

УДК 633.111.1«324»:631.527.5:631.559:581.15
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.30>

ТРАНСГРЕСИВНА МІНЛИВІСТЬ В ПОПУЛЯЦІЯХ F_2 , F_3 ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА ОЗНАКАМИ ПРОДУКТИВНОСТІ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

РИСІН А.Л. – PhD (Doctor of Philosophy)

orcid.org/0000-0001-6356-4231

ТОВ «НВАК «Степова»

ДЕМИДОВ О.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-5715-2908

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України

ВОЛОГДИНА Г.Б. – кандидатка сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-4643-1784

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України

ГУМЕНЮК О.В. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-4643-1784

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України

ПИКАЛО С.В. – кандидат біологічних наук

orcid.org/0000-0002-3158-3830

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла
'Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Для зростаючих харчових потреб людства, яке до 2050 р. за кількістю досягне дев'яти мільярдів, виробництво зерна необхідно подвоїти [1, 2]. Понад 35% населення земної кулі залежить від пшениці як основної продовольчої культури, яка забезпечує 20% калорій, що споживає людина [3]. Роль селекції в підвищенні та стабілізації виробництва зерна пшениці є надважливою. Збільшення потенціалу врожайності створених сортів в поєднанні з високими якісними показниками – першочергове завдання селекціонера [4, 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У вирішенні означеної проблеми важливою є стратегія використання явища трансгресивної сегрегації, тобто новоутворень в гібридних популяціях, що перевищують за рівнем цінних ознак батьківські компоненти в негативному або позитивному напрямку [6, 7]. Про значну творчу роль в еволюції гібридизації, як традиційного методу селекції, свідчить створення нових фенотипів, з підвищеною адаптацією до нових екологічних ніш, що утворюються внаслідок кліматичних змін на планеті [6]. Для селекції на адаптивність велике значення мають позитивні трансгресії, які отримані в результаті появи рекомбінантів за різними цінними господарськими ознаками [8]. Трансгресія в гібридів може відбуватися і за наявності в батьківських форм неалельних генів, які діють за принципом комплементарності. Але позитивні трансгресії (найбільш цінні в селекційній практиці), як правило, виникають у комбінаціях з повним або частковим домінуванням ознаки кращого батька чи з наддомінуванням при неалельній взаємодії генів. У практичному відношенні ряд трансгресій за кількісними ознаками є цінними варіантами, які дозволяють виділити із гібридної популяції біотиби, які за окремими характеристи-

ками або їх комплексом переважають існуючі сорти. Не випадково окремі дослідники приділяють велику увагу трансгресіям, а деякі селекціонери [9] завдяки науково обґрунтованому підходу до виділення трансгресивних морфобіотипів досягли великих успіхів у створенні нових сортів. У селекційних дослідженнях необхідно вивчати успадкування не врожайності загалом, а окремих її ознак. Якщо в F_2 гетерозис зникає, то це означає, що причиною було наддомінування, а якщо в наступних поколіннях явище гетерозису зберігається, то це – неалельна взаємодія генів, яка є основою для виникнення трансгресивних форм [9]. Аналіз селекційно-генетичних досліджень у пшениці [10–12] свідчить, що генетична природа трансгресій вивчена недостатньо. Тому дослідження прояву трансгресій за елементами продуктивності має вирішальне значення в створенні нового селекційного матеріалу пшениці м'якої озимої.

Мета – встановити ступінь і частоту трансгресій за цінними господарськими ознаками в популяціях гібридів другого та третього покоління пшениці м'якої озимої та добрати трансгресивні форми за продуктивністю рослин.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження було виконано впродовж 2019/20–2021/22 рр. на дослідних полях селекційної сівозміни Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН України. Метеорологічні умови відрізнялися від багаторічних показників за температурним режимом, кількістю і розподілом атмосферних опадів за місяцями, що дозволило отримати достовірні дані про відповідність рівня їх комфортності для реалізації потенціалу продуктивності гібридів пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу України. Матеріалом для досліджень були батьківські форми – сорт-стандарт Подольнка, створений спільно

з Інститутом фізіології рослин і генетики НАНУ, сорти МІП Ассоль, МІП Ювілейна, три перспективні селекційні лінії пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) миронівської селекції та гібридні популяції F_2 – F_3 , створені за їх участю. Новий вихідний матеріал створювали методом внутрішньовидової гібридизації з використанням подвійного запилення [13] і індивідуального добору кращик за комплексом ознак колосів із гібридних популяцій. Фенологічні спостереження в процесі росту та розвитку пшениці м'якої озимої проводили шляхом візуальної оцінки посівів у основні фази вегетації [14]. Аналіз гібридів і їх батьківських форм проводили індивідуально за елементами продуктивності [15]. Частоту (Тч) і ступінь (Тс) позитивних трансгресій у F_2 , F_3 визначали за методикою [16].

Результати досліджень. Продуктивність колоса – це результат інтегральної взаємодії генів, що контролюють кількість зерен і їх масу. Довжина колоса та ознаки його продуктивності знаходяться під контролем багатьох генів, які локалізовані в різних групах зчеплення. У системі цілісного генотипу взаємодія цих генів створює широкий спектр типів успадкування ознаки продуктивності та її складових [17]. Враховуючи, що більшість господарських і біологічних ознак мають полігенну природу, одним з найбільш ефективних шляхів отримання цінних генотипів є створення трансгресивних форм. Вважають, що для практичної селекції на продуктивність найбільш цінними є позитивні трансгресії, отримані в результаті появи рекомбінатів за певними цінними господарськими ознаками [17]. Завдяки цьому трансгресивна селекція отримала широке використання, що дозволило одер-

жати цінні трансгресивні форми за різними ознаками продуктивності пшениці [18].

Одним із важливих елементів структури врожайності пшениці є кількість зерен в колосі [19, 20], яка визначається під час проходження IV–IX етапів органогенезу. Тому для підвищення продуктивного та адаптивного потенціалу пшениці м'якої озимої важливим є встановлення закономірностей формування позитивних рекомбінантів у гібридних популяціях за озерненістю колоса. Кількість зерен у головному колосі батьківських рослин варіювала в межах від 35,1 шт. до 42,2 шт., а в популяціях F_2 пшениці м'якої озимої показник становив 37,0–45,4 шт. Більшість гібридів перевищували батьківські компоненти, що свідчить про значне формоутворення з максимальним проявом кількості зерен у головному колосі. До гібридних популяцій F_2 , які відрізнялись здатністю формувати вищий (40,77–45,37 шт.) за середній по досліді (40,57 шт.) рівень ознаки й високими позитивними показниками ступеня та частоти трансгресії віднесено: ЕР 55023 / ЛЮТ 55198 (Тс = 30,22%; Тч = 33,33%), Подолянка / ЕР 55023 (Тс = 23,02%; Тч = 40,00%), ЕР 55023 / ЛЮТ 37519 (Тс = 21,55%; Тч = 40,00%), Подолянка / ЛЮТ 55198 (Тс = 18,12%; Тч = 40,00%), МІП Ювілейна / ЛЮТ 37519 (Тс = 15,44%; Тч = 23,33%), ЕР 55023 / МІП Ювілейна (Тс = 15,11%; Тч = 30,00%), МІП Ассоль / ЕР 55023 (Тс = 12,50%; Тч = 13,33%), ЛЮТ 55198 / ЕР 55023 (Тс = 10,79%; Тч = 23,33%), МІП Ювілейна / Подолянка (Тс = 7,97%; Тч = 20,00%), що вказує на ефективність доборів на високу продуктивність колоса (табл. 1).

Таблиця 1

Ступінь і частота трансгресії за ознакою «кількість зерен у головному колосі» в F_2 , F_3 пшениці м'якої озимої (2021, 2022 рр.)

Гібридна популяція	F_2		F_3	
	Тс, %	Тч, %	Тс, %	Тч, %
МІП Ювілейна / Подолянка	7,97	20,00	-8,83	0,00
МІП Ювілейна / ЛЮТ 37519	15,44	23,33	18,01	23,33
ЕР 55023 / МІП Ювілейна	15,11	30,00	12,45	13,33
ЕР 55023 / Подолянка	16,55	16,67	3,49	6,67
ЕР 55023 / ЛЮТ 37519	21,58	40,00	-19,43	0,00
ЕР 55023 / ЛЮТ 55198	30,22	33,33	9,84	3,33
МІП Ассоль / ЕР 55023	12,50	13,33	-5,60	3,33
МІП Ассоль / МІП Ювілейна	6,25	10,00	-25,79	0,00
МІП Ассоль / Подолянка	-2,78	0,00	-21,31	0,00
МІП Ассоль / ЛЮТ 37519	0,00	0,00	12,60	13,33
МІП Ассоль / ЛЮТ 55198	2,08	6,67	-6,58	3,33
Подолянка / ЕР 55023	23,02	40,00	-4,59	0,00
Подолянка / МІП Ассоль	-6,94	0,00	11,64	16,67
Подолянка / МІП Ювілейна	2,17	6,67	-7,25	0,00
Подолянка / ЛЮТ 37519	-0,72	3,33	-28,89	0,00
Подолянка / ЛЮТ 55198	18,12	40,00	7,64	3,33
ЛЮТ 37519 / МІП Ассоль	0,69	3,33	-34,19	0,00
ЛЮТ 37519 / МІП Ювілейна	8,09	16,67	-26,57	0,00
ЛЮТ 37519 / ЛЮТ 55198	24,39	30,00	26,37	16,67
ЛЮТ 55198 / ЕР 55023	10,79	23,33	12,17	13,33
ЛЮТ 55198 / МІП Ювілейна	8,82	10,00	-6,16	0,00
ЛЮТ 55198 / Подолянка	6,52	13,33	11,62	3,33
ЛЮТ 55198 / ЛЮТ 37519	17,89	30,00	13,06	23,33

Примітки: Тс – ступінь трансгресії; Тч – частота трансгресії.

Позитивні трансгресії за кількістю зерен у головному колосі виявлено в 19 (82,6%) популяціях F_2 пшениці м'якої озимої, негативні – в трьох (13,0%). Частота прояву трансгресії варіювала від 3,33% до 40,0%. Не виявлено трансгресивних форм у популяції МІП Ассоль / ЛЮТ 37519.

У F_3 встановлено як позитивний, так і негативний ступінь трансгресії за ознакою «кількість зерен у головному колосі» з варіюванням від -34,19% у гібридній популяції ЛЮТ 37519 / МІП Ассоль до 26,37% – у ЛЮТ 37519 / ЛЮТ 55198. Рівень ознаки в F_3 був у межах від 36,00 до 48,90 шт., а у батьківських форм – від 39,40 до 52,49 шт. Більшу (42,20–48,90 шт.) озерненість за середню по досліді (41,61 шт.) мали 12 гібридних популяцій, в яких спостерігали як позитивний, так і негативний ступінь трансгресії. Найвищий позитивний ступінь трансгресії виявлено в популяціях ЛЮТ 37519 / ЛЮТ 55198 (Тс = 26,37%; Тч = 16,67%), МІП Ювілейна / ЛЮТ 37519 (Тс = 18,01%; Тч = 23,33%), ЛЮТ 55198 / ЛЮТ 37519 (Тс = 13,06%; Тч = 23,33%).

Негативний ступінь трансгресії відмічений в F_2 і F_3 пшениці м'якої озимої: МІП Ассоль / Подолянка (-2,78%; -21,31%), Подолянка / ЛЮТ 37519 (-0,72%; -28,89%) відповідно. Водночас популяції ЛЮТ 37519 / ЛЮТ 55198 (24,39%; 26,37%), МІП Ювілейна / ЛЮТ 37519 (15,44%; 18,01%), ЛЮТ 55198 / ЛЮТ 37519 (17,89%; 13,06%), ЛЮТ 55198 / ЕР 55023 (10,79%; 12,17%) та ін. мали позитивний ступінь трансгресії, тому саме вони становлять цінність для селекційної роботи. На формування

ознаки та показників ступеня та частоти трансгресивних рекомбінантів мали вплив батьківські компоненти – селекційні лінії ЕР 55023 і ЛЮТ 55198.

У селекційній практиці масі зерна з головного колоса завжди відводилося одне з центральних місць [21]. Позитивну трансгресію за ознакою в F_2 визначено в 17 (73,9%) гібридних популяціях (табл. 2).

Найвищий ступінь та частоту позитивної трансгресії виявлено в гібридній популяції ЕР 55023 / ЛЮТ 55198 – 58,26%; 83,33% відповідно, а негативної – в комбінації Подолянка / МІП Ассоль (-13,52%).

Установлено, що вищі значення позитивної трансгресії були в популяціях F_2 : ЕР 55023 / ЛЮТ 55198 (Тс = 58,26%; Тч = 83,33%), ЛЮТ 37519 / ЛЮТ 55198 (Тс = 42,53%; Тч = 56,67%), Подолянка / ЛЮТ 55198 (Тс = 42,19%; Тч = 70,00%), ЕР 55023 / ЛЮТ 37519 (Тс = 39,08%; Тч = 40,00%), ЛЮТ 55198 / ЛЮТ 37519 (Тс = 38,51%; Тч = 50,00%), ЛЮТ 55198 / Подолянка (Тс = 30,56%; Тч = 46,67%), у яких у F_1 спостерігали наддомінування. Варто зазначити, що більшість гібридних популяцій за масою зерна з головного колоса перевищувала значення материнської форми, що свідчить про значний формотворчий процес. Частота трансгресивних рекомбінантів варіювала від 3,33% (МІП Ассоль / МІП Ювілейна, Подолянка / МІП Ювілейна, ЛЮТ 37519 / МІП Ассоль) до 83,33% (ЕР 55023 / ЛЮТ 55198).

Виокремлено гібридну популяцію Подолянка / МІП Ювілейна, яка не мала трансгресивних форм за масою зерна з головного колоса, а в F_1 успадковувала ознаку за

Таблиця 2

Ступінь і частота трансгресії за ознакою «маса зерна з головного колоса» в F_2 , F_3 пшениці м'якої озимої (2021, 2022 рр.)

Гібридна популяція	F_2		F_3	
	Тс, %	Тч, %	Тс, %	Тч, %
МІП Ювілейна / Подолянка	10,87	6,67	46,96	13,33
МІП Ювілейна / ЛЮТ 37519	2,30	13,33	13,27	6,67
ЕР 55023 / МІП Ювілейна	12,56	13,33	3,64	3,33
ЕР 55023 / Подолянка	18,58	43,33	3,65	6,67
ЕР 55023 / ЛЮТ 37519	39,08	40,00	-28,29	0,00
ЕР 55023 / ЛЮТ 55198	58,26	83,33	3,90	3,33
МІП Ассоль / ЕР 55023	2,07	6,67	-5,78	3,33
МІП Ассоль / МІП Ювілейна	-5,66	3,33	-25,88	0,00
МІП Ассоль / Подолянка	-12,83	0,00	-28,64	0,00
МІП Ассоль / ЛЮТ 37519	-1,93	0,00	7,13	3,33
МІП Ассоль / ЛЮТ 55198	6,48	10,00	-13,27	0,00
Подолянка / ЕР 55023	25,69	56,67	-14,44	0,00
Подолянка / МІП Ассоль	-13,52	0,00	25,12	30,00
Подолянка / МІП Ювілейна	0,00	3,33	-0,18	3,33
Подолянка / ЛЮТ 37519	19,79	30,00	-35,31	0,00
Подолянка / ЛЮТ 55198	42,19	70,00	8,50	3,33
ЛЮТ 37519 / МІП Ассоль	-5,24	3,33	-39,41	0,00
ЛЮТ 37519 / МІП Ювілейна	7,66	16,67	-25,59	0,00
ЛЮТ 37519 / ЛЮТ 55198	42,53	56,67	33,52	43,33
ЛЮТ 55198 / ЕР 55023	25,75	56,67	9,73	3,33
ЛЮТ 55198 / МІП Ювілейна	12,10	10,00	-22,38	0,00
ЛЮТ 55198 / Подолянка	30,56	46,67	9,97	3,33
ЛЮТ 55198 / ЛЮТ 37519	38,51	50,00	32,43	40,00

Примітки: Тс – ступінь трансгресії; Тч – частота трансгресії.

типом депресії або наддомінування. Негативний ступінь трансгресії від -13,52 до -1,93% відзначали в п'яти популяціях за використання в схрещуваннях сорту МІП Ассоль.

У F_3 пшениці м'якої озимої позитивний ступінь і частоту трансгресії за ознакою виявлено в гібридних популяціях: МІП Ювілейна / Подолянка ($T_c = 46,96\%$; $T_c = 13,33\%$), ЛЮТ 37519 / ЛЮТ 55198 ($T_c = 33,52\%$; $T_c = 43,33\%$), ЛЮТ 55198 / ЛЮТ 37519 ($T_c = 32,43\%$; $T_c = 40,00\%$), у яких у F_1 спостерігали проміжний тип успадкування та наддомінування. Частота трансгресій варіювала від 3,33% до 43,33% у популяції ЛЮТ 37519 / ЛЮТ 55198. Негативний ступінь трансгресії ($T_c = -0,18$ – $-39,41\%$) виявлено для 11 (47,8%) популяцій, де в F_1 відмічали різні типи фенотипового домінування – від проміжного успадкування до наддомінування. Негативний ступінь трансгресії відмічений у F_2 і F_3 в популяціях МІП Ассоль / МІП Ювілейна, МІП Ассоль / Подолянка, ЛЮТ 37519 / МІП Ассоль. Необхідно зазначити, що в популяціях F_3 порівняно з F_2 знизилась показники маси зерна з головного колоса та ступінь і частота трансгресії. Тому найбільш цінними для добору за масою зерна з головного колоса є гібридні популяції, які проявили найвищий ступінь і частоту трансгресії в F_2 і підтвердили тенденцію в F_3 : ЛЮТ 37519 / ЛЮТ 55198, ЛЮТ 55198 / ЛЮТ 37519, МІП Ювілейна / Подолянка, ЛЮТ 55198 / Подолянка, ЕР 55023 / ЛЮТ 55198 та ін. Це вказує на неалельну взаємодію генів, що є основою для виникнення трансгресивних форм і ефективного добору генотипів з високою продуктивністю колоса.

Трансгресивне розщеплення за масою 1000 зерен відмічено в 20 гібридних популяціях F_2 . Ліміти ступеня позитивної трансгресії становили від 3,20% (ЕР 55023 / МІП Ювілейна) до 54,96% (МІП Ювілейна / Подолянка) з частотою рекомбінантів від 13,33% (МІП Ассоль / ЕР 55023) до 96,67% (ЕР 55023 / ЛЮТ 55198) (табл. 3).

Маса 1000 зерен у популяціях варіювала від 42,16 г до 54,64 г, а в батьківських компонентів – 38,93÷48,31 г. Найбільшу кількість позитивних трансгресивних форм визначено в гібридних популяціях F_2 : МІП Ювілейна / Подолянка ($T_c = 54,96\%$; $T_c = 20,00\%$), ЕР 55023 / ЛЮТ 55198 ($T_c = 27,44\%$; $T_c = 96,67\%$), Подолянка / ЛЮТ 37519 ($T_c = 23,88\%$; $T_c = 80,0\%$), ЛЮТ 55198 / Подолянка ($T_c = 23,04\%$; $T_c = 73,33\%$), Подолянка / ЛЮТ 55198 ($T_c = 22,14\%$; $T_c = 16,67\%$), де в F_1 у більшості випадків спостерігали наддомінування. Негативний ступінь трансгресії проявили лише дві популяції: Подолянка / МІП Ассоль (-4,51%) і МІП Ассоль / Подолянка (-2,08%), де виявлено в F_1 різні типи успадкування (від наддомінування до депресії).

Маса 1000 зерен у батьківських рослин варіювала від 42,40 г у сорту МІП Ассоль до 46,80 г у селекційної лінії ЛЮТ 55198, а в F_3 – від 39,90 г (МІП Ассоль / Подолянка) до 48,30 г (МІП Ювілейна / Подолянка). Позитивний ступінь трансгресії встановлено в 14 (60,87%) популяцій, а негативний – у дев'яти (39,13%). Ступінь позитивної трансгресії знаходився в межах 0,24÷71,83%, а частота – 3,33÷46,67%. Найвищий ступінь і частоту трансгресії виявлено у популяціях ЛЮТ 55198 / ЛЮТ 37519

Таблиця 3

Ступінь і частота трансгресії за ознакою «маса 1000 зерен» в F_2 , F_3 пшениці м'якої озимої (2021, 2022 рр.)

Гібридна популяція	F_2		F_3	
	$T_c, \%$	$T_c, \%$	$T_c, \%$	$T_c, \%$
МІП Ювілейна / Подолянка	54,96	20,00	21,83	13,33
МІП Ювілейна / ЛЮТ 37519	4,82	23,33	0,24	3,33
ЕР 55023 / МІП Ювілейна	3,20	20,00	5,58	20,00
ЕР 55023 / Подолянка	12,93	46,67	10,79	33,33
ЕР 55023 / ЛЮТ 37519	13,05	46,67	-7,98	0,00
ЕР 55023 / ЛЮТ 55198	27,44	96,67	23,82	6,67
МІП Ассоль / ЕР 55023	19,58	13,33	-3,90	0,00
МІП Ассоль / МІП Ювілейна	-2,08	0,00	-1,91	3,33
МІП Ассоль / Подолянка	-3,26	0,00	-9,20	0,00
МІП Ассоль / ЛЮТ 37519	4,36	10,00	6,15	6,67
МІП Ассоль / ЛЮТ 55198	9,15	50,00	-10,81	0,00
Подолянка / ЕР 55023	10,17	33,33	15,42	26,67
Подолянка / МІП Ассоль	-4,51	0,00	20,88	16,67
Подолянка / МІП Ювілейна	5,29	20,00	4,59	20,00
Подолянка / ЛЮТ 37519	23,88	80,00	-0,86	3,33
Подолянка / ЛЮТ 55198	22,14	16,67	12,27	6,67
ЛЮТ 37519 / МІП Ассоль	3,99	23,33	-5,83	0,00
ЛЮТ 37519 / МІП Ювілейна	7,53	53,33	-1,06	3,33
ЛЮТ 37519 / ЛЮТ 55198	16,52	23,33	17,43	13,33
ЛЮТ 55198 / ЕР 55023	14,85	63,33	13,46	6,67
ЛЮТ 55198 / МІП Ювілейна	8,29	26,67	-6,66	0,00
ЛЮТ 55198 / Подолянка	23,04	73,33	24,24	16,67
ЛЮТ 55198 / ЛЮТ 37519	18,57	56,67	71,83	46,67

Примітки: T_c – ступінь трансгресії; T_c – частота трансгресії.

($T_c = 71,83\%$; $T_c = 46,67\%$), ЛЮТ 55198 / Подолянка ($T_c = 24,24\%$; $T_c = 16,67\%$), ЕР 55023 / ЛЮТ 55198 ($T_c = 23,82\%$; $T_c = 6,67\%$), де в F_1 спостерігали різні типи успадкування (від часткового позитивного домінування до наддомінування). Виділено популяції ЛЮТ 55198 / ЛЮТ 37519, МІП Ювілейна / Подолянка, ЕР 55023 / ЛЮТ 55198, ЛЮТ 55198 / Подолянка, Подолянка / ЛЮТ 55198 та ін., які в F_2 і F_3 проявили позитивний ступінь і частоту трансгресії за ознакою, тому становлять цінність для селекційної роботи.

Висновки. Отже, за результатами досліджень установлено високий рівень частоти та ступеню прояву позитивних трансгресій в гібридних популяціях пшениці м'якої озимої другого та третього покоління, що визначалося поєднанням компонентів схрещувань, величиною ступеня домінування, а також залежало від кількісних ознак продуктивності та умов року. Доведено, що в створеному вихідному матеріалі відбувається широкий формотворчий процес, який сприятиме підвищенню ефективності добору високопродуктивних генотипів в умовах Лісостепу України.

Визначено значимість впливу материнського компонента в системі діалельних схрещувань, найбільш цінні трансгресії з'являються в гібридних популяціях за участю сортів Подолянка, МІП Ювілейна та селекційних ліній ЛЮТ 55198, ЛЮТ 37519, ЕР 55023. Установлено в популяціях F_2 успадкування ознак «кількість зерен у головному колосі» та «маса 1000 зерен» за типом наддомінування за використання в схрещуваннях селекційної лінії ЛЮТ 55198. У гібридів F_3 така тенденція зберігалась за озерненістю колоса. Простежено, що коли в першому поколінні гібридів успадкування ознак продуктивності відбувається за типом наддомінування, то в більшості випадків у нащадків підвищується частота та ступінь позитивних трансгресій. Особливо чітко це прослідковувалось за ознаками «кількість зерен» та «маса зерна» з головного колоса, тому заключну оцінку генотипів під час візуального бракування індивідуальних доборів після обмолоту необхідно проводити за озерненістю колоса з урахуванням усього спектру селекційних параметрів, що дозволить виокремити найбільш адаптивні та продуктивні форми.

З'ясовано, що характер типу успадкування основних елементів структури продуктивності в гібридних комбінаціях змінювався за роками залежно від погодних умов вегетації пшениці м'якої озимої. Виявлено, що основним типом успадкування за роки досліджень за іншими ознаками продуктивності був гетерозис як у популяціях гібридів першого покоління, так і в F_2 , F_3 , особливо в умовах 2022 р. Максимальний рівень тенденції простежено для озерненості та маси зерен з головного колоса. Підтверджено, що частота утворення позитивних трансгресій збільшувалась за оптимальних умов середовища (2021 р.).

Установлено в другому поколінні перевагу над кращою батьківською формою за ознаками продуктивності в трьох гібридних популяціях. Максимальний ступінь позитивної трансгресії був за ознаками «маса зерна з колоса» і «маса 1000 зерен» з лімітами $2,07 \pm 58,26\%$ і $3,20 \pm 54,96\%$ відповідно. Найбільшу частоту утворення

форм, що переважали кращий батьківський компонент в популяціях гібридів F_2 , установлено за ознакою «маса 1000 зерен» – $13,33 \pm 96,67\%$. Частка вищеплення трансгресивних форм за більшістю ознак продуктивності зменшувалась у гібридів третього покоління. Виняток становила маса 1000 зерен – відмічено комбінації, в яких відсоток форм, що перевищували батьків, залишився на рівні F_2 /перевищив або знизився несуттєво: ЕР 55023 / МІП Ювілейна, Подолянка / МІП Ювілейна ($T_c = 20,00\%$), МІП Ювілейна / Подолянка ($F_2 - T_c = 20,00\%$; $F_3 - T_c = 13,33\%$), МІП Ассоль / ЛЮТ 37519 і Подолянка / ЕР 55023 ($F_2 - T_c = 10,00\%$ і $33,33\%$; $F_3 - T_c = 6,67\%$ і $26,67\%$ відповідно).

Виявлено перспективні популяції гібридів F_2 пшениці м'якої озимої, які за елементами продуктивності колоса в більшості випадків мали значну кількість трансгресивних рослин і досить високий рівень прояву ознак: МІП Ювілейна / Подолянка, ЕР 55023 / ЛЮТ 37519, МІП Ассоль / ЕР 55023, МІП Ассоль / ЕР 55023, МІП Ассоль / ЛЮТ 55198, Подолянка / ЕР 55023, Подолянка / ЛЮТ 55198, ЛЮТ 37519 / ЛЮТ 55198, ЛЮТ 55198 / ЕР 55023, ЛЮТ 55198 / ЛЮТ 37519, а в F_3 – МІП Ювілейна / Подолянка, ЕР 55023 / Подолянка, Подолянка / МІП Ассоль, ЛЮТ 55198 / ЛЮТ 37519, ЛЮТ 55198 / Подолянка, ЛЮТ 37519 / ЛЮТ 55198, Подолянка / ЛЮТ 55198, ЕР 55023 / ЛЮТ 55198 та ін.

У F_3 виявлено тенденцію до зниження показників елементів продуктивності колоса, ступеня та частоти трансгресій порівняно з F_2 . Селекційну цінність становили гібриди, які мали проміжне положення або були на рівні кращої батьківської форми, особливо в комбінаціях з суттєвою різницею за проявом ознак між батьками. Отримані результати за ступенем трансгресії та частотою її прояву свідчать про можливість успішної селекційної роботи за участю сортів МІП Ювілейна, Подолянка, МІП Ассоль та селекційних ліній ЕР 55023, ЛЮТ 37519, ЛЮТ 55198 з метою створення нового високопродуктивного селекційного матеріалу. Отже, на основі встановлених особливостей частоти появи позитивних трансгресій у гібридів пшениці м'якої озимої було виділено популяції, які є цінним вихідним матеріалом для добору трансгресивних форм у більш пізніх поколіннях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Tilman D., Balzer C., Hill J., Befort B. L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2011. No. 108 (50). P. 20260–20264. DOI: 10.1073/pnas.1116437108.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2009. How to feed the world in 2050. Retrieved from: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
3. Kim S. K., Kim J., Jang W. Past, present and future molecular approaches to Improve Yield in Wheat. *Wheat Improvement, Management and Utilization* / R. Wanyera and J. Owuoché (Ed.). 2017. P. 17–37. IntechOpen. DOI: 10.5772/67112
4. Guo Z., Zhao Y., Röder M. S., Reif J. C., Ganai M. W., Chen D., Schnurbusch T. Manipulation and prediction

- of spike morphology traits for the improvement of grain yield in wheat. *Scientific Reports*, 2018. No. 8. 14435. DOI:10.1038/s41598-018-31977-3
5. Egamov I. U., Siddikov R. I., Rakhimov T. A., Yusupov N. Kh. Creation of high yielding winter wheat varieties with high yield and grain quality suitable for irrigated conditions. *International Journal of Modern Agriculture*. 2021. No. 10 (2). P. 2491–2506. Retrieved from <https://www.modern-journals.com/index.php/ijma/article/view/1050>
 6. Rieseberg L. H., Archer M. A., Wayne R. K. Transgressive segregation, adaptation and speciation. *Heredity*. 1999. No. 83. P. 363–372. DOI: 10.1038/sj.hdy.6886170
 7. Mackay I. J., Cockram J., Howell P., Powell W. Understanding the classics: the unifying concepts of transgressive segregation, inbreeding depression and heterosis and their central relevance for crop breeding. *Plant Biotechnology Journal*. 2021. Vol. 19, Is. 1. P. 26–34. DOI: 10.1111/pbi.13481
 8. Осьмачко О. М., Власенко В. А. Трансгресивна мінливість стійкості проти септоріозу гібридів пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу. Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання) : матеріали VI Міжнародної наукової конференції (м. Умань, 15–17 березня 2017 р.). [Редкол. : О. О. Непочатенко (відп. ред.) та ін.]. Умань, 2017. С. 192–196.
 9. Лозінська Т. Успадкування та трансгресивна мінливість маси зерна колоса у F_1 і F_2 пшениці ярої. *ЛОГОС. Мистецтво наукової думки*. 2019. № 4. С. 129–131.
 10. Базалій В. В., Бойчук І. В. Трансгресивна мінливість гібридів пшениці м'якої озимої і її використання в селекції. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 78. С. 3–8.
 11. Хоменко С. О., Федоренко М. В. Трансгресивна мінливість ознак продуктивності гібридів другого покоління пшениці твердої ярої. Селекція і насінництво. Харків, 2015. Вип. 107. С. 97–105.
 12. Lozinskiy M., Burdenyuk-Tarasevych L., Grabovskiy M., Lozinska T., Sabadyn V., Sidorova I., Panchenko T., Fedoruk Y., Kumanska Y. Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight. *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19, Is. 2. P. 540–551. DOI: 10.15159/ar.21.071.
 13. Спосіб подвійного запліднення в селекції м'якої озимої пшениці *Triticum aestivum* L. : пат. 139973 Україна. А01Н 1/04 / Г. Б. Вологдіна, О. А. Демидов, О. В. Гуменюк, Н. П. Замліла, О. Л. Дергачов. № а 2019 05091; заявл. 14.05.2019; опубл. 10.02.2020, Бюл. № 3. 3 с.
 14. Гірко В. С., Сабадін Н. А. Біологічні особливості озимої пшениці та перспективи їхнього використання в селекції. *Селекція, насінництво і технології вирощування зернових колосових культур у Лісостепу України* / за ред. В. Т. Колючого, В. А. Власенка, Г. Ю. Борсука. Київ : Аграрна наука, 2007. С. 8–42.
 15. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових культур на придатність до поширення в Україні. За ред. Ткачик С. О. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 82 с.
 16. Дідора В. Г., Смаглій О. Ф., Ермантраут Е. Р. та ін. Методика наукових досліджень в агрономії : навчальний посібник. Київ : «Центр учбової літератури», 2013. 264 с.
 17. Орлюк А. П., Базалій В. В. Генетичний аналіз: навчальний посібник [для студ. вищ. навч. закл. III–IV рівнів акредитації]. Херсон : Олді-Плюс, 2013. 216 с.
 18. Базалій В. В. Характер мінливості кількісних ознак озимої пшениці різних поколінь. *Таврійський науковий вісник*. 2000. Вип. 15. С. 7–10.
 19. Raykov G., Chamurliyski P. S., Doneva S. et al. Productivity performance of bread winter wheat genotypes of local and foreign origin. *Agricultural Science and Technology*. 2016. Vol. 8, No. 4. P. 276–279. DOI: 10.15547/ast.2016.04.052.
 20. Tsenov N., Gubатов T., Yanchev I. Correlations between grain yield and related traits in winter wheat under multi environmental traits. *Agricultural Science and Technology*. 2020. Vol. 12, No. 4. P. 295–300. DOI: 10.15547/ast.2020.04.047.
 21. Юрченко Т., Волощук С., Кириленко В., Кочмарський В. Трансгресивна мінливість за ознаками продуктивності колосу, індукована мутагенними чинниками в гібридних популяціях пшениці м'якої озимої. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. Агрономія. 2014. № 18. С. 146–154.

REFERENCES:

1. Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(50), 20260–20264. DOI: 10.1073/pnas.1116437108
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2009). How to feed the world in 2050. Retrieved from: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
3. Kim, S.K., Kim, J.-H., & Jang, W.-C. (2017). Past, present and future molecular approaches to improve yield in wheat. In: R. Wanyera & J. Owoiche (Ed.), *Wheat Improvement, Management and Utilization* (pp. 17-37). IntechOpen. DOI: 10.5772/67112
4. Guo, Z., Zhao, Y., Röder, M.S., Reif, J.C., Ganai, M.W., Chen, D., & Schnurbusch, T. (2018). Manipulation and prediction of spike morphology traits for the improvement of grain yield in wheat. *Scientific Reports*, 8(1), Article 14435. DOI: 10.1038/s41598-018-31977-3
5. Egamov, I.U., Siddikov, R.I., Rakhimov, T.A., & Yusupov, N.Kh. (2021). Creation of high yielding winter wheat varieties with high yield and grain quality suitable for irrigated conditions. *International Journal of Modern Agriculture*, 10(2), 2491-2506. Retrieved from <https://www.modern-journals.com/index.php/ijma/article/view/1050>
6. Rieseberg, L.H., Archer, M.A., & Wayne, R.K. (1999). Transgressive segregation, adaptation and speciation. *Heredity*, 83, 363-372. DOI: 10.1038/sj.hdy.6886170
7. Mackay, I.J., Cockram, J., Howell, P., & Powell, W. (2020). Understanding the classics: the unifying concepts of transgressive segregation, inbreeding depression and heterosis and their central relevance for crop breeding. *Plant Biotechnology Journal*, 19(1), 26-34. DOI: 10.1111/pbi.13481
8. Osmachko, O.M., & Vlasenko, V.A. (2017). Transhresyvna minlyvist stiikosti proty septoriozu hibrydiv pshenytsi

- miakoi ozymoi v umovakh Lisostepu [Transgressive variability of Septoria leaf blotch resistance in winter bread wheat hybrids under environment of Forest-Steppe]. *Selektsiina nauka i osvita (Pariievi chytannia : materialy VI Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii* (Uman, 15-17 bereznia 2017). Uman, 192-196. [in Ukrainian]
9. Lozinska, T.P. (2019). Uspadkuvannia ta transhresyvnna minlyvist masy zerna kolosa u F_1 i F_2 pshenytsi yaroï [An inheritance and transgressive changeability of mass of grain of ear in F_1 and F_2 of spring wheats]. *ΛΟΓΟΣ. The Art of Scientific Mind*, 4, 129-131. [in Ukrainian]
 10. Bazalii, V.V., & Boichuk, I.V. (2012). Transhresyvnna minlyvist hibrydiv pshenytsi miakoi ozymoi i yïi vykorystannia v selektsii [Transgressive variability of winter wheat hybrids and its use in the breeding]. *Taurida Scientific Herald*, 78, 3-8. [in Ukrainian]
 11. Khomenko, S.O., & Fedorenko, M.V. (2015). Transhresyvnna minlyvist oznak produktyvnosti hibrydiv drugoho pokolinnia pshenytsi tvrdoï yaroï [Transgressive variability of productivity traits of durum spring wheat F_2 hybrids]. *Plant Breeding and Seed Production*, 107, 97-105. [in Ukrainian]
 12. Lozinskiy, M., Burdenyuk-Tarasevych, L., Grabovskiy, M., Lozinska, T., Sabadyn, V., Sidorova, I., Panchenko, T., Fedoruk, Y., & Kumanska, Y. (2021). Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight. *Agronomy Research*, 19(2), 540-551. DOI: 10.15159/ar.21.071
 13. Volohdina, H.B., Demydov, O.A., Humeniuk, O.V., Zamilila, N.P., & Derhachov, O.L. (2020). Sposib podviinoho zapylennia v selektsii miakoi ozymoi pshenytsi *Triticum aestivum* L. [The method of double pollination in breeding winter bread wheat *Triticum aestivum* L.]. Patent of Ukraine No 139973. Kyiv: IP Office of Ukraine. [in Ukrainian]
 14. Hirko, V.S., & Sabadin, N.A. (2007). Biologichni osoblyvosti ozymoi pshenytsi ta perspektyvy yikhnoho vykorystannia v selektsii [Biological features of winter wheat and prospects for their use in breeding]. In Koliuchyi, V.T., Vlasenko, V.A., & Borsuk, H.Yu. (Eds.), *Breeding, Seed Production and Growing Technologies of Spiked Cereals in the Forest Steppe of Ukraine* (pp. 8-42). Kyiv: Ahrarna Nauka. [in Ukrainian]
 15. Tkachyk, S.O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobovovykh kultur na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methodology for Examination of Plant Varieties of Group of Grain, Groat and Leguminous Crops for Suitability for Distribution in Ukraine]. Vinnytsia: FOP Korzun D.Yu. [in Ukrainian]
 16. Didora, V.H., Smahlii, O.F., Ermantraut, E.R., Gudz, V.P., Moiseienko, V.V., Manko, Yu.P., Trofymenko, P.I., Saiuk, O.A., Derebon, I.Yu., & Khrapiichuk, P.P. (2013). *Metodyka naukovykh doslidzhen v ahronomii : navchalnyi posibnyk* [Research Techniques in Agronomy : manual]. Kyiv : Tsentr uchbovoi literatury. [in Ukrainian]
 17. Orliuk, A.P., & Bazalii, V.V. (2013). *Henetychnyi analiz : navchalnyi posibnyk* [Genetic analysis : a study guide]. Kherson: Oldi-Plus. [in Ukrainian]
 18. Bazalii, V.V. (2000). Kharakter minlyvosti kilkisnykh oznak ozymoi pshenytsi riznykh pokolin [Character of variability for quantitative traits in winter wheat of different generations]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk [Taurida Scientific Herald]*, 15, 7-10. [in Ukrainian]
 19. Raykov, G., Chamurliyski, P., Doneva, S., Penchev, E., & Tsenov, N. (2016). Productivity performance of bread winter wheat genotypes of local and foreign origin. *Agricultural Science and Technology*, 8(4), 276-279. DOI: 10.15547/ast.2016.04.052
 20. Tsenov, N., Gubatov, T., & Yanchev, I. (2020). Correlations between grain yield and related traits in winter wheat under multiple environmental traits. *Agricultural Science and Technology*, 12(4), 295-300. DOI: 10.15547/ast.2020.04.047
 21. Iurchenko, T., Voloshchuk, S., Kyrylenko, V., & Kochmarskyi, V. (2014). Transhresyvnna minlyvist za oznakamy produktyvnosti kolosu, indukovana mutahennymy chynnykamy v hibrydnykh populatsiïakh pshenytsi miakoi ozymoi [Transgressive variability in spike productivity traits induced by mutagenic factors in hybrid populations of bread winter wheat]. *Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agronomy*, 18, 146-154. [in Ukrainian]
- Рисін А.Л., Демидов О.А., Вологдіна Г.Б., Гуменюк О.В., Пикало С.В. Трансгресивна мінливість в популяціях F_2 , F_3 пшениці м'якої озимої за ознаками продуктивності в умовах Лісостепу України**
- Мета** – встановити ступінь і частоту трансгресій за цінними господарськими ознаками в популяціях гібридів другого та третього покоління пшениці м'якої озимої та добрати трансгресивні форми за продуктивністю рослин.
- Методи.** Дослідження виконано впродовж 2019/20–2021/22 рр. на дослідних полях селекційної сівозміни Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України. Метеорологічні умови відрізнялися від багаторічних показників за температурним режимом, кількістю і розподілом атмосферних опадів за місяцями. Матеріалом для досліджень були сорти, перспективні селекційні лінії пшениці м'якої озимої миронівської селекції та гібридні популяції F_2 – F_3 , створені за їх участю.
- Результати.** Установлено в другому поколінні перевагу над кращою батьківською формою за ознаками продуктивності в трьох гібридних популяціях. Максимальний ступінь позитивної трансгресії був за ознаками «маса зерна з колоса» і «маса 1000 зерен» з лімітами $2,07\pm 58,26\%$ і $3,20\pm 54,96\%$ відповідно. Найбільшу частоту утворення форм, що переважали кращий батьківський компонент в популяціях гібридів F_2 , встановлено за ознакою «маса 1000 зерен» – $13,33\pm 96,67$. Частка вищеплення трансгресивних форм за більшістю ознак продуктивності зменшувалась у гібридів третього покоління. Виняток становила маса 1000 зерен – відмічено комбінації, в яких відсоток форм, що перевищували батьків, залишився на рівні F_2 /перевищив або знизився несуттєво. Виявлено перспективні популяції гібридів F_2 пшениці м'якої озимої, які за елементами продуктивності колоса в більшості випадків мали значну кількість трансгресивних рослин і досить високий рівень прояву ознак. У F_3 виявлено тенденцію до зниження показників елементів продуктивності колоса, ступеня та частоти трансгресій порівняно з F_2 . Селекційну цінність становили гібриди, які мали проміжне положення або були на рівні кращої батьківської форми, особливо в комбінаціях з суттєвою різницею за проявом ознак між батьками.
- Висновки.** Установлено високий рівень частоти та ступеню прояву позитивних трансгресій в гібридних

популяціях пшениці м'якої озимої другого та третього покоління, що визначалось поєднанням компонентів схрещувань, величиною ступеня домінування, а також залежало від кількісних ознак продуктивності та умов року. Доведено, що в створеному вихідному матеріалі відбувається широкий формотворчий процес, який сприятиме підвищенню ефективності добору високопродуктивних генотипів в умовах Лісостепу України. Отже, на основі встановлених особливостей частоти появи позитивних трансгресій у гібридів пшениці м'якої озимої було виділено популяції, які є цінним вихідним матеріалом для добору трансгресивних форм у більш пізніх поколіннях.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., батьківські компоненти, умови року, ступінь і частота трансгресій, кількість зерен з колоса, маса 1000 зерен.

Rissine A.L., Demydov O.A., Volohdina H.B., Humeniuk O.V., Pykalo S.V. Transgressive variability in F₂, F₃ populations of winter bread wheat for productivity traits in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine

Purpose is to establish the degree and frequency of transgressions for valuable economic traits in populations of hybrids of the second and third generations of winter bread wheat and to select transgressive forms for plant productivity.

Methods. The research was carried out during 2019/20–2021/22 on the experimental fields of breeding crop rotation at the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Meteorological conditions differed from average long-term indicators in terms of temperature, amount and distribution of atmospheric precipitation by month. The material for the research were varieties, promising breeding lines of winter bread wheat bread at Myronivka and hybrid F₂ and F₃ populations created with their participation.

Results. In the second generation, an advantage over the best parental form was established in terms of produc-

tivity in three hybrid populations. The maximum degree of positive transgression was according to the trait "grain weight per spike" and "1000 kernel weight" with limits of 2.07÷58.26% and 3.20÷54.96%, respectively. The highest frequency of domination the best parental component in the populations of F₂ hybrids was determined for "1000 kernel weight", that is 13.33÷96.67%. The part of transgressive forms for most productivity traits decreased in hybrids of the third generation. The exception was the 1000 kernel weight", the combinations were noted in which the percentage of forms that exceeded the parents remained at the F₂ level/exceeded or decreased insignificantly. Promising populations of F₂ hybrids of winter bread wheat were identified, which in most cases had a significant number of transgressive plants and high enough level of expression of the traits. In F₃, a tendency to decrease indicators of elements of spike productivity, degree and frequency of transgressions as compared to F₂ was revealed. The breeding value was in hybrids with intermediate position or at the level of the best parental form, especially in combinations with a significant difference in trait expression between the parents.

Conclusions. A high level of frequency and degree of positive transgressions was established in hybrid populations of winter bread wheat of the second and third generation, which was determined by the combination of crossing components, the degree of dominance, and also depended on quantitative traits of productivity and year conditions. It has been proven that a wide form-building process takes place in the created source material, which will contribute to increasing the efficiency of the selection of highly productive genotypes in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine. Therefore, on the basis of the established features of the frequency of occurrence of positive transgressions in winter bread wheat hybrids populations were selected, which are valuable basic material to select transgressive forms in later generations.

Key words: *Triticum aestivum* L., parent components, year conditions, degree and frequency of transgressions, grain number per spike, 1000 kernel weigh.