

СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО

УДК 633.16:631.527:575

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.24>

ТРАНСГРЕСІЇ БІОМЕТРИЧНИХ ОЗНАК У ГІБРИДІВ F₂ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ГОЛОЗЕРНОГО

БУНЯК Н.М. – доктор філософії, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-2075-0365

Носівська селекційно-дослідна станція Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України

БУНЯК О.І. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-4979-9645

Носівська селекційно-дослідна станція Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України

Вступ. Ячмінь звичайний (*Hordeum vulgare* L.) має найширший географічний ареал поширення серед злаків. Численні види ячменю розвинули характерні ознаки, які пов'язані з умовами навколишнього середовища а сорти, адаптовані до відповідних умов, досить сильно відрізняються один від одного. Особливе зацікавлення викликає можливість вільного обмолоту зерна ячменю, тобто повна відсутність плівки на зерні після збирання (голозерний ячмінь) [1]. Селекція сортів голозерного ячменю стрімко розвивається [2], у зв'язку з різноманітними напрямками його застосування: виробництво кормів, продуктів харчування та промислове використання [3–5].

Постановка проблеми. Цінні господарські ознаки здебільшого є біометричними або їх ще називають кількісними. Одним з напрямків селекції самозапильних культур є поліпшення цих ознак шляхом створення рослин, з показниками що перевершують батьківські з яких можна сформувати нові сорти [6]. Питання вивчення трансгресивної мінливості в різних сільськогосподарських культур висвітлено в наукових публікаціях вітчизняних та зарубіжних вчених [6–12], де акумульовано значний фактаж щодо основних зернових культур, однак дослідження з ячменем голозерним або відсутні або їх кількість незначна. Дослідники з пшениці вказують на можливість інтенсифікації ефективності селекційного процесу шляхом добору рослин із трансгресіями цінних ознак з гібридних популяцій та їх генетичної стабілізації в наступних поколіннях [13]. В результаті доборів отримують вихідний матеріал з кількісними ознаками, що формують продуктивність з істотною перевагою відносно батьківських компонентів [14].

Існує декілька принципів підбору батьківських пар для схрещувань, серед них одним з ефективних вважають еколого-географічний [15], оскільки можливо залучити зразки з комплексом цінних господарських ознак, розширити генетичну плазму вихідного матеріалу та після схрещування виділити рекомбінантні зразки з покращеними, відносно батьківських форм, ознаками. Гудзенко В.М. та ін. [16] вказують, що в селекційних програмах з використанням різноманітного вихідного матеріалу спостерігали розширення генетичного різно-

маніття сортів та підвищення потенціалу їх продуктивності. Васильківський С.П. та Гудзенко В.М. зауважують [17], що залучення до гібридизації попередньо виділених джерел господарсько цінних ознак західноєвропейського походження із сортами вітчизняної селекції, є основою створення якісно нового селекційного матеріалу ячменю ярого з підвищеною порівняно з батьківськими компонентами продуктивністю рослин.

Для створення сортів ячменю ярого голозерного з покращеними ознаками продуктивності необхідно досліджувати особливості прояву та мінливості цінних господарських ознак у рослин гібридів F₂ для добору та використання в селекційній роботі нового вихідного матеріалу в умовах північного Лісостепу України.

Метою дослідження було встановлення трансгресивної мінливості та добору високопродуктивних комбінацій ячменю ярого голозерного за допомогою статистичних методів групування даних на основі кластерного аналізу к-середніх кількісних ознак гібридів F₂.

Матеріали та методика досліджень. Гібридизацію та вивчення гібридних комбінацій F₂ (42 шт.) (табл. 1) за кількісними ознаками провели впродовж 2020–2022 років на Носівській селекційно-дослідній станції МІП ім. В.М. Ремесла НААН України. До схрещувань, за повною діалельною схемою, залучили сорти власної селекції – Козацький, Натаір, та Канади – CDC Hilose, CDC Gainer, CDC ExPlus, Roseland, Alamo, які належать до голозерної різновидності (*var. nudum*).

Ґрунти полів селекційної сівозміни, де вирощували гібридні комбінації, модальні, малогумусні, чорноземі вилугувані. Вміст гумусу 2,6%, N – 85,0 мг/кг, P₂O₅ – 122,0 мг/кг, K₂O – 75,0 мг/кг, pH = 4,6. Клімат зони помірно теплий, м'який, з достатнім зволоженням.

У фазу повної стиглості рослини виривали з корінням, збирали в снопи та провели аналіз за основними показниками продуктивності: довжина стебла, продуктивна куцистість, довжина колоса основного стебла, кількість зерен з колосу, маса зерна з колосу, маса зерен з рослини, маса 1000 зерен. Визначили ступінь та частоту трансгресій у гібридів F₂ ячменю ярого голозерного основних ознак зернової продуктивності. Визначення статистичних параметрів та групування гібридних комбі-

Таблиця 1

Компоненти схрещувань гібридних комбінацій F₂

| Код генотипу | Гібридна комбінація F ₂ | | Код генотипу | Гібридна комбінація F ₂ | |
|--------------|------------------------------------|--------------|--------------|------------------------------------|--------------|
| | ♀ | ♂ | | ♀ | ♂ |
| G1 | CDC Gainer | / CDC Hilose | G22 | CDC Hilose | / Alamo |
| G2 | CDC Gainer | / CDC ExPlus | G23 | CDC Hilose | / Roseland |
| G3 | CDC Gainer | / Hataip | G24 | CDC Hilose | / Козацький |
| G4 | CDC Gainer | / Alamo | G25 | Hataip | / Козацький |
| G5 | CDC Gainer | / Roseland | G26 | Hataip | / Alamo |
| G6 | CDC Gainer | / Козацький | G27 | Hataip | / CDC Gainer |
| G7 | Roseland | / CDC Hilose | G28 | Hataip | / Roseland |
| G8 | Roseland | / CDC ExPlus | G29 | Hataip | / CDC ExPlus |
| G9 | Roseland | / Hataip | G30 | Hataip | / CDC Hilose |
| G10 | Roseland | / Alamo | G31 | Alamo | / Козацький |
| G11 | Roseland | / CDC Gainer | G32 | Alamo | / Hataip |
| G12 | Roseland | / Козацький | G33 | Alamo | / CDC Gainer |
| G13 | CDC ExPlus | / CDC Hilose | G34 | Alamo | / Roseland |
| G14 | CDC ExPlus | / CDC Gainer | G35 | Alamo | / CDC Hilose |
| G15 | CDC ExPlus | / Hataip | G36 | Alamo | / CDC ExPlus |
| G16 | CDC ExPlus | / Alamo | G37 | Козацький | / Alamo |
| G17 | CDC ExPlus | / Roseland | G38 | Козацький | / Hataip |
| G18 | CDC ExPlus | / Козацький | G39 | Козацький | / CDC Gainer |
| G19 | CDC Hilose | / CDC Gainer | G40 | Козацький | / Roseland |
| G20 | CDC Hilose | / CDC ExPlus | G41 | Козацький | / CDC Hilose |
| G21 | CDC Hilose | / Hataip | G42 | Козацький | / CDC ExPlus |

націй за кількісними ознаками проведено за допомогою методу к-середніх програмним забезпеченням OPSTAT [18] та Statistica 10.

Результати досліджень. Провели аналіз кількісних ознак батьківських форм ячменю ярого голозерного залучених до схрещувань. Оскільки завданням є виділення трансгресивних форм з гібридів F₂, поряд з визначенням середньої арифметичної (\bar{X}) та її стандартного відхилення (σ), характеризували і показник максимального (Max) та (Min) прояву ознаки у батьківських форм (табл. 2).

Більш детальна характеристика батьківських форм та гібридів F₁ за проявом кількісних ознак залежно від погодних умов (2021 р., 2022 р.) наведена в статті [19]. Встановлено істотну відмінність за висотою рослин в батьківських форм, до низьких (61–70 см) віднесли сорт Hataip та Козацький, середньонизькими (71–80 см) виявилися сорти CDC Hilose, CDC ExPlus, Roseland та Alamo, а сорт CDC Gainer віднесли до середньостеблових (81–95 см). Відповідно до розподілу середнього значення, в даних сортів виявили рослини з мінімальним (Min) проявом висоти рослин, оскільки стратегією селекції передбачаємо відбір гібридних форм з коротким невилігачим стеблом.

Високе продуктивне кущіння в досліджуваних зразків пояснюється значною площею живлення за рахунок розрідженої сівби та густоти стояння рослин. Вищі показники продуктивного кущіння встановлені у сортів CDC Gainer (\bar{X} =7,6; Max=9,0 шт.) та CDC Hilose (\bar{X} =6,4; Max=9,0 шт.). За довжиною головного колоса відмітили істотну ($P<0,05$) перевагу у сортів CDC Gainer та Alamo (\bar{X} =10,1 см) відносно інших сортів. Однак, максимальний прояв довжини головного колоса у сортів

визначили практично на одному рівні (Max=11,0 см), за винятком сортів Козацький та Hataip (Max=10,0 см). За показником «кількість зерен в головному колосі» визначили істотну перевагу сортів канадського походження (\bar{X} =24,8–30,2 шт.) над сортами власної селекції (\bar{X} =23,4–23,7 шт.). Найвищий середній показник зафіксовано у сортів CDC Hilose (X =30,2 шт.) та Roseland (\bar{X} =29,0 шт.). Середнє значення маси зерна з головного колоса у сортів варіювало від 1,2 до 1,5 г, а різниця в 0,1 г була істотною ($P<0,05$). Сорт CDC Hilose виділили за високим середнім значенням маси зерна з головного колоса (\bar{X} =1,5 г). Відмітимо наявність окремих рослин з високою масою зерна з головного колоса (Max=1,5–1,7 г) у всіх сортів, за винятком Alamo (Max=1,4 г). Маса зерна з рослини залежить від кількості продуктивних стебел та маси зерна з колоса, тому градація сортів за величиною продуктивності рослин була відповідною їх продуктивному кущінню – високий показник у сорту CDC Gainer (\bar{X} =8,6; Max=11,1 г), низький у сорту Козацький (\bar{X} =4,6; Max=5,9 г). Результати спрямованої селекції на підвищення крупності зерна у сортів ячменю ярого голозерного селекції Носівської СДС Козацький (\bar{X} =54,4 г) та Hataip (\bar{X} =53,5 г) відмітимо у істотному ($P<0,001$) перевищенні показника порівняно з сортами канадського походження (\bar{X} =45,5–49,0 г). Отже, за структурними показниками продуктивності рослин, сорти залучені до схрещувань істотно відрізнялися між собою.

У таблиці 3 наведено ступінь прояву та частота трансгресій у гібридів F₂. Найбільшу кількість позитивних трансгресій спостерігали за масою зерна з рослини (38 комбінацій схрещувань або 90,5%). У тридцяти шести комбінаціях (85,7%) встановлено позитивну

Таблиця 2

Параметри кількісних ознак батьківських форм – компонентів схрещувань

| Ознака | Параметри | CDC Gainer | CDC Hilose | CDC ExPlus | Roseland | Alamo | Козацький | Натаір |
|---|---------------|------------|------------|------------|----------|-------|-----------|--------|
| Висота рослини, см | Min | 76,0 | 71,0 | 67,0 | 72,0 | 63,0 | 61,0 | 59,0 |
| | \bar{X} | 84,5 | 77,9 | 77,2 | 77,5 | 74,4 | 70,6 | 67,1 |
| | $S_{\bar{X}}$ | 0,8 | 1,0 | 1,1 | 0,8 | 0,9 | 0,8 | 0,8 |
| | σ | 3,7 | 4,9 | 4,7 | 3,8 | 3,6 | 3,8 | 3,5 |
| Кількість продуктивних стебел, шт. | Max | 9,0 | 9,0 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 5,0 | 6,0 |
| | \bar{X} | 7,6 | 6,4 | 5,8 | 5,0 | 4,7 | 3,9 | 5,4 |
| | $S_{\bar{X}}$ | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| | σ | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 0,7 | 1,1 |
| Довжина головного колоса, см | Max | 11,0 | 11,0 | 11,0 | 11,0 | 11,0 | 10,0 | 10,0 |
| | \bar{X} | 10,1 | 9,8 | 9,4 | 9,7 | 10,1 | 8,4 | 8,9 |
| | $S_{\bar{X}}$ | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| | σ | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| Кількість зерен в головному колосі, шт. | Max | 33,0 | 32,0 | 31,0 | 32,0 | 26,0 | 26,0 | 27,0 |
| | \bar{X} | 28,9 | 30,2 | 26,6 | 29,0 | 24,8 | 23,4 | 23,7 |
| | $S_{\bar{X}}$ | 0,5 | 0,3 | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 |
| | σ | 2,6 | 1,5 | 3,0 | 2,1 | 2,2 | 1,8 | 2,2 |
| Маса зерна з головного колоса, г | Max | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,4 | 1,6 | 1,5 |
| | \bar{X} | 1,4 | 1,5 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 1,3 |
| | $S_{\bar{X}}$ | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |
| | σ | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| Маса зерна з рослини, г | Max | 11,1 | 12,4 | 9,6 | 8,5 | 5,4 | 5,9 | 7,3 |
| | \bar{X} | 8,6 | 7,9 | 7,0 | 5,8 | 5,1 | 4,6 | 5,6 |
| | $S_{\bar{X}}$ | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| | σ | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 0,9 | 1,3 |
| Маса 1000 зерен, г | Max | 57,0 | 55,0 | 55,0 | 52,0 | 52,0 | 64,0 | 60,0 |
| | \bar{X} | 47,8 | 48,7 | 49,0 | 45,5 | 48,8 | 54,4 | 53,5 |
| | $S_{\bar{X}}$ | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | σ | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,4 |

Примітки: Min – мінімальне значення, Max – максимальне значення, \bar{X} – середнє арифметичне, $S_{\bar{X}}$ – похибка середньої, σ – стандартне відхилення.

трансресію за продуктивним кушінням, у тридцяти п'яти відмічено позитивні трансресії за продуктивністю головного колоса та масою 1000 зерен. Значна кількість (28 шт.) гібридних комбінацій виявила позитивні трансресії за кількістю зерен у головному колосі а найменше (16 комбінацій) спостерігали позитивних трансресій за довжиною головного колоса.

Високий ступінь трансресій за середнім значенням у гібридних комбінаціях встановлено за ознаками продуктивне кушіння ($\bar{X} = 52,9 \%$, Lim = 11,1–100,0 %) та маса зерна з рослини ($\bar{X} = 54,5 \%$, Lim = 6,5–149,2 %) а частота позитивних рекомбінантів – 10,9 % та 12,5 % відповідно. За використання сортів Roseland та Натаір у реципрокних схрещуваннях спостерігали позитивні трансресії за продуктивним кушінням та масою зерна з рослини в усіх комбінаціях за їх участі. Також відмічено позитивні трансресії за продуктивністю рослини в усіх гібридів з сортом CDC ExPlus. Виділили гібриди F₂ з показником ступеня трансресій більше 100 % за продуктивним кушінням та продуктивністю рослини:

Alamo / CDC ExPlus (G36), Roseland / Alamo (G10), Alamo / Натаір (G32) та Козацький / Alamo (G37). Ці ж комбінації, окрім Alamo / CDC ExPlus (G36), виявили частоту прояву трансресій ($T_c \geq 20 \%$) за продуктивним кушінням та пов'язаною з нею масою зерна з рослини.

Середній ступінь трансресій за масою зерна з головного колоса становив 14,2 % (Lim = 5,9–37,5 %) а частота прояву 9,0 % (Lim = 1,5–30,0 %).

Меншу кількість позитивних рекомбінантів за масою зерна з головного колоса відмітили у гібридів з сортом Натаір (7 шт.) та CDC Gainer (9 шт.), з іншими сортами кількість позитивних трансресій становила від 10 до 11 шт.

Кращими за проявом ступеня та частоти позитивних трансресій за масою зерна з головного колоса визначено комбінації: Alamo / Roseland (G34) ($T_c = 37,5 \%$, $T_c = 30,0 \%$), Alamo / Козацький (G31) ($T_c = 31,3 \%$, $T_c = 10,2 \%$), Roseland / Alamo (G10) ($T_c = 31,3 \%$, $T_c = 28,1 \%$), CDC ExPlus / Hilose (G13) ($T_c = 29,4 \%$, $T_c = 15,3 \%$).

Таблиця 3

Ступінь та частота прояву трансресії у гібридів F₂ ячменю ярого голозерного за ознаками продуктивності

| Сорт материнська / батьківська форма | Кількість продуктивних стебел | | Довжина головного колоса | | Кількість зерен в головному колосі | | Маса зерна з головного колоса | | | Маса зерна з рослини | | | Маса 1000 зерен | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|------------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|--------------------------|----------------------|--------------------------|-----------|--------------------------|-----------|--------------------------|----|------|------|
| | Шт | $\frac{Tc+ \%}{\bar{X}}$ | $\frac{Tc+ \%}{\bar{X}}$ | Кількість | $\frac{Tc+ \%}{\bar{X}}$ | Кількість | $\frac{Tc+ \%}{\bar{X}}$ | Кількість | $\frac{Tc+ \%}{\bar{X}}$ | Кількість | $\frac{Tc+ \%}{\bar{X}}$ | Кількість | $\frac{Tc+ \%}{\bar{X}}$ | Кількість | $\frac{Tc+ \%}{\bar{X}}$ | | | |
| ♀ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CDC Gainer | 4 | 22,2 | 4,3 | 3 | 8,9 | 3,2 | 3 | 6,1 | 1,6 | 5 | 12,9 | 3,9 | 5 | 22,5 | 5,8 | 6 | 16,6 | 5,1 |
| CDC Hilose | 4 | 22,2 | 6,2 | 1 | 9,1 | 5,1 | 4 | 4,7 | 3,2 | 5 | 10,6 | 6,3 | 4 | 25,0 | 6,8 | 5 | 11,5 | 10,6 |
| CDC ExPlus | 6 | 59,3 | 10,5 | 5 | 9,2 | 4,3 | 5 | 5,1 | 5,4 | 5 | 15,8 | 16,0 | 6 | 53,9 | 11,7 | 5 | 12,8 | 18,6 |
| Roseland | 6 | 61,1 | 10,3 | 3 | 8,8 | 6,4 | 5 | 6,3 | 7,3 | 5 | 14,9 | 10,4 | 6 | 64,2 | 11,0 | 5 | 9,9 | 15,0 |
| Alamo | 4 | 82,5 | 15,9 | 3 | 8,5 | 7,2 | 4 | 8,0 | 9,6 | 5 | 20,1 | 14,0 | 5 | 80,2 | 17,9 | 6 | 13,4 | 23,4 |
| Натаір | 6 | 54,8 | 13,0 | 1 | 8,7 | 1,7 | 6 | 5,6 | 5,2 | 5 | 16,4 | 9,1 | 6 | 54,5 | 12,2 | 6 | 4,7 | 4,8 |
| Козацький | 6 | 58,5 | 15,6 | 0 | - | - | 3 | 8,5 | 15,0 | 5 | 9,7 | 4,9 | 6 | 72,1 | 20,1 | 2 | 8,9 | 1,6 |
| ♂ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CDC Gainer | 5 | 35,5 | 9,5 | 2 | 9,3 | 5,0 | 3 | 4,0 | 2,8 | 4 | 7,4 | 4,5 | 5 | 44,7 | 10,4 | 5 | 6,9 | 3,5 |
| CDC Hilose | 6 | 27,8 | 6,0 | 3 | 8,4 | 2,7 | 5 | 3,1 | 2,4 | 6 | 15,3 | 7,6 | 6 | 26,0 | 4,6 | 6 | 13,9 | 14,3 |
| CDC ExPlus | 4 | 71,4 | 10,0 | 1 | 9,1 | 8,1 | 6 | 5,8 | 4,7 | 6 | 16,3 | 11,5 | 6 | 47,5 | 6,2 | 6 | 12,9 | 9,7 |
| Roseland | 6 | 56,9 | 14,9 | 4 | 8,8 | 5,8 | 4 | 4,7 | 6,8 | 6 | 15,5 | 12,9 | 6 | 67,5 | 18,5 | 5 | 10,1 | 15,9 |
| Alamo | 5 | 60,8 | 14,8 | 3 | 8,7 | 7,6 | 5 | 10,2 | 13,9 | 5 | 17,6 | 14,4 | 4 | 91,2 | 30,9 | 5 | 21,9 | 25,1 |
| Натаір | 6 | 61,4 | 13,6 | 0 | - | - | 1 | 7,4 | 6,1 | 2 | 9,8 | 3,5 | 6 | 54,0 | 11,3 | 5 | 5,6 | 8,0 |
| Козацький | 4 | 66,5 | 8,4 | 3 | 9,0 | 2,1 | 4 | 8,1 | 7,4 | 6 | 16,4 | 6,9 | 5 | 59,5 | 11,3 | 3 | 4,7 | 6,0 |
| \bar{X} | - | 52,9 | 10,9 | - | 9,1 | 4,9 | - | 6,2 | 6,5 | - | 14,2 | 9,0 | - | 54,5 | 12,8 | - | 11,0 | 11,5 |
| Всього | 36 | | | 16 | | | 28 | | | 35 | | | 38 | | | 35 | | |

Примітки: *Кількість – Кількість комбінацій схрещувань з сортом в яких спостерігали позитивні трансресії, шт.

Tc+ %, \bar{X} – середній показник ступеня трансресії за використання сорту в якості батьківського (♂) або материнського (♀) компоненту

Tc+ %, \bar{X} – середній показник частоти трансресії за використання сорту в якості батьківського (♂) або материнського (♀) компоненту

\bar{X} – середнє арифметичне ступеня чи частоти трансресії певної ознаки у досліді.

Середній показник ступеня позитивних трансгресій маси 1000 зерен з рослини у гібридів становив 11,0 % а частота прояву рекомбінантів – 11,5 %. Максимальний прояв ступеня трансгресії встановлено в гібридній комбінації CDC Gainer / CDC ExPlus (G2) ($T_c = 35,2\%$), а максимальну частоту – в гібрида Roseland / Alamo (G10) ($T_c = 59,4\%$). Меншу кількість (5 шт.) позитивних трансгресій відмітили у комбінаціях з сортом Козацький.

Довжина головного колоса разом з кількістю зерен у ньому виявилися низько мінливими ознаками, коефіцієнт варіації не перевищував 10 %. Ступінь прояву трансгресій за довжиною головного колоса в середньому становив 9,1 % з частотою прояву 4,9 %. Більшу кількість (4-7 шт.) позитивних трансгресій за довжиною колоса відмічали у гібридів з сортами канадського походження: Roseland – 7, CDC ExPlus й Alamo – 6, CDC Gainer – 5. Виділили гібрид F_2 Alamo / Roseland (G34) за співвідношенням максимального ступеня ($T_c = 9,1\%$) та частоти прояву ($T_c = 11,7\%$) трансгресії. Ознака «кількість зерен з головного колосу» у гібридів F_2 виявила ступінь прояву трансгресій в середньому 6,2 % а частоту рекомбінантів – 6,5 %. Максимальний ступінь трансгресії визначено в гібрида Alamo / Козацький (G31) ($T_c = 19,2\%$), а максимальну частоту – у комбінації Козацький / Alamo (G37) ($T_c = 32,1\%$).

Для групування комбінацій схрещувань за проявом кількісних ознак та добору вихідного матеріалу з комплексом цінних господарських ознак із гібридів F_2 провели кластерний аналіз 42 генотипів ячменю ярого голозерного (табл. 4).

В результаті аналізу гібридні комбінації F_2 розділили на три кластери, які різняться за ступенем прояву кількісних ознак. Між трьома кластерами встановили істотну відмінність ($P < 0,05$) за висотою рослин, довжиною головного колоса та кількістю зерен у ньому. Між першим і другим й першим та третім кластерами істотна різниця встановлена за масою зерна з рослини. Також між першим і третім й другим і третім кластерами істотну різницю відмічено за масою зерна з колоса. За крупністю зерна вираженою масою 1000 зерен з рослини істотну відмінність встановлено лише між третім та першим кластерами.

В перший кластер увійшли зразки, які за довжиною рослини належать до групи середньостеблових

(81,0–95,0 см), вони відзначалися більшою довжиною головного колоса ($\bar{X} = 9,65$ см) та кількістю квіток у ньому ($\bar{X} = 28,16$). Також формували вищу масу зерна з головного колоса ($\bar{X} = 1,45$) та продуктивність рослини ($\bar{X} = 6,78$) в цілому. Другий кластер сформували середньонизькі зразки (71,0–80,9 см), які поступалися зразкам з першого кластеру за середньою величиною довжини колоса ($\bar{X} = 9,28$ см), та кількістю квіток у колосі ($\bar{X} = 26,91$ шт.). Рослини гібридів F_2 третього кластеру виявилися низькими (61,0–70,0 см) з найнижчою, серед кластерів, довжиною головного колоса ($\bar{X} = 8,92$ см), кількістю квіток у ньому ($\bar{X} = 24,67$ шт.) та масою зерна з колоса ($\bar{X} = 1,31$ шт.), однак рослини були гарно розкущеними ($\bar{X} = 5,44$ шт.) та з високою масою 1000 зерен ($\bar{X} = 53,05$ г). До даного кластеру увійшли гібридні комбінації де одним з компонентів схрещування був сорт Натаір. Отже для селекції короткостеблових, невилагаючих сортів з високим продуктивним кушніням та крупним зерном перспективним є залучення сорту Натаір до схрещувань.

Висновки. За результатами вивчення трансгресивної мінливості гібридних комбінацій ячменю ярого голозерного виділили гібриди F_2 : Alamo / CDC ExPlus (G36), Roseland / Alamo (G10), Alamo / Натаір (G32) та Козацький / Alamo (G37) – за продуктивним кушніням та масою зерна з рослини; Alamo / Roseland (G34) – за довжиною головного колоса; Alamo / Козацький (G31) – кількістю зерен у головному колосі; Alamo / Roseland (G34), Alamo / Козацький (G31), Roseland / Alamo (G10), CDC ExPlus / Hilose (G13) – за масою зерна з колоса; CDC Gainer / CDC ExPlus (G2) – за масою 1000 зерен. Кластерний аналіз дозволив згрупувати зразки відповідно прояву кількісних ознак та розподілити новий вихідний матеріал відповідно до напрямків селекційної роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Hamid Reza Balouchi, Zeinalabedin Tahmasbi Sarvestani and Seyed Ali Mohammad Modarres Sanavy. Agronomic Factors on Selected Hulledless Barley Genotypes. Journal of Agronomy. 2005. 4 (4): 333–339.
- Ünver S, İkinçikarakaya SÜ. Kavuzsuz Arpalığın (*Hordeum vulgare* L. var. *nudum* Hook. f.) Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg. 2020. 20 (3): 705–712. DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.657258.

Таблиця 4

Середні значення кількісних ознак у кластерах гібридів F_2

| № кластеру* (кількість гібридних комбінацій у кластері, шт.) | Середні значення, \bar{X} | | | | | | |
|---|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------|---|----------------------------------|-------------------------|--------------------|
| | Висота рослини, см | Кількість продуктивних стебел, шт. | Довжина головного колоса, см | Кількість зерен в головному колосі, шт. | Маса зерна з головного колоса, г | Маса зерна з рослини, г | Маса 1000 зерен, г |
| 1 (23) | 81,03 | 5,50 | 9,65 | 28,16 | 1,45 | 6,78 | 51,01 |
| 2 (13) | 75,26 | 5,05 | 9,28 | 26,91 | 1,41 | 5,97 | 51,87 |
| 3 (6) | 66,65 | 5,44 | 8,92 | 24,67 | 1,31 | 6,10 | 53,05 |

Примітки: *кластер 1 – G1, G4, G5, G6, G7, G11, G12, G13, G14, G16, G17, G18, G19, G20, G23, G33, G34, G35, G36, G39, G40, G41, G42.; кластер 2 – G2, G8, G10, G21, G22, G24, G25, G27, G28, G29, G30, G31, G37; кластер 3 – G3, G9, G15, G26, G32, G38.

3. Yang Y., Ferreira G., Teets C. L., Corl B. A., Thomason W. E., Griffey C. A. Effects of feeding hullless barley on production performance, milk fatty acid composition, and nutrient digestibility of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2017. 100:3576–3583.
4. Sots S., Kustov I., Kuzmenko Y. Some features of barley and oats processing. *Grain Products and Mixed Fodder's.* 2019. 19 (3). P. 34–40.
5. Meints B., Hayes P. M. Breeding naked barley for food; feed; and malt. *Plant Breed. Rev.* 2019. 43. P. 95–119.
6. Kuczyńska, A., Surma, M. & Adamski, T. Methods to predict transgressive segregation in barley and other self-pollinated crops. *J Appl Genet.* 2007. 48. pp. 321–328. <https://doi.org/10.1007/BF03195228>
7. Васильківський С.П., Власенко В.А. Розширення генетичного різноманіття вихідного матеріалу в селекції зернових культур. *Наук. – техніч. бюл. Миронів. ін. пшениці ім. Ремесла.* 2002. Вип. 2. С. 12–17.
8. Хоменко С.О. Федоренко М.В. Трансгресивна мінливість ознак продуктивності гібридів другого покоління пшениці твердої ярої. *Селекція і насінництво.* 2015. Вип. 107. С. 97–105. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2015.54041>.
9. Дерев'яно І.О. Трансгресивна мінливість елементів продуктивності в гібридів ячменю ярого. *Вісник Харківського національного аграрного університету.* 2018. Вип. 1. С. 165–172.
10. Vasko N.I., Sviatchenko S.I., Kozachenko, M.R., ets. Prediction of the efficiency of spring barley selection by levels and ratios of the inheritance coefficients. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University.* 2018. 2. pp. 43–53.
11. Тромсюк В.Д., Бугайов В.Д. Прояв трансгресії за основними кількісними ознаками продуктивності тритикале озимого в гібридних популяціях F₂. *Вісник Уманського національного університету садівництва.* 2021. №1. С.3–7. doi: 10.31395/2310-0478-2021-1-3-7.
12. Лозінський М.В., Устинова Г.Л., Гуцалюк Н.В., Крицька М.О., Прелипов Р.А., Бакуменко О.М. Трансгресивна мінливість кількості зерен головного колосу у популяціях F₂ за гібридизації різних за скоростиглістю сортів пшениці м'якої озимої. *Агробіологія.* 2021. №2. С.95–105. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-95-105.
13. Дубовик Н.С., Гуменюк О.В., Кириленко В.В., Володіна Г.Б. Успадкування елементів продуктивності та їх трансгресивна мінливість у гібридів пшениці м'якої озимої, створених схрещуванням сортів-носіїв 188 пшенично-житніх транслокацій. *Миронівський вісник.* 2018. Вип. 7. С. 26–38.
14. Ayaz Ahamad, Sheo Pratap Singh, Lal Chandra Prasad, Ravindra Prasad & Padma. Thakur. Identification of superior transgressive segregants in F₂ and F₃ populations of wheat *Triticum aestivum* L. for yield and its contributing traits. *Electronic Journal of Plant Breeding.* 2022. 13 (1), pp. 56–61. DOI: 10.37992/2022.1301.014.
15. Лозінський М.В., Самойлик М.О. Особливості успадкування кількості зерен головного колоса пшениці м'якої озимої за гібридизації лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів. *«Агробіологія»,* 2023. № 2. С. 78–87.
16. Гудзенко В.М., Дем'янюк О.С., Поліщук Т.П., Бабій О.О., Лисенко А.А. Ідентифікація генетичних джерел підвищеного та стабільного рівня прояву маси 1000 зерен ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) *Агроекологічний журнал.* 2021. № 3. С.82-90. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240325>.
17. Васильківський С.П., Гудзенко В.М. Комбінаційна здатність, успадкування та трансгресивна мінливість у гібридів ячменю ярого за масою зерна з рослини. *Агробіологія.* 2013. № 10. С.166–170.
18. Sheoran, O.P; Tonk, D.S; Kaushik, L.S; Hasija, R.C and Pannu, R.S (1998). *Statistical Software Package for Agricultural Research Workers. Recent Advances in information theory, Statistics & Computer Applications* by D.S. Hooda & R.C. Hasija Department of Mathematics Statistics, CCS HAU, Hisar (139-143).
19. Буняк Н.М. Ступінь фенотипового домінування кількісних ознак у гібридних популяцій F₁ голозерного ячменю. *Аграрні інновації.* 2023. № 19. С. 127–133. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.20>

REFERENCES:

1. Hamid Reza Balouchi, Zeinalabedin Tahmasbi Sarvestani and Seyed Ali Mohammad Modarres Sanavy. (2005). Agronomic Factors on Selected Hullless Barley Genotypes. *Journal of Agronomy.* 4(4): 333–339.
2. Ünver S, İkcinkarakaya SÜ. (2020). Kavuzsuz Arpaların (*Hordeum vulgare* L. var. *nudum* Hook. f.) Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *KSU J. Agric Nat.* 20(3): 705–712. DOI: 10.18016/ksutarimdog. vi.657258. [in Turkish].
3. Yang Y., Ferreira G., Teets C.L., Corl B.A., Thomason W.E., Griffey C.A. (2017). Effects of feeding hullless barley on production performance, milk fatty acid composition, and nutrient digestibility of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100:3576–3583.
4. Sots S., Kustov I., Kuzmenko Y. (2019). Some features of barley and oats processing. *Grain Products and Mixed Fodder's.* 19 (3). pp. 34–40.
5. Meints B., Hayes P. M. (2019). Breeding naked barley for food; feed; and malt. *Plant Breed. Rev.* 43. pp. 95–119.
6. Kuczyńska A., Surma M. & Adamski T. (2007). Methods to predict transgressive segregation in barley and other self-pollinated crops. *J Appl Genet.* 48. 321–328. <https://doi.org/10.1007/BF03195228>
7. Vasylykivskyi S.P., Vlasenko V.A. (2002). Rozshyrennia henetychnoho riznomanittia vykhidnoho materialu v selektsii zernovykh kultur [Expansion of the genetic diversity of the source material in the selection of grain crops]. *Nauk. – tekhnich. biul. Myroniv. in. pshenytsi im. Remesla.* V.2. pp. 12–17. [in Ukrainian].
8. Khomenko S.O., Fedorenko M.V. (2015). Transhresyvnna minlyvist oznak produktyvnosti hibrydiv druhocho pokolinnia pshenytsi tverdoi yaroi [Transgressive variability of signs of productivity of hybrids of the second generation of durum spring wheat]. *Plant breeding and seed production.* no.107, pp. 97–104. DOI: 10.30835/2413-7510.2015.54041. [in Ukrainian].
9. Derevianko I.O. (2018). Transhresyvnna minlyvist elementiv produktyvnosti v hibrydiv yachmeniu yaroho [Transgressive changeability of productivity elements of spring barley hybrids]. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University.* V.1. pp. 165–172. [in Ukrainian].
10. Vasko N.I., Sviatchenko S.I., Kozachenko, M.R., ets. (2018). Prediction of the efficiency of spring barley selection by levels and ratios of the inheritance coefficients.

- Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. 2. pp. 43–53.
11. Tromsiuk V.D., Buhaiov V.D. (2021). Proivav trahshresii za osnovnymy kilkisnymy oznakamy produktyvnosti trytykale ozymoho v hibrydnykh populiatsiakh F_2 [Manifestation of transgression according to the main quantitative characteristics of winter triticale productivity in hybrid populations F_2]. Bulletin of the Uman State University. №1. pp. 3–7. doi: 10.31395/2310-0478-2021-1-3-7. [in Ukrainian].
 12. Lozinskyi M.V., Ustynova H.L., Hutsaliuk N.V., Krytska M.O., Prelypov R.A., Bakumenko O.M. (2021). Transhresyivna minlyvist kilkosti zeren holovnoho kolosu u populiatsiakh F_2 za hibrydyzatsii riznykh za skorostyhlitstiu sortiv pshenytsi miakoi ozymoi [Transgressive variability of the number of grains of the main ear in populations F_2 by hybridization of different precocious varieties of soft winter wheat]. Agrobiology. №2. pp. 95–105. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-95-105. [in Ukrainian].
 13. Dubovyk N.S., Humeniuk O.V., Kyrilenko V.V., Volohdina H.B. (2018). Uspadkuvannia elementiv produktyvnosti ta yikh trahshresyivna minlyvist u hibrydiv pshenytsi miakoi ozymoi, stvorenykh skhreshchuvanniam sortiv-nosiiv pshenychno-zhytnykh translokatsii [Inheritance of productivity elements and their transgressive variability in soft winter wheat hybrids created by crossing wheat-rye translocation carriers]. Myronivka Bulletin. V. 7. pp. 26–38. [in Ukrainian].
 14. Ayaz Ahamad, Sheo Pratap Singh, Lal Chandra Prasad, Ravindra Prasad & Padma. Thakur. (2022). Identification of superior transgressive segregants in F_2 and F_3 populations of wheat *Triticum aestivum* L. for yield and its contributing traits. Electronic Journal of Plant Breeding. 13 (1), pp. 56–61. DOI: 10.37992/2022.1301.014.
 15. Lozinskyi M.V., Samoilyk M.O. (2023). Osoblyvosti uspadkuvannia kilkosti zeren holovnoho kolosa psheynytsi miakoi ozymoi za hibrydyzatsii lisostepovoho, stepovoho i zakhidnoievropeiskoho ekotypiv [Features of inheritance of grains number of the main ear of soft winter wheat during hybridization of forest-steppe, steppe and western European ecotypes]. Agrobiology. № 2. pp. 78–87. [in Ukrainian].
 16. Hudzenko V.M., Demianiuk O.S., Polishchuk T.P., Babii O.O., Lysenko A.A. (2021). Identyfikatsiia henytychnykh dzherel pidvyshchenoho ta stabilnoho rivnia proiavu masy 1000 zeren yachmeniu yaroho (*Hordeum vulgare* L.) [Identification of genetic sources of increased and a stable level of manifestation of the mass of 1000 grains spring barley]. Agroecological journal. № 3. pp. 82–90. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240325>. [in Ukrainian].
 17. Vasylykivskyi S.P., Hudzenko V.M. (2013). Kombinatsiina zdatsnist, uspadkuvannia ta trahshresyivna minlyvist u hibrydiv yachmeniu yaroho za masoiu zerna z roslyny [Combinational ability, inheritance and transgressive variability in hybrids of spring barley by grain weight per plant]. Agrobiology. № 10. pp. 166–170. [in Ukrainian].
 18. Sheoran, O.P; Tonk, D.S; Kaushik, L.S; Hasija, R.C and Pannu, R.S (1998). Statistical Software Package for Agricultural Research Workers. Recent Advances in information theory, Statistics & Computer Applications by D.S. Hooda & R.C. Hasija Department of Mathematics Statistics, CCS HAU, Hisar (139-143).
 19. Buniak N.M. (2023). Stupin fenotypovoho dominuvannia kilkisnykh oznak u hibrydnykh populiatsii F_1 holozernoho yachmeniu [Degree of phenotypic dominance of quantitative features in hullless barley F_1 hybrids]. Agrarian Innovations. №19. pp. 127–133. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.20>. [in Ukrainian].
- Буняк Н.М. Буняк О.І. Трансгресії біометричних ознак у гібридів F_2 ячменю ярого голозерного**
- Мета.** Встановлення трансгресивної мінливості та добору високопродуктивних комбінацій ячменю ярого голозерного за допомогою статистичних методів групування даних на основі кластерного аналізу к-середніх кількісних ознак гібридів F_2 . **Методи.** Проведено вивчення 42 гібридних комбінацій F_2 ячменю ярого голозерного створених в системі діалельних схрещувань. Провели структурний аналіз за основними показниками продуктивності: довжина стебла, продуктивна кущистість, довжина колоса основного стебла, кількість зерен з колосу, маса зерна з колосу, маса зерен з рослини, маса 1000 зерен. Визначили ступінь та частоту трансгресій кількісних ознак у гібридів F_2 ячменю ярого голозерного. Визначення статистичних параметрів та групування гібридних комбінацій за кількісними ознаками проведено за допомогою методу к-середніх програмним забезпеченням OPSTAT та Statistica 10. **Результати.** Найбільшу кількість позитивних трансгресій спостерігали за масою зерна з рослини (38 комбінацій схрещувань або 90,5 %). У тридцяти шести комбінацій (85,7 %) встановлено позитивну трансгресію за продуктивним кущінням, у тридцяти п'яти відмічено позитивні трансгресії за продуктивністю головного колоса та масою 1000 зерен. Значна кількість (28 шт.) гібридних комбінацій виявила позитивні трансгресії за кількістю зерен у головному колосі а найменше (16 комбінацій) спостерігали позитивних трансгресій за довжиною головного колоса. Кластерний аналіз дозволив згрупувати зразки відповідно прояву кількісних ознак та розподілити новий вихідний матеріал відповідно до напрямків селекційної роботи.
- Висновки.** Виділили кращі гібридні комбінації F_2 : Alamo / CDC ExPlus (G36), Roseland / Alamo (G10), Alamo / Natair (G32) та Козацький / Alamo (G37) – за продуктивним кущінням та масою зерна з рослини; Alamo / Roseland (G34) – за довжиною головного колоса; Alamo / Козацький (G31) – кількість зерен у головному колосі; Alamo / Roseland (G34), Alamo / Козацький (G31), Roseland / Alamo (G10), CDC ExPlus / Hilose (G13) – за масою зерна з колоса; CDC Gainer / CDC ExPlus (G2) – за масою 1000 зерен.
- Ключові слова:** ячмінь ярий голозерний, трансгресії, цінні господарські ознаки, кластерний аналіз, добір.
- Bunyak N.M. Bunyak O.I. Transgressions of biometric traits in hullless spring barley F_2 hybrids**
- Purpose.** Establishment of transgressive variability and selection of high-yielding spring barley combinations using statistical methods of data grouping based on cluster analysis of k-mean quantitative traits of F_2 hybrids. **Methods.** The study of 42 F_2 hybrid combinations hullless spring barley created in the system of diallel crossings was carried out. We conducted a structural analysis according to the main indicators of productivity: stem length, productive bushiness, spike length of the main stem, number of grains per spike, weight of grain per spike, weight of

grains per plant, weight of 1000 grains. We determined the degree and frequency of transgressions of quantitative traits in F_2 hybrids of hulless spring barley. Determination of statistical parameters and grouping of hybrid combinations by quantitative characteristics was carried out using the method of k-means by OPSTAT and Statistica 10 software. **Results.** The largest number of positive transgressions was observed for the mass of grain from the plant (38 combinations of crossings or 90.5 %). In thirty-six combinations (85.7 %) a positive transgression was established for productive tillering, in thirty-five positive transgressions were noted for the productivity of the main ear and the weight of 1000 grains. A significant number (28 pcs.) of hybrid combinations showed positive transgressions in the number of grains in the main spike, and the least (16 combinations) observed positive transgres-

sions in the length of the main spike. Cluster analysis made it possible to group the samples according to the manifestation of quantitative characteristics and to distribute the new source material according to the directions of selection work. **Findings.** The best F_2 hybrid combinations were selected: Alamo / CDC ExPlus (G36), Roseland / Alamo (G10), Alamo / Natair (G32) and Kozatskyi / Alamo (G37) – according to productive tillering and grain mass per plant; Alamo / Roseland (G34) – according to the length of the main ear; Alamo / Kozatskyi (G31) – by the number of grains in the main ear; Alamo / Roseland (G34), Alamo / Kozatskyi (G31), Roseland / Alamo (G10), CDC ExPlus / Hilose (G13) – by mass of grain from the ear; CDC Gainer / CDC ExPlus (G2) – 1000 grains by weight.

Key words: hulless spring barley, transgressions, valuable economic traits, cluster analysis, selection.