

УДК 633.111.1: 631.562

О.Ю. Леонов, О.О. Скрипник, З.В. Усова*,
К.Ю. Суворова, М.М. Хухрянська

Успадкування виходу насіння крупної фракції гібридами пшениці м'якої озимої

Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, Харків, Україна

*E-mail: ppiww2017@gmail.com

UDC 633.111.1: 631.562

O.Yu. Leonov, O.O. Skrypnyk, Z.V. Usova*,
K.Yu. Suvorova, M.M. Khukhrianska

Inheritance of Large Seed Fraction Output by Winter Bread Wheat Hybrids

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

*E-mail: ppiww2017@gmail.com

Реферат: Нерівноцінність насіння в насінневому матеріалі розглядається як одна із причин зниження урожаю. Метою роботи було встановлення закономірностей характеру успадкування виходу крупної фракції насіння у нащадків від схрещування сортів з різним виходом означеної фракції. Для досліджень використовували сорти: Привітна з високим виходом насіння фракції 2,8+ мм (73,3 %), Краса ланів з низьким виходом насіння крупної фракції (57,4 %), Альянс і Запашна з середніми значеннями показника (відповідно, 66,8 % та 64,0 %). Схрещування проводили за повною діалельною схемою, частота та ступінь трансгресій визначалися у третьому поколінні. Найнижчу частоту трансгресії за виходом крупної фракції насіння мали гібридні комбінації, створені за участю батьків з граничними проявами ознаки. Комбінація зразків з низьким та середнім значенням виходу крупної фракції насіння збільшувала як частоту, так і ступінь трансгресії. Перспективними для селекції за даною ознакою стали гібридні комбінації між батьківськими компонентами з високим та середнім виходом крупної фракції. Високу частоту та ступінь трансгресії за врожайністю визначено у гібридних комбінаціях створених без участі найпродуктивнішого сорту Запашна. Таким чином, перспективними для селекції за ознакою виходу крупної фракції насіння виявились гібридні комбінації – Альянс/Привітна та Привітна/Альянс (частота трансгресій — 22 та 14 %, ступінь – 12,0 та 17,3 %); за ознакою врожайність — Альянс/Привітна, Привітна/Альянс, Краса ланів/Альянс та Альянс/Краса ланів (частота трансгресій — 10, 16, 24, 24 %, ступінь – 16,9, 21,5, 28,5, 14,7). При схрещуванні між собою сортів із низьким або середнім виходом крупної фракції насіння знижується значення виходу крупної фракції, але підвищується вихід середньої та дрібної фракції. Комбінування зразків з низьким та середнім значенням виходу крупної фракції насіння збільшує як частоту, так і ступінь трансгресій.

Ключові слова: *Triticum aestivum*, фракція, трансгресія, врожайність, насіння.

Abstract: Nonequivalence of seeds to be sown is considered as a cause of reduced yields. The purpose of this study was to establish the inheritance patterns of the large seed fraction output by the offspring from crossing cultivars with various outputs of the large fraction. The following cultivars were used for the research: 'Pryvitna' with a high output of the large seed fraction (2.8+ mm fraction; 73.3%), 'Krasa Laniv' with a low output of the large seed fraction (57.4%), 'Alians' and 'Zapashna' with moderate outputs (66.8% and 64.0%, respectively). The cultivars were crossed in a complete diallel scheme. The transgression frequency and degree were determined in the third generation. Hybrid combinations originated from parents with boundary values of the trait had the lowest frequency of transgression for the large seed fraction output. Combinations of accessions with low and moderate outputs of the large seed fraction increased both the frequency and degree of transgression. Hybrid combinations between parents with high and moderate outputs of the large seed fraction are promising for the breeding for this trait. High frequency and degree of transgression for yield were recorded for in hybrid combinations created

without the most productive cv. 'Zapashna'. Thus, hybrid combinations 'Alians'/'Pryvitna' and 'Pryvitna'/'Alians' appeared to be promising for the breeding for the "large seed fraction output" trait (frequency of transgressions = 22 and 14%; degree = 12.0 and 17.3%, respectively); combination 'Alians'/'Pryvitna', 'Pryvitna'/'Alians', 'Krasa Laniv'/'Alians' and 'Alians'/'Krasa Laniv' seemed promising for the breeding for the "yield" trait (frequency of transgressions = 10, 16, 24, and 24%; degree = 16.9, 21.5, 28.5, and 14.7, respectively). When crossing cultivars with a low or moderate output of the large seed fraction, the large fraction output was reduced, but the outputs of the medium and small seed fractions were increased. In combinations of accessions with low and moderate outputs of the large seed fraction, both the frequency and degree of transgressions were increased.

Key words: Triticum aestivum, fraction, transgression, yield, seeds.

Вступ

В аграрній політиці України зерно є стратегічним продуктом і барометром стану сільського господарства, де серед зернових культур пшениця займає центральне місце [1]. Аграрії всіх областей України у 2023 році намолотили 57,6 млн тон зернових і олійних культур, з них 39,228 млн тон зернових, урожайність пшениці становила 4,76 т/га [2]. Основним завданням аграрного сектору країни є збільшення виробництва зерна з високими показниками якості. Важливо не тільки виростити високий врожай, але й отримати крупне і вирівняне насіння, яке в потомстві збереже цінні властивості сорту [3]. Економічно вигідним для сільгоспвиробника є вихід насіння у кількості 60–70 % валового збору збіжжя. За рахунок добору біологічно сильнішого насіння можна істотно впливати як на показники якості посівного матеріалу, так і на продуктивність культури.

У процесі підготовки та очищення насіння пшениці м'якої озимої застосовують решета з різними розмірами отворів. Основна мета сортування – видалення дрібного і щуплого насіння та виділення для сівби найбільш повноцінного, крупного, важчого і вирівняного насіння з високим його виходом [4]. Нерівноцінність насіння в насінневному матеріалі розглядається як одна із причин, що призводить до зниження врожаю [5]. Вимогами ДСТУ 4138:2002 до кондиційного насіння передбачено використання решіт (нижніх) з розмірами 1,7–2,0 мм [6]. На практиці використання решіт з параметрами не менше 2,2 мм, дає змогу збільшити врожайні властивості пшениці та підвищити показник чистого прибутку [7-9]. В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН вивчення залежності між розміром фракції і показниками якості насіння 26 сортів пшениці м'якої озимої харківської селекції показало, що чим крупніша фракція, тим більша маса 1000 зерен, енергія

Introduction

Grain is a strategic product and a barometer of the agriculture state in the agrarian policy of Ukraine, where wheat occupies a central place among cereals [1]. In 2023, farmers of all regions of Ukraine threshed 57.6 million tons of cereals and oilseeds, including 39.228 million tons of cereals. The wheat yield was 4.76 t/ha [2]. The main objective of the agrarian sector of the country is to increase the top quality grain production. It is important to grow not only a high yield but also large and uniform seeds, which will manifest valuable features of a cultivar in the offspring [3]. Seed outputs of 60–70% of the bread cereal croppage are economically profitable for farmers. Due to the selection of biologically stronger seeds, one can significantly influence both the quality of seeds to be sown and the crop performance.

Sieves with various sizes of holes are used for preparing and cleaning winter bread wheat seeds. The primary purpose of sorting is to remove small and shriveled kernels and to select the plumpest, largest, heaviest, and most uniform seeds with a high output for sowing [4]. Nonequivalence of seeds to be sown is considered a cause of reduced yields [5]. The DSTU 4138:2002 requirements for certified seeds specify the use of (lower) sieves with holes of 1.7–2.0 mm [6]. In practice, the use of sieves with holes of at least 2.2 mm makes it possible to increase the wheat yield capacity and the net profit [7-9]. In the Yuriev Plant Production Institute of NAAS, studies of relationships between fraction size and seed quality in 26 Kharkiv-bred winter bread wheat cultivars showed that the larger the fraction was, the greater the thousand kernel weight, germination energy and seed germinability were [10, 11]. In three testing years, the thousand kernel weight for seeds that were selected on a 2.8 × 20 mm

проростання та схожість насіння [10, 11]. За три роки випробування насіння, яке було виділене на ситах розміром $2,8 \times 20$ мм, мало масу 1000 зерен більшу на 9,9 г, енергію проростання на 1,1% порівняно з фракцією $2,5 \times 20$ мм і на 1,6% порівняно з фракцією $2,2 \times 20$ мм; виділене на ситах розміром $2,8 \times 20$ мм мало вищу схожість на 1,3% в порівнянні з фракцією $2,5 \times 20$ мм та на 1,7% в порівнянні з фракцією $2,2 \times 20$ мм [12]. Чіткі розбіжності між сортами спостерігались і за виходом насіння різних фракцій, особливо крупної і дрібної. Більше 70 % сходу з сит 2,8 мм забезпечували тільки два сорти: Здобна та Привітна. Нижчим за 60% вихід крупної фракції був у сортів Диво, Гармоніка, Краса ланів, Розкішна, Метелиця харківська, ліній Еритроспермум 408-13, Лютесценс 217-13, стародавнього сорту Феругінеум 1239 та стандартів Смуглянка, Бунчук, Єдність. Відповідно, у названих сортів був більшим вихід дрібної фракції. За сумарним сходом з сит 2,5 мм розбіжності між сортами суттєво згладжувалися, а за сумарним сходом з сит 2,2 мм нівелювалися.

Метою дослідження було встановлення закономірностей характеру успадкування виходу насіння крупної фракції та врожайності у нащадків від схрещування сортів з різним виходом посівних фракцій.

Матеріали і методи

Експериментальна частина дослідження була проведена на селекційному центрі Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН (ІР НААН) в 2016–2019 рр. Вивчали 23 сорти та лінії пшениці м'якої озимої селекції ІР НААН, 4 стандарти (Подольянка, Смуглянка, Бунчук, Єдність). Площа ділянки 10 м^2 , повторність чотириразова. Сепарування за лінійними розмірами проводили на лабораторному розсіві ЛРУ-3 з використанням сит з прямокутними отворами $2,2 \times 20$, $2,5 \times 20$, $2,8 \times 20$ мм за «Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні (ПСП), 2014» [13].

Для визначення частоти та ступеня трансгресій враховували вихід саме крупної фракції, а також урожайність. Для встановлення характеру успадкування виходу крупної фракції насіння були відібрані сорти: Привітна з високим виходом насіння фракції $2,8+$ мм (73,3%), Краса ланів з низьким виходом насіння крупної фракції (57,4%), Альянс і Запашна з

sieve was 9.9 g greater than for the 2.5×20 mm fraction; the germination energy was 1.1% higher. Compared to the 2.2×20 mm fraction, the germination energy of seeds that were selected on a 2.8×20 mm sieve was 1.6% higher. Seeds selected on a 2.8×20 mm sieve had a higher germinability: by 1.3% compared to the 2.5×20 mm fraction and by 1.7% compared to the 2.2×20 mm fraction [12]. There were also clear differences in the outputs of different fractions of seeds, especially large and small fractions, between cultivars. Only two cultivars, 'Zdobna' and 'Pryvitna', provided over 70% of seeds selected on a 2.8 mm sieve. The large fraction output was lower than 60% in cvs. 'Dyvo', 'Harmonika', 'Krasa Laniv', 'Rozkishna', and 'Metelytsia Kharkivska', lines 'Erythrosperrum 408-13' and 'Lutescens 217-13', landrace 'Ferugineum 1239', and check cvs. 'Smuhlianka', 'Bunchuk', and 'Yednist'. Accordingly, these cultivars had higher outputs of the small fraction. The differences in the total output from a 2.5 mm sieve between the cultivars were significantly smoothed out and the differences in the total output from a 2.2 mm sieve were completely leveled.

The purpose of this study was to establish the inheritance patterns of the large seed fraction output and yield by the offspring from crossing cultivars with various outputs of the sowing fraction.

Materials and Methods

The experiments were carried out at the Breeding Center of the Yuriev Plant Production Institute of NAAS (YPPI NAAS) in 2016–2019. Twenty-three winter bread wheat cultivars and lines bred at YPPI NAAS, including 4 check cultivars ('Podolianka', 'Smuhlianka', 'Bunchuk', and 'Yednist'), were studied. The plot area was 10 m^2 in four replications. Separation by linear dimensions was carried out on a LRU-3 laboratory sorter using sieves with rectangular holes of 2.2×20 , 2.5×20 , 2.8×20 mm as per the "Methods of Examination of Plant Varieties of Cereals, Groats Crops, and Grain Legumes for Suitability for Dissemination in Ukraine (Indicators of the Cultivar's Suitability for Dissemination), 2014" [13].

To determine the transgression frequency and degree, the output of the large fraction and yield were measured. To elucidate the inheritance of the large seed fraction output, the following

середніми значеннями показника (відповідно, 66,8 та 64,0%). Схрещування проводили за повною діалельною схемою. У другому поколінні кількість зерна була недостатньою для визначення виходу насіння за фракціями, тому добори з другого покоління (не менше 100 колосів) висівалися по одному рядку і частота та ступінь трансгресій визначалися у третьому поколінні (для аналізу брали по 50 потомків з кожної гібридної комбінації).

Статистичну обробку експериментальних даних (дисперсійний аналіз) виконували за [14] з використанням пакета програм STATISTICA 6.1, SN BXXR502C631824NET3. Аналіз отриманих статистичних результатів провели за [15].

Погодні умови 2015–2019 років склалися по-різному для росту та розвитку рослин пшениці озимої. Для початку вегетації вкрай несприятливим забезпечення вологою було у серпні–жовтні 2015 року, коли за три місяці випало лише 11,3 мм опадів, через що сходи були дуже нерівномірними. За аналогічний період 2018 року випало 54,6 мм, що також більше ніж удвічі менше за норму. Крім того, за серпень–вересень 2017 року випало лише 37,1 мм опадів і лише жовтневі опади дозволили отримати ще восени повні сходи. Таким чином, серед років досліджень лише у 2016 умови зволоження в критичний для отримання сходів пшениці озимої період наближались до багаторічної норми. Середня температура січня 2016 року склала $-7,5$ °C, а 2017 $-6,5$ °C, що при наявності снігового покриву не склало критичних умов перезимівлі. Більш теплі умови січня–лютого 2018 та 2019 років з достатньою кількістю опадів у вигляді снігу сприяли поширенню снігової плісені, яка і стала головним чинником зниження зимостійкості сортів. Таким чином, у роки дослідження не відзначалось жорстких умов перезимівлі.

Перехід середньодобових температур через 0°C спостерігався у другій–третьій декадах лютого, крім 2018 року, коли від'ємні температури протрималися до квітня, відповідно, відновлення вегетації рослин пшениці озимої починалося у березні або у квітні.

Кількість опадів за період квітень–липень у 2016 році перевищувала норму, а у 2017, 2018 та 2019 роках суттєво їй поступалася, але відносно рівномірний їх розподіл за місяцями не спричинив значного погіршення стану рослин. При цьому у 2019 році середньодобова

cultivars were chosen: 'Pryvitna' with a high output of 2.8+ mm seed fraction (73.3%), 'Krasa Laniv' with a low output of the large seed fraction (57.4%), 'Alians' and 'Zapashna' with moderate outputs (66.8 and 64.0%, respectively). The cultivars were crossed in a complete diallel scheme. In the second generation, the amount of grain was insufficient to determine the seed outputs by fractions; therefore, seeds selected from the second generation (at least 100 spikes) were sown in one row and the transgression frequency and degree were determined in the third generation (50 offspring from each hybrid combination were taken for analysis).

Experimental data were statistically processed (ANOVA) was in STATISTICA 6.1, SN BXXR502C631824NET3, as recommended in [14]. The obtained statistical results were analyzed in compliance with [15].

The weather in 2015–2019 was different for the growth and development of winter wheat plants. Wetting was extremely unfavorable in the beginning of the growing period in August–October 2015, when only 11.3 mm of precipitation fell in three months, resulting in very uneven emergence. During the same period in 2018, 54.6 mm fell, which is also more than twice as much as the multi-year average. In addition, in August–September 2017, only 37.1 mm of precipitation fell, and only October precipitation allowed for complete emergence in the autumn. Thus, of the study years, only 2016 had wetting during the period that is critical for winter wheat emergence close to the multi-year average. The mean temperature in January 2016 was -7.5 °C; in 2017, it was -6.5 °C; provided snow cover, such temperatures were not harsh for overwintering. Warmer January–February 2018 and 2019 with sufficient amounts of snow contributed to the spread of snow mold, which became the main factor in reducing the cultivars' winter hardiness. Thus, there were no severe overwintering conditions in the study years.

The mean daily temperatures rose above 0°C within the second and third 10 days of February, except for 2018, when subzero temperatures persisted until April and, accordingly, winter wheat plants resumed vegetation in March or April.

The precipitation amount in April–July in 2016 was greater than the multi-year average; in 2017, 2018, and 2019, it was significantly smaller than the multi-year average but relatively

температура повітря у червні склала 24,8°C, що істотно пришвидшило досягання ранніх зернових культур, зокрема пшениці озимої. У цілому вегетаційні періоди років вивчення були доволі різноманітними, що дозволило всебічно оцінити досліджені зразки.

Результати і обговорення

Для сівби використовується найбільш повноцінне, крупне, важке і вирівняне насіння з високими посівними якостями [16]. На формування посівних фракцій насіння впливають довжина, ширина і товщина зернівки, маса тисячі зерен [17]. Ці показники перебувають під впливом умов року вирощування [18]. Для більшості цих ознак були встановлені значні взаємодії [19].

У наших дослідженнях особливу увагу було приділено аналізу F3 потомств, з орієнтуванням на прояв позитивних трансгресивних форм вивчених ознак. Розуміння механізмів їх спадковості є передумовою для створення цінного батьківського матеріалу для майбутніх сортів [20].

За результатами дисперсійного аналізу виявлені суттєві відмінності між вивченими гібридними комбінаціями як за виходом крупної фракції насіння, так і за урожайністю (за $P < 0,05$). Гібридні комбінації з сортом Привітна, який характеризується високим виходом крупної фракції, забезпечували високе значення цього показника і у нащадках: від 60 % у прямій та зворотній гібридній комбінації з сортом Краса ланів до 68 % у гібридній комбінації Альянс/Привітна, у гібридних комбінаціях з сортом Запашна значення показника було проміжним (табл. 1).

У гібридних комбінаціях з сортом Краса ланів, який характеризується низьким значенням виходу крупної фракції, були нижчими ці значення і у нащадків, особливо у схрещуваннях з сортом Запашна (55 % та 58 %), але при цьому вихід середньої та дрібної фракцій підвищувався. У середньому за окремими гібридними комбінаціями вихід середньої фракції варіював від 25 до 33 %, а дрібної – від 6 до 11 %. Варіювання в межах окремих гібридних комбінацій за виходом крупної фракції було досить високим, а за усім масивом нащадків показник змінювався від 20 до 86 %. Вихід середньої фракції варіював від 10 до 60 %, а дрібної – від 2 до 23 %.

evenly distributed by month, so the plant condition was not significantly deteriorated. At the same time, in 2019, the mean daily air temperature in June was 24.8°C, significantly accelerating the ripening of early cereals, in particular winter wheat. In general, the growing periods in the study years were quite diverse, allowing for comprehensive assessments of the studied accessions.

Results and Discussion

The plumpest, largest, heaviest and most uniform seeds of high sowing quality are used for sowing [16]. Sowing fractions of seeds are formed by caryopsis length, width, and thickness [17] and thousand kernel weight, which considerable depend on the conditions of a growing year [18]. Significant interactions were reported for most of these characteristics [19].

We paid special attention to analysis of F3 offspring, focusing on the manifestation of positive transgressive forms of the studied traits. Understanding the mechanisms of their heredity is a prerequisite for creating valuable parental materials for eventual cultivars [20].

ANOVA results revealed significant differences in both the large seed fraction output and yield (at $P < 0.05$) between the studied hybrid combinations. Hybrid combinations with cv. 'Pryvitna', which is characterized by a high output of the large fraction, conferred a high value of this parameter to its offspring: from 60% in the direct and reciprocal hybrid combinations with cv. 'Krasa Laniv' to 68% in hybrid combination 'Alians'/Pryvitna'. In hybrid combinations with cv. 'Zapashna', this parameter was intermediate (Table 1).

In hybrid combinations with cv. 'Krasa Laniv', which is characterized by a low output of the large fraction, the parameter was also lower, especially in combinations with cv. 'Zapashna' (55% and 58%), but at the same time the outputs of medium and small fractions were bigger. On average, for individual hybrid combinations, the output of the medium fraction varied from 25 to 33% and the output of the small fraction - from 6 to 11%. The variations in the large fraction output within individual hybrid combinations were quite wide and for the entire array of offspring, this parameter ranged from 20 to 86%. The output of the medium fraction varied from 10 to 60% and the output of the small fraction varied from 2 to 23%.

Таблиця 1. Ступінь і частота трансгресії виходу насіння гібридів м'якої озимої пшениці F₃, %, 2019 р.
Table 1. Transgression degree and frequency for seed output in F₃ winter bread wheat hybrids, %, 2019

Гібридна комбінація (Hybrid combination)	Фракція (Fraction)	Вихід насіння, % (Seed output, %)	SD	CV	Min	Max	Ступінь трансгресії (Transgression degree)	Частота трансгресій (Transgression frequency)
Запашна / Краса ланів (Zapashna / Krasa Laniv)	2,8	55,2	11,81	21,4	19,7	73,6	15,0	20
	2,5	32,0	8,54	26,7	17,7	60,2		
	2,2	11,1	3,23	29,1	5,4	19,1		
Краса ланів / Запашна (Krasa Laniv / Zapashna)	2,8	56,8	7,53	13,3	39,1	69,7	8,9	20
	2,5	32,7	6,02	18,4	21,8	47,1		
	2,2	9,5	2,58	27,2	4,7	16,0		
Привітна / Краса ланів (Prvyitna / Krasa Laniv)	2,8	60,3	10,55	17,5	31,6	76,1	3,9	4
	2,5	30,7	7,99	26,0	15,7	55,3		
	2,2	7,6	2,78	36,6	2,9	18,7		
Краса ланів / Привітна (Krasa Laniv / Prvyitna)	2,8	59,6	9,93	16,7	28,0	73,6	0,3	2
	2,5	31,8	7,79	24,5	20,1	53,4		
	2,2	7,6	2,92	38,4	4,0	21,8		
Краса ланів / Альянс (Krasa Laniv / Alians)	2,8	59,7	11,69	19,6	31,5	81,0	21,2	26
	2,5	30,6	7,73	25,3	15,7	49,8		
	2,2	8,3	3,96	47,7	2,3	20,1		
Альянс / Краса ланів (Alians / Krasa Laniv)	2,8	58,6	12,17	20,8	33,7	78,6	17,7	30
	2,5	31,5	8,33	26,4	16,6	48,5		
	2,2	8,6	3,74	43,5	1,7	19,5		
Альянс / Привітна (Alians / Prvyitna)	2,8	67,6	8,55	12,6	46,6	82,1	12,0	22
	2,5	24,7	6,13	24,8	10,4	39,7		
	2,2	6,0	2,52	42,0	3,0	14,1		
Привітна / Альянс (Prvyitna / Alians)	2,8	63,1	11,15	17,7	25,4	85,9	17,3	14
	2,5	28,2	8,15	28,9	11,3	48,9		
	2,2	7,7	3,19	41,4	2,5	22,7		
Привітна / Запашна (Prvyitna / Zapashna)	2,8	60,6	8,17	13,5	36,5	74,6	1,8	2
	2,5	28,6	5,65	19,8	18,9	46,4		
	2,2	9,5	2,72	28,6	4,3	17,8		
Запашна / Привітна (Zapashna / Prvyitna)	2,8	64,1	10,84	16,9	35,2	80,1	9,2	18
	2,5	27,0	7,46	27,6	16,4	45,2		
	2,2	7,6	3,40	44,7	2,7	16,7		
Запашна / Альянс (Zapashna / Alians)	2,8	61,5	6,73	10,9	48,2	75,2	12,6	28
	2,5	28,6	5,13	17,9	18,5	41,6		
	2,2	8,5	2,08	24,5	4,2	14,3		
Альянс / Запашна (Alians / Zapashna)	2,8	54,1	9,34	17,3	25,7	68,2	2,1	8
	2,5	33,2	6,26	18,9	23,4	49,6		
	2,2	10,8	3,36	31,1	5,4	19,5		

Серед вивчених гібридних комбінацій найнижчою частотою трансгресій за виходом крупної фракції насіння відзначались комбінації, створені за участю батьків з крайніми проявами ознаки: Привітна/Краса ланів (4 %) та Краса ланів/Привітна (2 %), а також Привітна/Запашна (2 %), при цьому ступінь трансгресій у названих гібридних комбінаціях склала 3,9 %, 0,3 % та 1,8 %, відповідно. Низькою (2,1 %) ступінь трансгресій була і у гібридній комбінації Альянс/Запашна за частоти трансгресій 8 %.

Комбінування зразків з низьким та середнім значенням виходу крупної фракції насіння збільшувало як частоту, так і ступінь трансгресій. Для гібридних комбінацій Запашна/Краса ланів та Краса ланів/Запашна частота трансгресій склала 20 % при ступені трансгресій 15,0 % та 8,9 %, відповідно. У гібридній комбінації Краса ланів/Альянс частота трансгресій склала 26 % при ступені трансгресій 21,2 %, а у Альянс/Краса ланів – 30 % і 17,7 %, відповідно, при цьому кращі форми перевищували значення еталону за даною ознакою (сорту Привітна) більш ніж на 5 %. Останнє спостерігалось і у комбінації Запашна/Привітна (частота трансгресій 18,0 %, ступінь трансгресій 9,2 %). Перспективними для селекції за даною ознакою виявились інші гібридні комбінації між компонентами з високим та середнім виходом крупної фракції: Альянс/Привітна та Привітна/Альянс, у яких частота трансгресій склала 22 та 14 %, ступінь – 12,0 та 17,3 %, а максимальний прояв ознаки перевищував рівень сорту Привітна на 9 та 13 %, відповідно. Нові сорти, отримані за участі нащадків цих гібридних комбінацій, можуть ефективно вирощуватися в органічному землеробстві [21].

Незважаючи на високий вихід крупної фракції насіння у окремих гібридних комбінаціях, для виробників насіння вирішальну роль відіграє рівень урожайності сорту. Аналіз урожайності насіння пшениці озимої свідчить, що вона залежить від технології вирощування та сортових особливостей [22]. Коефіцієнт розмноження насіння перебуває в прямій залежності від урожайності сорту [23].

Серед вивчених батьківських форм сорт Запашна забезпечив урожайність 807,4 г/м², Краса ланів – 772,5 г/м², Привітна – 775,7 г/м², Альянс – 728,8 г/м².

Among the studied hybrid combinations, the lowest frequency of transgressions or the large seed fraction output was observed in the combinations with parents with extreme values of this characteristic: 'Pryvitna'/'Krasa Laniv' (4%), 'Krasa Laniv'/'Pryvitna' (2%), and 'Pryvitna'/'Zapashna' (2%); the transgression degree in these hybrid combinations was 3.9%, 0.3%, and 1.8%, respectively. The transgression degree was also low (2.1%) in hybrid combination 'Alians'/'Zapashna' with a transgression frequency of 8%.

Combination of accessions with low and moderate outputs of the large seed fraction increased both the frequency and degree of transgressions. In hybrid combinations 'Zapashna'/'Krasa Laniv' and 'Krasa Laniv'/'Zapashna', the transgression frequency was 20%, with a transgression degree of 15.0% and 8.9%, respectively. In hybrid combination 'Krasa Laniv'/'Alians', the transgression frequency was 26%, with a transgression degree of 21.2%; in combination 'Alians'/'Krasa Laniv', the transgression the frequency and degree were 30% and 17.7%, respectively, and the best forms were superior to the check cultivar for this characteristic ('Pryvitna') by \square 5%. The latter was also observed in combination 'Zapashna'/'Pryvitna' (transgression frequency = 18.0%, transgression degree = 9.2%). Other hybrid combinations between cultivars with high and moderate outputs of the large fraction appeared to be promising for the breeding for this trait: 'Alians'/'Pryvitna' and 'Pryvitna'/'Alians', where the transgression frequency was 22 and 14%, respectively, and the degree was 12.0 and 17.3%, while the maximum values of the characteristic were 9 and 13% higher than those in cv. 'Pryvitna', respectively. New cultivars derived from descendants of these hybrid combinations can be effectively grown in organic farming [21].

Despite the high outputs of the large seed fraction in some hybrid combinations, the yield of a cultivar plays a decisive role for seed producers. Analysis of the winter wheat seed yields showed that they depended on cultivation technologies and cultivars' features [22]. There is a linear relationship between the cultivar's seed reproduction coefficient and yield [23].

The studied parental forms, i.e. cv.

У гібридних комбінаціях з найбільш урожайним сортом Запашна частота трансгресій була мінімальною — до 6 % (табл. 2), але ступінь трансгресій у гібридних комбінаціях Запашна/Краса ланів, Привітна/Запашна, Запашна/Привітна та Альянс/Запашна була досить високою (9,8, 5,6, 16,3 та 13,1%, відповідно). Невисокими частота та ступінь трансгресій за урожайністю були у гібридних комбінаціях Привітна/Краса ланів та Краса ланів/Привітна, у яких жоден з нащадків не перевищував кращий у досліді сорт Запашна.

'Zapashna' yielded 807.4 g/m², cv. 'Krasa Laniv' – 772.5 g/m², cv. 'Pryvitna' – 775.7 g/m², and 'Alians' – 728.8 g/m².

In hybrid combinations with the most high-yielding cv. 'Zapashna', the frequency of transgressions was minimal (□6%) (Table 2), but the transgression degree in hybrid combinations 'Zapashna'/'Krasa Laniv', 'Pryvitna'/'Zapashna', 'Zapashna'/'Pryvitna', and 'Alians'/'Zapashna' was quite high (9, 8, 5.6, 16.3, and 13.1%, respectively). The transgression frequency and degree for yield were low in hybrid combinations 'Pryvitna'/'Krasa Laniv' and 'Krasa Laniv'/'Pryvitna', where none of the offspring was superior to cv. 'Zapashna', the best cultivar in the experiment.

Таблиця 2. Ступінь і частота трансгресії за врожайністю гібридів м'якої озимої пшениці F₃, 2019 р.
Table 2. Transgression degree and frequency for yield in F₃ winter bread wheat hybrids, 2019

Гібридна комбінація (Hybrid combination)	Урожайність, г/м ² (Yield, g/m ²)	SD	Min	Max	Ступінь трансгресії (Transgression degree)	Частота трансгресій (Transgression frequency)
Запашна / Краса ланів (Zapashna / Krasa Laniv)	622	101,8	481	887	9,8	6
Краса ланів / Запашна (Krasa Laniv / Zapashna)	583	85,7	428	815	0,9	2
Привітна / Краса ланів (Pryvitna / Krasa Laniv)	579	88,2	436	780	0,5	2
Краса ланів / Привітна (Krasa Laniv / Pryvitna)	602	82,6	475	804	3,6	4
Краса ланів / Альянс (Krasa Laniv / Alians)	694	123,7	511	993	28,5	24
Альянс / Краса ланів (Alians / Krasa Laniv)	661	114,2	506	886	14,7	24
Альянс / Привітна (Alians / Pryvitna)	629	99,4	501	907	16,9	10
Привітна / Альянс (Pryvitna / Alians)	667	113,7	508	943	21,5	16
Привітна / Запашна (Pryvitna / Zapashna)	633	91,5	501	853	05,6	6
Запашна / Привітна (Zapashna / Pryvitna)	613	84,8	505	939	16,3	2
Запашна / Альянс (Zapashna / Alians)	591	77,7	458	791	9,8,	0
Альянс / Запашна (Alians / Zapashna)	632	91,9	507	913	13,1	4

Вищими частота та ступінь трансгресій були у комбінаціях Альянс/Привітна, 10,0 і 16,9% та Привітна/Альянс, 16 % і 21,5 %, відповідно.

The highest transgression frequency and degree were recorded for combinations 'Alians'/'Pryvitna' (10.0 and 16.9%,

Частота трансгресій у комбінаціях Краса ланів/Альянс та Альянс/Краса ланів склала 24 % за ступеня трансгресій 28,5 та 14,7 %, відповідно. У кожній з останніх чотирьох гібридних комбінацій отримані нащадки, які перевершували за урожайністю кращій у досліді сорт Запашна.

В цілому серед вивчених нащадків отримано лише дев'ять, які перевищували за урожайністю сорт Запашна і одночасно за виходом крупної фракції насіння сорт Привітна. При цьому перевищували лише за урожайністю Запашну 105 нащадків, а лише за виходом крупної фракції Привітну 43 нащадки. З отриманих нащадків від 7 до 15 на гібридну комбінацію було висіяно в подальшому у контрольному розсаднику, загальною кількістю 118, з яких 7 ліній проходять попереднє сортовипробування.

Висновки

Сорт Привітна, який характеризується високим виходом насіння крупної фракції при схрещуванні з сортами середнього та низького значення виходу крупної фракції забезпечує високе або проміжне значення цього показника у нащадків. Перспективними для селекції за даною ознакою виявились гібридні комбінації: Альянс/Привітна та Привітна/Альянс, у яких частота трансгресій склала 22 та 14 %, ступінь – 12,0 та 17,3 %, а максимальний прояв ознаки перевищував рівень сорту Привітна на 9 та на 13 %, відповідно.

При схрещуванні сортів з середнім або низьким виходом насіння крупної фракції між собою знижується значення виходу крупної фракції, але підвищується вихід середньої та дрібної фракції. Комбінування зразків з низьким та середнім значенням виходу крупної фракції насіння збільшує як частоту, так і ступінь трансгресій.

Перспективними для селекції на підвищену врожайність є гібридні комбінації: Альянс/Привітна, Привітна/Альянс, Краса ланів/Альянс та Альянс/Краса ланів.

respectively) and 'Pryvitna'/'Alians' (16% and 21.5%). The transgression frequency in combinations 'Krasa Laniv'/'Alians' and 'Alians'/'Krasa Laniv' was 24%, with for the transgression degree of 28.5 and 14.7%, respectively. In each of the last four hybrid combinations, there were offspring that were superior to cv. 'Zapashna', the best cultivar in the experiment.

In general, of the studied offspring, only nine were superior both to cv. 'Zapashna' in terms of yield and to cv. 'Pryvitna' in terms of the large seed fraction output. At the same time, 105 offspring yielded better than cv. 'Zapashna' and 43 offspring had greater outputs of the large seed fraction than cv. 'Pryvitna'. From the obtained offspring, 7 – 15 families per hybrid combination were subsequently sown in the control nursery, a total of 118, of which 7 lines are being tested in preliminary variety trials.

Conclusions

Cv. 'Pryvitna', which is noticeable for by a high output of the large seed fraction, when crossed with the cultivars having moderate or low outputs of the large fraction, ensured a high or intermediate value of this parameter in the offspring. The following hybrid combinations appeared to be promising for the breeding for this feature: 'Alians'/'Pryvitna' and 'Pryvitna'/'Alians', where the transgression frequency was 22 and 14%, respectively, the transgression degree was 12.0 and 17.3%, respectively, and the maximum value of this trait was higher than that in cv. 'Pryvitna' by 9 and 13%, respectively.

When crossing varieties with moderate or low outputs of the large seed fraction with each other, the large fraction output was decreased, but the outputs of the medium and small fractions were bigger. Combination of accessions with low and moderate outputs of the large seed fraction increased both the frequency and degree of transgressions.

Hybrid combinations 'Alians'/'Pryvitna', 'Pryvitna'/'Alians', 'Krasa Laniv'/'Alians', and 'Alians'/'Krasa Laniv' seem to be promising for breeding for increased yield.

References

1. Zhybak M, Khrystenko H. Grain market in Ukraine: price situation and problems of development during the war. *Ahrosvit*. 2024; 6: 23–29. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2024.6.23> [in Ukrainian]
2. Areas, croppages and yields of agricultural crops by species and regions in 2023. Statistical information (final data). State Statistics Service of Ukraine. [Internet]. 2023 [updated 2023 May 5; cited 2024 May 20]. Available from: <https://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian]
3. Shelepov VV, Havryliuk MM, Chebakov MP, Honchar OM, Verhunov VA. Wheat breeding, seed production and variety investigations. *VM Remeslo Myronivka Institute of Wheat*. 2007. 408 p. [in Ukrainian].
4. Vyshnivskiy PS, Shapoval AV, Tsiuk YuV. Effect of the fractional composition of sowing material on the performance of spring wheat seed fields. *Zb. Nauk. Pr. NNTs «Instytut Zemlerobstva NAAN»*. 2014; 4: 162–167. [in Ukrainian].
5. Zecevic V, Boskovic J, Knezevic D, Micanovic D. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. *Chilean journal of agricultural research [online]*. 2014; 74(1): 23–28. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392014000100004>.
6. DSTU 4138–2002. Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality. Valid from 01/01/2004. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003. 173 p. [in Ukrainian].
7. Shapoval AV, Tsiuk YuV, Lutak IA, Katerynychuk IM. Effect of fractional composition of winter wheat seeds on their yielding capacity . *Zb. Nauk. Pr. NNTs «Instytut Zemlerobstva NAAN»*. 2014; 1–2: 136–140. [in Ukrainian].
8. Shapoval AV, Melnyk VV, Lutak IA, Khitska IM. Effect of seed fraction on the yield capacity of spring wheat and oat varieties. *Zb. Nauk. Pr. NNTs «Instytut Zemlerobstva NAAN»*. 2013; 1–2: 160–165. [in Ukrainian].
9. Lutak IV, Shapoval AV. Yield and sowing qualities of spring wheat seeds depending on the fractional composition of seeds and fertilizers. *Zbirnyk Naukovykh Prats Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*. 2016; 86(1):13–21. [in Ukrainian].
10. Skrypnyk OO, Leonov OYu. Outputs of seeds of winter bread wheat varieties and lines bred at the Plant Production Institute named after VYa Yuriev of NAAS. State-of-the-art technologies for Increasing the Genetic Potentials of Plants: Abstracts of the International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 100th anniversary of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine and the 110th anniversary of the founding of the Plant Production Institute named after VYa Yuriev of NAAS. Kharkiv, July 4–5, 2018. Kharkiv, 2018. P. 262–264. [in Ukrainian].
11. Leonov O, Skrypnyk O, Kirian V. Winter bread wheat kernel size depending on the variety. *Agrarian Science and Education in the European integration Settings: Abstracts of the International Scientific and Practical Conference. Part 1. Kamianets-Podilskyi, March 20–21, 2019, Ternopil: Krok*. 2019. P. 113–114. [in Ukrainian].
12. Skrypnyk OO, Leonov OYu, Shyianova TP, Suvorova KYu, Usova ZV. Seed quality indicators of winter bread wheat accessions depending on the grain size. *Plant Breeding and Seed Production*. 2021. 119. 84–93. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.237013>
13. Tkachyk SO, editor. Methods of qualification examination of varieties cereals, groats crops and grain legumes for suitability for dissemination in Ukraine. Methods of determination of plant product quality parameters. 3rd revised and extended edition. Vinnytsia: FOP Korzun DYU. 2017. 159 p. [in Ukrainian].
14. Ermantraunt ER, Hoptsi TI, Kalenska S M, Kryvoruchenko RV, Turchynova NP, Prysiazhniuk OI. Methods of breeding experiments (in crop production). Kharkiv : KhNAU im. VV Dokuchaieva, 2014. 229 p. [in Ukrainian].
15. Vasylykivskiy SP, Kochmarskyi VS. Breeding and seed production of field crops. Myronivka : PJSC “Myronivska Printing House”. 2016. 376 p. [in Ukrainian].

16. de Souza DN, Silva SR, Marinho J de L, Bazzo JHB, Fonseca IC de B, Zucareli C. Wheat yield and seed physiological quality as influenced by seed vigor, nitrogen fertilization and edaphoclimatic conditions. *Semina: Ciências Agrárias*. 2021. 42 (6SUPL2), 3581–3602. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6SUPL2p3581> [in Portuguese].
17. Dwivedi SL, Spillane C, Lopez F, Ayele BT, Ortiz R. First the seed : Genomic advances in seed science for improved crop productivity and food security. *Crop Science*. 2021. 61(3). 1501–1526. <https://doi.org/10.1002/csc2.20402>
18. Chen Z, Cheng X, Chai L, Wang Z, Bian R, Li J, Zhao A, Xin M, Guo W, Hu Z, et al. Dissection of genetic factors underlying grain size and fine mapping of QTgw. cau-7D in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2020. 133. 149–162. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03447-5>
19. Kondić D, Oručević Žuljević S, Hajder Đ, Selimbegović E. Evaluation of grain characteristics of domestic wheat (*Triticum aestivum* L.) obsolete cultivars and landraces. *Italian Journal of Agronomy*. 2020. 15(1). 3–9. <https://doi.org/10.4081/ija.2020.1345>
20. Reynolds MP, Pask AJD, Hoppitt WJE, Sonder K, Sukumaran S, Molero G, Saint Pierre C, Payne TS, Singh RP, Braun HJ et al. Strategic crossing of biomass and harvest index-source and sink-achieves genetic gains in wheat. *Euphytica*. 2017. 213(257). doi:10.1007/s10681-017-2040-z
21. Pushkareva VI, Goleva GG, Vashchenko TG, Fedulova TP, Golev AD, Ivannikov VA. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.: 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming, 17–18 October 2019, Voronezh, Russian Federation. 2019. 422. 012031
22. Popović V, Ljubičić N, Kostić M, Radulović M, Blagojević D, Ugrenović V, Popović D, Ivošević B. Genotype × Environment interaction for wheat yield traits suitable for selection in different seed priming conditions. *Plants*. 2020; 9(12):1804. <https://doi.org/10.3390/plants9121804>
23. Kristó I, Vályi-Nagy M, Rácz A, Irmes K, Szentpéteri L, Jolánkai M, Kovács GP, Fodor MÁ, Ujj A, Valentinyi KV et al. Effects of nutrient supply and seed size on germination parameters and yield in the next crop year of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agriculture*. 2023. 13(2). 419. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020419>

Received 23.05.2024