для формування високої врожайності. Виявлено різну реакцію зразків на зміну умов вирощування за накопиченням крохмалю. Встановлено, що головним фактором, який обумовлює кількість крохмалю у зерні, є генотип зразків. У середньому межі варіювання індивідуальних значень вмісту крохмалю становили по колекції від 65,5 до 70,3 %. Виділено зразки із високим вмістом крохмалю: 123, 101, Петрол, Солодюк, Любомир (69,5–70,3 %). Зразки 87, 219, Аристократ, 181 і 101 із поєднанням в одному генотипі високої врожайності і вмісту крохмалю забезпечили вихід крохмалю з гектару 3,41–3,57 т/га. Вміст білка у зразків в середньому становив 11,2 % і варіював від 9,3 % (Петрол) до 12,2% (229 і 205). Встановлена слабка пряма кореляція врожайності із вмістом крохмалю ( $r = 0,17$ ) та середня обернена із вмістом білка ( $r = -0,37$ ), між вмістом крохмалю і білка виявлено обернений зв'язок середньої сили ( $r = -0,64$ ).

П'ятий розділ дисертації присвячений аналізу колекційних зразків за показниками якості крохмалю. Розроблено і запатентовано «Спосіб добору селекційного матеріалу тритикале за гранулометричним складом крохмалю». Доведена генетична різноманітність зразків за розміром крохмальних гранул. Максимальний розмір гранул у зразків варіював від 19,4 до 32,7 мкм, мінімальний – від 9,9 до 15,7 мкм, середній – від 15,4 до 20,0 мкм. Виділені зразки Яша, Mundo, 199, 141 і 123 із найменшими середніми розмірами гранул крохмалю (15,4–15,9 мкм), які є цінними джерелами для створення сортів спирто-дистилятного використання. Виявлена залежність вирівняності гранулометричного складу від середнього розміру гранул: зразки із високими показниками середніх розмірів відрізнялися більшою неоднорідністю структури крохмалю. Найбільшою вирівняністю гранулометричного складу характеризувались сорти Mundo і Яша ( $V, \% = 10,7$  і  $12,6$ ). Встановлено, що розмір крохмальних гранул не пов'язаний із вмістом у зерні білка і крохмалю та ознаками зернової продуктивності.

Методом ПЛР проаналізовано колекцію тритикале за алельним станом генів ваксі. Встановлено, що всі зразки мали алель дикого типу за геном

*Wx-B1* та характеризувались відсутністю гену *Wx-D1*. За геном *Wx-A1* виявлені зразки як з алелями дикого типу, так і з наявністю у геномі нуль-алелю. Виділено 8 зразків із нуль-алелем за геном *Wx-A1*: селекційні номери 141, 153, 201, 223, 229 та сорти Любомир, Петрол і Поліський 7. Встановлена відсутність достовірних кореляційних зв'язків між амілопектиновим типом крохмалю і зерною продуктивністю та вмістом крохмалю. Виявлена слабка достовірна обернена кореляція амілопектинового типу крохмалю, що контролюється геном *Wx-A1*, із середнім розміром крохмальних гранул у зразків тритикале ( $r = -0,20$ ).

У шостому розділі висвітлені результати оцінки колекції із застосуванням методів математико-статистичного аналізу та економічна ефективність вирощування нових сортів. Методом кореляційного аналізу встановлені сила і направленість зв'язків між цінними господарськими ознаками. Із застосуванням індексів віддаленості від «адаптивної норми» проведена ідентифікація колекції за елементами структури продуктивності та показниками якості зерна. Виділено чотирнадцять зразків (185, 181, Аристократ, 101, 87 та інші) із найбільшими значеннями індексів інтегральної оцінки (більше 1,00). Встановлена значна різниця між зразками за рівнем прояву важливих ознак.

Метод факторного аналізу дозволив оптимізувати 10 основних ознак, які визначають формування продуктивності і якості зерна тритикале, та встановити, що варіювання цих ознак пов'язано з чотирма основними системами. Головним у формуванні продуктивності є перший фактор, який обумовлює масу зерна з одного колосу, і має у загальній дисперсії 38,3 %. Для кожного фактору встановлені відповідні провідні ознаки, величина факторних навантажень яких становить більше 0,700.

Проведено оцінку колекційних зразків тритикале за пластичністю і стабільністю врожайності зерна. Виділені зразки 185, 219, Петрол і Аристократ із високими показниками коефіцієнту регресії (до 1,97) та низькими середньоквадратичного відхилення (до 0,14), які характеризуються

сильною реакцією на покращення умов вирощування і стабільністю врожайності. Більш високі значення як  $b_i$  (до 2,46), так і  $S_i^2$  (до 0,22) визначені у зразків 181, 141, 217, Солодюк і Любомир, що показує їх високу пластичність, але порівняно меншу стабільність.

За результатами комплексної оцінки виділено 11 кращих колекційних зразків, врожайність яких становила до 5,17 т/га, вміст крохмалю – до 70,3 %. Найвищий вихід крохмалю отримано у зразків 181 і 101 (3,54 і 3,67 т/га), які характеризувались високою врожайністю зерна, підвищеним вмістом крохмалю та відносно дрібним розміром крохмальних гранул. Колекційні зразки 141, Петрол і Любомир є цінними завдяки підвищеному вмісту у крохмалю амілопектину. Показники економічної ефективності вирощування насіння нових сортів тритикале озимого становили: у сорту Олевія прибуток – 27,0 тис. грн/га, рівень рентабельності – 164 %, у сорту Фродо – 23,8 тис. грн/га та 144 %, відповідно.

У дисертації обґрунтовано, теоретично узагальнено та вирішено наукове завдання, що полягає в удосконаленні методів оцінки і добору селекційного матеріалу за вмістом та якістю крохмалю, визначенні особливостей формування і прояву найважливіших ознак, проведенні поглибленого аналізу колекції за комплексом цінних господарських ознак та виділенні нових джерел за ознаками придатності для переробки на біоетанол, використання яких в селекційній практиці дозволить підвищити результативність роботи зі створення сортів тритикале озимого спирто-дистилятного напрямку використання.

**Ключові слова:** вихідний селекційний матеріал, врожайність зерна, структура зернової продуктивності, вміст крохмалю, гранулометрична структура крохмалю, поліморфізм генів  $Wx$ , прояв і мінливість ознак, кореляція, джерела цінних ознак.

## ANNOTATION

*Levchenko O. S.* Identification of the genetic diversity of winter triticale by traits of suitability for processing into bioethanol. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 – Agronomy. – NSC "Institute of Agriculture NAAS". – Chabany, 2021.

The problem of depletion of hydrocarbon fuels leads to the search for new alternative sources, one of which is biofuels. A promising crop for processing into bioethanol is winter triticale, which provides good grain yields and is undemanding to growing conditions. Varieties of triticale alcohol-distillate direction of use should be highly productive, characterized by high starch content, high amylopectin content and homogeneous and fine structure of starch granules. The creation and introduction of new varieties with the appropriate set of characteristics will increase the volume and improve the efficiency of biofuel production.

The scientific novelty of the obtained results is that for the first time an in-depth analysis of the winter triticale collection was carried out according to the granulometric structure of starch and the allelic state of the *Wx* genes; new valuable sources were identified according to the main signs of suitability for processing into biofuel for further targeted use in practical breeding; a significant negative correlation was established between the presence of the *Wx-A1* allele in the samples and the average size of starch granules. It has been improved methods of evaluation and selecting breeding material of triticale by morphological parameters of starch granules of grain. It was further developed the scientific provisions on the features of the manifestation and variability and the nature of the correlations of signs that determine the formation of productivity and grain quality; increasing the reliability of the assessment and accelerating the selection process of breeding material based on the use of various methods of mathematical and statistical analysis.

The practical significance of the obtained results is in the identification of new sources of valuable traits in terms of suitability for processing into biofuel,

included in the program of breeding work with winter triticale at the NSC "Institute of Agriculture of the NAAS". Four collection samples of winter triticale were submitted for registration to the NCPGRU: 221, 141 (high weight of 1000 grains) and 123, 101 (high starch content). Two varieties of winter triticale Frodo (Application No. 21022002 dated February 25, 2021) and Olevia (Application No. 21022003 dated February 25, 2021) were created and transferred to the Ukrainian Institute for Plant Variety Examination for testing. Developed and patented "Method for selection of breeding material triticale by granulometric composition of starch" (Patent for utility model No. 140021, 2020).

The first chapter of the dissertation analyzes the scientific work of local and foreign scientists on the history of triticale culture, its morpho-biological features, achievements and problems of breeding. The state of modern research on determining the efficiency of processing various crops for biofuel and the creation of varieties of alcohol-distillation direction of use is considered. The main attention is paid to the study of literary sources on breeding for increasing the content and improving the quality of starch, identifying genetic diversity according to the traits of suitability for the production of bioethanol, primarily according to the granulometric structure and type of starch. Based on the analysis of literature sources, the relevance of the topic is determined, the purpose and objectives of the research are justified, a program of scientific research has been developed.

Research on the topic of dissertation work was carried out during 2016-2020 at the NSC "Institute of Agriculture of the NAAS", the experimental fields of which are located in the Fastiv district of the Kiiiv region. In the second chapter, the soil, weather and climatic conditions of the location of the experiments, materials and methods of research and analysis of the results are given. The subject of research was collection material of winter triticale of different ecological and geographical origin. It was used field, laboratory, mathematical and statistical methods. Analysis of chemical traits of grain quality was carried out by infrared spectroscopy device Infratec 1241; determination of the granulometric structure of starch – by light microscopy and using the ImageJ computer program;



identification of the allelic state of the *Wx* genes – by PCR; statistical processing of the obtained data – by using the computer program Statistica 8.

In the third chapter, the results of the assessment of collection samples by grain yield and valuable economic characteristics are considered, the features of the manifestation of the elements of the structure of grain productivity are revealed. The yield variation limits averaged across the collection from 3.69 to 5.17 t/ha. The manifestation of this trait was equally influenced by both the genotype of the sample and the growing conditions, the share of the influence of which was 49.0 and 48.8 %. The numbers 181, 101, 185, 219 and the Aristokrat variety are identified as the best with the grain yield (5.01–5.17 t/ha), and the optimal number of productive stems is up to 1.5 per plant. The smallest genotypic diversity of the samples was found by the weight of grain per plant, 1000 grain weight and plant height (V, % – 8.7, 8.8 and 9.8, respectively). The average variability was established by the number of grains per plant and from one spike and productive bushiness (V, % – 10.6; 19.8 and 15.5, respectively), significant – by the weight of grain per ear (V, % – 20.5). With the use of correlation and regression analysis, the strength of relationships, the direction and magnitude of changes in grain productivity were established when the parameters of the elements of its structure alternate. Dedicated valuable sources by weight and number of grains per ear, 1000 grain weight, etc. (141, 123, 205, 157, 153, 217 and others).

The results of the analysis of the collection on the biochemical indicators of grain quality are given in the chapter 4. The highest starch content in grain was determined in 2017, which was the most favorable for the formation of high yields. A different reaction of the samples to the change of growing conditions due to the accumulation of starch was revealed. The average range of variation of individual values of starch content in the collection ranged from 65.5 to 70.3%. Samples with a high starch content were identified: 123, 101, Petrol, Solodiuk, Lubomyr (69.5–70.3 %). Samples 87, 219, Aristokrat, 181 and 101 with a combination of high yield and starch content in one genotype provided a starch yield per hectare of

3.41–3.57 t/ha. The protein content in the samples averaged 11.2 % and varied from 9.3 % (Petrol) to 12.2% (229 and 205). A weak positive correlation of yield with starch content ( $r = 0.17$ ) and an average negative correlation with protein content ( $r = -0.37$ ) was found, between the starch and protein content, an inverse relationship of medium strength was found ( $r = -0.64$ ).

The fifth chapter of the dissertation is devoted to the analysis of collection samples in terms of starch quality indicators. Developed and patented "Method of selection of breeding material of triticale by granulometric structure of starch". The genetic diversity of the samples in terms of the size of starch granules has been proven. The maximum granule size in the samples varied from 19.4 to 32.7  $\mu\text{m}$ , the minimum – from 9.9 to 15.7  $\mu\text{m}$ , the average – from 15.4 to 20.0  $\mu\text{m}$ . Isolated samples of Yasha, Mundo, 199, 141 and 123 with the smallest average starch granule sizes (15.4–15.9  $\mu\text{m}$ ), which are valuable sources for creating varieties of alcohol-distillation use. The dependence of the evenness of the granulometric structure of the average size of the granules was revealed: the samples with high indicators of the average size differed in heterogeneity according to this feature. The greatest evenness of the particle size distribution was characterized by the varieties Mundo and Yasha ( $V, \% = 10.7$  and  $12.6$ ). It was found that the size of starch granules is not related to the protein and starch content in the grain and the characteristics of grain productivity.

The triticale collection was analyzed by PCR method for the allelic state of the waxy genes. It was found that all samples had a wild-type allele for the *Wx-B1* gene and were characterized by the absence of the *Wx-D1* gene. For the *Wx-A1* gene, samples with both wild-type alleles and the presence of a null-allele in the genome were found. Eight samples with a null-allele for the *Wx-A1* gene were isolated: breeding numbers 141, 153, 201, 223, 229 and varieties Lubomyr, Petrol and Poliskyi 7. There were no reliable correlations between the amylopectin type of starch and grain productivity and starch content. A weak reliable negative correlation was found for the amylopectin type of starch, controlled by the *Wx-A1* gene, with the average size of starch granules in triticale samples ( $r = -0.20$ ).

The sixth chapter highlights the results of the collection assessment using the methods of mathematical and statistical analysis and the economic efficiency of growing new varieties. The method of correlation analysis established the strength and direction of links between valuable economic characteristics. Using the indices of the distance from the "adaptive norm", the collection was identified by the elements of the productivity structure and grain quality indicators. Fourteen samples (185, 181, Aristokrat, 101, 87 and others) with the highest values of the integral assessment indices (more than 1.00) were identified. A significant difference was established between the samples in terms of the level of manifestation of important features.

The method of factor analysis allowed to optimize 10 main features that determine the formation of the productivity and quality of triticale grain, and to establish that the variation of these features is associated with four main systems. The main factor in the formation of productivity is the first factor, which determines the mass of grain from one ear, and has 38.3 % in the total variance. For each factor, the corresponding leading signs have been established, the value of factor loadings of which is more than 0.700.

The analysis of collection samples of triticale for plasticity and stability of grain yield has been carried out. Highlighted samples 185, 219, Petrol and Aristokrat with high regression coefficients (up to 1.97) and low standard deviations (up to 0.14), which are characterized by a strong response to improved growing conditions and yield stability. Higher values of both  $b_1$  (up to 2.46) and  $S_1^2$  (up to 0.22) are determined in samples 181, 141, 217, Solodiuk and Lubomyr, which shows their high plasticity, but comparatively lower stability.

According to the results of a comprehensive assessment, 11 best collection samples were identified, the yield of which was up to 5.17 t/ha, the starch content – up to 70.3%. The highest starch yield was obtained in samples 181 and 101 (3.54 and 3.67 t/ha), which were characterized by high grain yield, high starch content and relatively small size of starch granules. Collection samples 141, Petrol and Lubomyr are valuable due to the high content of amylopectin in starch. Indicators

of economic efficiency of growing seeds of new varieties of winter triticale were: in the variety Olevia profit – 27.0 thousand UAH / ha, the level of profitability – 164 %, in the variety Frodo – 23.8 thousand UAH / ha and 144 %, respectively.

The dissertation substantiated, theoretically generalized and solved a scientific problem, which consists in improving methods for assessing and selecting breeding material for the content and quality of starch, determining the features of the formation and manifestation of the most important traits, conducting an in-depth analysis of the collection for a complex of valuable economic traits and identifying new sources based on traits suitability for processing into bioethanol, the use of which in breeding practice will increase the effectiveness of work on the creation of winter triticale varieties for alcohol-distillation directions of use.

**Key words:** source breeding material, grain yield, structure of grain productivity, starch content, granulometric structure of starch, polymorphism of *Wx* genes, manifestation and variability of traits, correlation, sources of valuable traits.

### **Список публікацій здобувача за темою дисертації**

*Статті у наукових фахових виданнях України:*

1. Стариченко В. М., Левченко О. С. Аналіз зерна колекційних зразків тритикале озимого за гранулометричним складом крохмалю. Збірник наукових праць «Миронівський вісник». Миронівка, 2019. Вип. 8. С. 33–45 (авторство 40 %, здобувачем отримано експериментальні дані, здійснено аналіз результатів досліджень, підготовлено статтю до друку).

2. Левченко О. С., Стариченко В. М. Особливості формування і прояву ознак зернової продуктивності у тритикале озимого. *Науковий журнал «Зернові культури»*. Дніпро, 2020. Том 4, № 1. С. 20–27. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0102> (авторство 60 %, здобувачем проведено експерименти і отримано дані, здійснено аналіз результатів досліджень, підготовлено статтю до друку).

3. Стариченко В. М., Левченко О. С. Спосіб добору вихідного селекційного матеріалу тритикале на основі гранулометричного складу крохмалю зерна. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Селекція і насінництво». Харків, 2020. № 118. С. 101-107 (авторство 50 %, здобувачем проведено експерименти і отримано дані, здійснено аналіз результатів досліджень, написано і підготовлено статтю до друку).

*Статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних:*

4. Левченко О. С., Стариченко В. М. Оцінка вихідного селекційного матеріалу тритикале озимого за основними ознаками придатності до переробки на біоетанол. Науково-практичний журнал «*Plant Varieties Studying and Protection*» («Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин»). Київ, 2020. Т. 16, № 1. С. 32–39. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.1.2020.201018> (авторство 70 %, здобувачем проведено експерименти і отримано дані, здійснено аналіз результатів досліджень, написано і підготовлено статтю до друку).

5. Левченко О. С., Стариченко В. М. Ідентифікація вихідного селекційного матеріалу тритикале озимого із використанням індексів віддаленості від адаптивної норми. Електронне наукове фахове видання «Наукові доповіді НУБІП України». 2020. № 2 (84). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.02.009> (авторство 70 %, здобувачем проведено експерименти і отримано дані, здійснено аналіз результатів досліджень, написано і підготовлено статтю до друку).

6. Левченко О. С. Поліморфізм *Wx* генів у колекційних зразків тритикале озимого. Збірник наукових праць «Агробіологія» («*Agrobiology*»). №1. Біла Церква. 2020. С. 80–87. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-157-1-80-872020>.

*Статті у зарубіжних фахових виданнях:*

7. **Levchenko O.** Features of the demonstration of grain yield and particular valuable traits in collection samples of winter triticale, depending on the weather conditions of the year of cultivation. *Norwegian Journal of development of the International Science*. 2021. № 55, Vol. 2. Pp. 7–11. DOI: 10.24412/3453-9875-2021-55-2-7-11.

8. **Levchenko O.**, Starychenko V. Evaluation of winter triticale collection on the stability of the manifestation of the grain yield trait. *American Journal of Agriculture and Forestry*. 2021. Vol. 9, No. 2. Pp. 49–52. DOI: 10.11648/j.ajaf.20210902.11 (авторство 50 %, здобувачем проведено експерименти і отримано дані, здійснено аналіз результатів досліджень, написано і підготовлено статтю до друку).

*Тези наукових доповідей:*

9. **Левченко О. С.**, Стариченко В. М., Коберник Н. І. Молекулярно-генетичний аналіз поліморфізму генів *Wx* для створення сортів тритикале спирто-дистилятного та кормового напрямів. *Селекція – надбання, сучасність і майбутнє (освіта, наука, виробництво): тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 105-річчю з дня народження О. М. Зеленського (Київ, 22–24 травня 2017 р.)*. Київ, 2017. С. 100–101 (авторство 30 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів досліджень).

10. Starychenko V. M., Kyrylchuk A. M., Kobernyk N. I., Zaika I. V., **Levchenko O. S.**, Sozinov I. O., Kozub N. O. Detection of *Wx* genes in wheat-triticale hybrids. International conference on: triticale biological, breeding, and production. (Blonie, Poland, July 2–5 2017). Blonie, 2017. P. 48 (авторство 15 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів досліджень).

11. **Levchenko O. S.** An analysis of the granulometric composition of starch collection samples of the winter triticale. *Наукові основи ефективного розвитку галузі землеробства та використання земельно-ресурсного потенціалу*

*України*: матеріали науково-практичної конференції молодих учених і спеціалістів (Чабани, 22 листопада 2017 р.). Київ, 2017. С. 55–56.

12. **Левченко О. С.** Вміст крохмалю в зерні тритикале озимого та його взаємозв'язок з іншими господарсько-цінними ознаками. *Актуальні проблеми та інновації в сучасному землеробстві (до 100-річчя Національної академії аграрних наук України)*: матеріали науково-практичної конференції молодих учених і спеціалістів (Чабани, 20–22 листопада 2018 р.). Київ, 2018. С.18–19.

13. **Левченко О. С.** Частотний аналіз розміру крохмальних гранул у тритикале озимого. *Підвищення ефективності селекції та рослинництва у сучасних умовах*: збірник тез міжнародної наукової конференції, присвяченої пам'яті В.Я. Юр'єва (Харків, 3–5 липня 2019 р.). Харків, 2019. С. 220–221.

14. Стариченко В. М., **Левченко О. С.** Напрями і перспективи селекції тритикале в ННЦ «Інститут землеробства НААН». *Наукові читання до 100-річчя від дня народження І. В. Яшовського*: матеріали міжнародної наукової конференції (Чабани, 14–15 серпня 2019 р.). Київ, 2019. С. 67–68 (*авторство 20 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів досліджень*).

15. **Левченко О. С.** Аналіз розподілу крохмальних гранул за розміром у тритикале озимого. *Наукові читання до 100-річчя від дня народження І. В. Яшовського*: матеріали міжнародної наукової конференції (Чабани, 14–15 серпня 2019 р.). Київ, 2019. С. 73–74.

16. **Левченко О. С.** Оцінка вихідного селекційного матеріалу тритикале озимого при створенні сортів, придатних для переробки на біоетанол. *Наукові здобутки молодих учених для розвитку аграрної науки в Україні*: матеріали науково-практичної інтернет-конференції молодих учених і спеціалістів в Україні (Чабани, 11 листопада 2019 р.). Вінниця «ТОВ Твори», 2019. С. 63–64.

17. **Левченко О. С.** Оцінка колекційних зразків тритикале озимого за зерновою продуктивністю. *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)*: матеріали ІХ міжнародної наукової конференції (Уманський

національний університет садівництва, 19 березня 2020 р.). Умань, 2020. С. 107–108.

18. **Левченко О. С.** Кореляційна залежність між основними ознаками структури продуктивності та якості зерна у тритикале озимого. *Досягнення та концептуальні напрями розвитку сільськогосподарської науки в сучасному світі: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 115-річчю від дня народження О. Т. Галки (с. Олександрівка, Дніпропетровська обл., 30 березня 2020 р.).* Вінниця «ТОВ Твори», 2020. С. 29–30.

19. **Левченко О. С.,** Стариченко В. М. Формування зернової продуктивності та накопичення білка і крохмалю у зерні тритикале озимого залежного від погодних умов року. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти: збірник тез III міжнародної науково-практичної конференції (Науково-методичний центр ВФПО, 2 квітня 2020 р.).* Київ, 2020. С. 17–19 (*авторство 60 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів досліджень, написання тез*).

20. **Левченко О. С.** Факторний аналіз формування зернової продуктивності у тритикале озимого. *Генетика та селекція сільськогосподарських рослин – від молекули до сорту: матеріали IV інтернет-конференції молодих учених (Київ, 18 вересня 2020 р.).* Київ, 2020. С. 14.

21. Стариченко В. М., **Левченко О. С.** Комплексна оцінка колекційних зразків тритикале озимого за ознаками придатності до переробки на біоетанол. *Роль науково-технічного забезпечення розвитку агропромислового комплексу в сучасних ринкових умовах: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (Дніпро, 25 лютого, 2021 р.).* ДУ Інститут зернових культур НААН. Дніпро, 2021. С. 51–52. (*авторство 60 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів досліджень, написання тез*).



*Наукові праці, які додатково відображають результати  
дисертаційної роботи:*

22. Голик Л. М., Стариченко В. М., Коберник Н. І., **Левченко О. С.**, Друковська Н.Г. Характеристика зразків ваксі-пшениці як джерел господарсько-цінних ознак. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. Київ, 2018. Вип. 1. С. 152–160 (авторство 20 %, здобувачем отримано експериментальні дані, здійснено аналіз результатів досліджень).

23. Стариченко В. М., **Левченко О. С.**, Голик Л. М. Патент на корисну модель № 140021 Україна. Спосіб добору селекційного матеріалу тритикале за гранулометричним складом крохмалю. № заявки: u 2019 05855; дата подання заявки: 28.05.2019. Публікація відомостей про видачу патенту: 10.02.2020, Бюл. № 3 (частка авторства 35 %).