

УДК 633.16:631.527

**Н.І. Васько, С.І. Святченко, кандидати с.-г. наук,
ст. наук. співробітники**
М.Р. Козаченко, д-р с.-г. наук, професор
О.Г. Наумов, П.М. Солонечний, О.В. Солонечна, О.Є. Важеніна,
кандидати с.-г. наук, ст. наук. співробітники
О.В. Зимогляд
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН
(Харків, Україна)

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОБОРУ В ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА РІВНЕМ І СПІВВІДНОШЕННЯМ КОЕФІЦІЄНТІВ УСПАДКОВУВАНOSTI

В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН досліджували рівень успадкованості ознак продуктивності за коефіцієнтами в широкому та вузькому розумінні з метою встановлення можливості прогнозування ефективності добору. Аналізували F_1 і батьківські зразки плівчастого та голозерного ячменю за ознаками: висота рослин, продуктивна кущистість, довжина колоса, кількість зерен у колосі, маса зерна з колоса, маса зерна з рослини (продуктивність). Визначення коефіцієнтів успадкованості є актуальним, адже вони характеризують як норму реакції генотипу, так і спадкові параметри ознаки, що дає змогу прогнозування ефективності добору в конкретній гібридній популяції за певних умов вирощування.

У результаті дослідження встановлено, що найбільше значення H^2 було за висотою рослин, масою зерна з колоса та з рослини (продуктивністю), h^2 – за висотою рослин, масою зерна з колоса та довжиною колоса. Ураховуючи велику різницю між двома коефіцієнтами за продуктивністю, продуктивною кущистістю і довжиною колоса, можна зробити висновок, що мінливість за цими ознаками зумовлено домінантними ефектами генів, тому добір за ними буде неефективним. Навпаки, незначна різниця між коефіцієнтами за ознаками "висота рослини" та "маса зерна" дозволяє прогнозування ефективного добору за цими ознаками.

Ключові слова: успадкованість у широкому та вузькому розумінні, ячмінь ярий, плівчастий і голозерний генотип, ефективність добору.

Постановка проблеми. Оцінка характеру успадкованості ознак, які селектують, є передумовою раціонального планування добору батьківських зразків для схрещування та орієнтовного прогнозування ефективності селекції. Коефіцієнт успадкованості в широкому розумінні H^2 характеризує частку фенотипової мінливості в загальній варіабельності ознаки. Коефіцієнт успадкованості у вузькому розумінні h^2 характеризує частку генетичної мінливості, зумовлену адитивними ефектами генів. Визначення коефіцієнтів успадкованості залежно від генотипу та умов вирощування є актуальним, адже ці коефіцієнти характеризують як норму реакції

генотипу, так і спадкові параметри ознаки, що дає змогу прогнозування ефективності добору в конкретній гібридній популяції за певних умов вирощування.

Аналіз літературних джерел. У досліджах з різними генотипами ячменю методом дисперсійного та регресійного аналізів встановлено нерівномірний розподіл домінантних і рецесивних генів за ознакою "кількість зерен у колосі". Зокрема, у дворядних генотипів встановлено, що кількість зерен у колосі є більшою в генотипів з більшою кількістю домінантних генів, і навпаки – чим більше рецесивних генів, тим меншою є кількість зерен у колосі [1]. Із цими висновками узгоджуються результати дослідження вчених Миронівського інституту пшениці. Домінантні ефекти генів збільшували кількість зерен у колосі ячменю, рецесивні – зменшували. Високий коефіцієнт успадкованості в широкому розумінні ($H^2 = 0,98$) свідчить про істотний вплив генетичних чинників у мінливість ознаки, а h^2 (0,66–0,68) – про те, що вплив адитивних ефектів також є значним. Це дає змогу прогнозування ефективності доборів [2]. Аналогічні результати одержано цими дослідниками за довжиною колоса [3], а за масою 1000 зерен визначено високі коефіцієнти успадкованості – $H^2 = 0,98–0,99$, $h^2 = 0,73–0,82$ [4].

У дослідженнях індійських учених високі значення коефіцієнтів успадкованості встановлено за всіма елементами структури продуктивності, за винятком висоти рослин і кущистості. Найвищою успадкованість була за кількістю зерен у колосі та продуктивністю, при цьому значення коефіцієнтів залежать від місцевості вирощування ячменю [5].

За продуктивністю в голозерних генотипів переважали рецесивні алелі, у плівчастих – домінантні. Коефіцієнти успадкованості становили $H^2 = 0,96$ та $h^2 = 0,72$ [6]. Результати досліджень турецьких учених свідчать, що добори на продуктивність доцільно вести за непрямыми параметрами – висотою рослин ($H^2 = 0,80–0,847$ та $h^2 = 0,72–0,79$) та кущистістю ($H^2 = 0,72–0,87$ та $h^2 = 0,60–0,85$) [7]. Ці висновки підтверджено іншими дослідженнями, а саме – у селекції на підвищення врожайності слід вести одночасний добір за кількістю зерен у колосі, продуктивною кущистістю та продуктивністю, за якими відмічено найвище значення h^2 (0,61–0,64) [8].

В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН у досліджах з ярим ячменем було встановлено, що за морфологічними ознаками H^2 варіював від 0,08 (щільність колоса) до 0,99, h^2 – від 0,11 (висота рослин, щільність колоса) до 0,94 (кількість зерен у колосі). За суттєвої різниці між H^2 і h^2 генетичну мінливість зумовлено, в основному,

неадитивними ефектами генів (домінантними). При цьому добір за фенотипом у ранніх поколіннях неможливий [9]. В інших дослідженнях було виділено зразки з незначною різницею між H^2 і h^2 за окремими ознаками – кількістю зерен у колосі та їх масою, висотою рослин [10].

Існує думка, що коефіцієнт успадкованості в широкому розумінні H^2 не має ніякого стосунку до успадковування, тобто процесу передачі генетичної інформації від предка до потомства під час розмноження. Він відображає, по суті, ступінь екологічної стабільності (широту норми реакції) ознаки і є функціонально близьким до коефіцієнта варіації [11]. Основною причиною, яка обмежує застосування коефіцієнтів успадкованості в селекції, є їх висока варіабельність залежно від ознаки та умов вирощування. Коефіцієнт успадкованості для культури в цілому не має сенсу, оскільки є величиною, специфічною для кожного сорту, покоління, ознаки та умов вирощування. Але коефіцієнт успадкованості, на думку багатьох дослідників, є величиною, яка відображає реальну ситуацію, і може бути використаним для прогнозу ефективності добору [12].

Мета дослідження – прогнозування ефективності добору за продуктивністю шляхом установлення рівня успадкованості ознак у F_1 за коефіцієнтами успадкованості в широкому та вузькому розумінні.

Методика дослідження. В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН у 2015–2017 рр. досліджували рівень успадкованості ознак продуктивності за коефіцієнтами успадкованості в широкому та вузькому розумінні. Аналізували F_1 та батьківські зразки за ознаками: висота рослин, продуктивна кущистість, довжина колоса, кількість зерен у колосі, маса зерна з колоса, маса зерна з рослини (продуктивність).

Схрещування проводили з метою створення сортів ячменю ярого харчового напрямку використання. Для поліпшення якості зерна було залучено голозерні сорти з високими показниками вмісту білка, склоподібності, антиоксидантної активності: Гатунок, Ахіллес, Козацький (Україна), Майський, Голозерний 1 (Росія), Білоруський 76 (Білорусь), Richard, Mebere, Alamo, Merlin, Millhouse (Канада). Серед голозерних Mebere й Alamo мають крохмаль waxy-типу, такі сорти характеризуються високим вмістом олії. Для підвищення стійкості проти вилягання й адаптивності до схрещування залучено плівчасті високоврожайні, високоадаптивні, стійкі проти вилягання та ураження збудниками основних хвороб сорти Взірець, безостий Вітраж, Донецький 15, Святогор (Україна), Абалак (Росія), Sofiara (Німеччина).

Статистичну обробку даних проводили за допомогою дисперсійного, генетичного та кореляційного аналізу за Б.А. Доспеховим [13], М.А. Федіним та ін. [14].

Успадковуваність у широкому розумінні H^2 – це частка загальної фенотипової мінливості, що виникає внаслідок впливу будь-яких спадкових факторів. Коефіцієнт успадковуваності в широкому розумінні М.А. Федін, Д.Я. Сіліс та А.В. Смирнов [14] рекомендують розраховувати за формулою (1):

$$H^2 = \sigma^2_G / \sigma^2_P, \quad (1)$$

де $\sigma^2_G = (mS_{\text{var}} - mS_0)/n$;

mS_{var} , mS_0 – середні квадрати за двофакторним дисперсійним аналізом;

$$\sigma^2_P = mS_{\text{var}}/n.$$

Або після математичних перетворень (спрощення):

$$H^2 = 1 - (mS_0/mS_{\text{var}}).$$

Успадковуваність у вузькому розумінні – це тільки та частина загальної мінливості, що зумовлюється адитивною дією генів (полімерією). У селекції зазвичай використовують саме успадковуваність у вузькому розумінні, оскільки вона дозволяє передбачити результати селекційної роботи. Коефіцієнт успадковуваності у вузькому розумінні М.А. Федін, Д.Я. Сіліс та А.В. Смирнов рекомендують розраховувати через коефіцієнт регресії між ознаками у батьків та гібридів за формулою (2):

$$h^2 = b_{BG}, \quad (2)$$

де h^2 – коефіцієнт успадковуваності у вузькому розумінні;

b_{BG} – коефіцієнт регресії між ознакою у батьків та гібридів.

Результати досліджень. Розвиток і рівень ознак залежать як від генетичних особливостей досліджуваних форм, зумовлених спадковістю, так і від умов середовища. За експериментальними даними визначено коефіцієнти успадковуваності у вузькому розумінні для шести ознак: висота рослин, продуктивна кущистість, довжина колоса, кількість зерен, маса зерна з колоса та маса зерна з рослини (продуктивність).

Між висотою рослин F_1 та батьківських зразків існує пряма залежність (рис. 1).

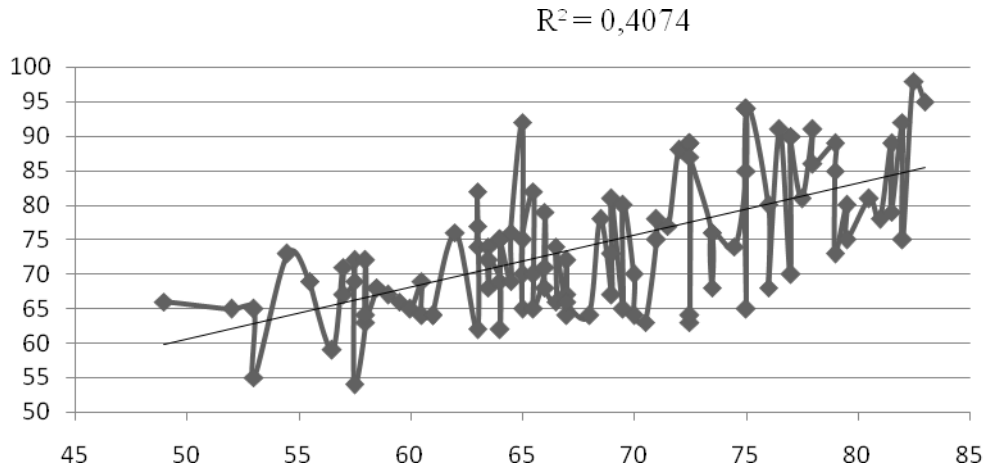


Рис. 1. Залежність висоти гібридів від середньої висоти батьків

За допомогою регресійного аналізу електронного табличного процесора Excel знайдено формулу залежності висоти рослин у гібридів від середньої висоти рослин у батьків (3):

$$Ув = 0,7543x + 22,774, \quad (3)$$

де $Ув$ – висота гібридних комбінацій ячменю ярого, см;

x – середня висота рослин у батьків, см.

Коефіцієнт регресії $b_{БГ} = 0,75$. Згідно з методикою М.А. Федіна, Д.Я. Сіліса й А.В. Смирнова [14] це і є середній коефіцієнт успадкованості висоти рослин у вузькому розумінні: $h^2 = 0,75$.

Аналогічно розраховано середні коефіцієнти успадкованості у вузькому розумінні інших ознак.

Графік відображає залежність продуктивності F_1 від батьківських зразків (рис. 2). Формула залежності продуктивності гібридів від середнього значення цього показника у батьків така (4):

$$y = 0,4234 x + 2,9961. \quad (4)$$

$$R^2 = 0,0752$$

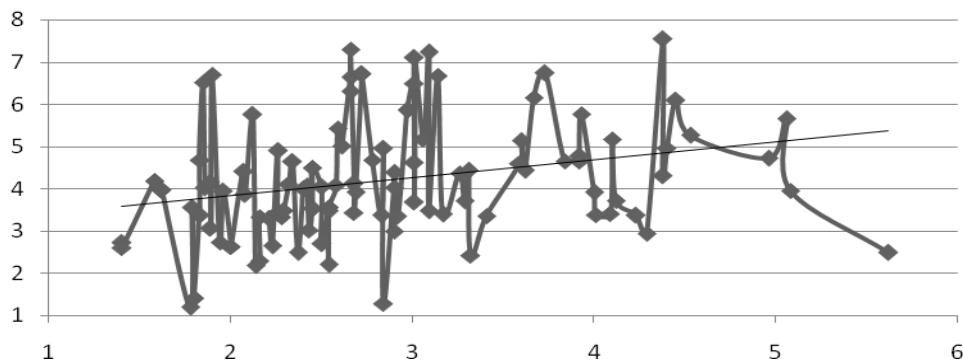


Рис. 2. Залежність продуктивності гібридів від середньої продуктивності батьків

Середній коефіцієнт успадкованості продуктивності (у вузькому розумінні) становить: $h^2 = 0,42$.

Одним із визначальних параметрів продуктивності рослин ячменю є продуктивна кущистість (рис. 3).

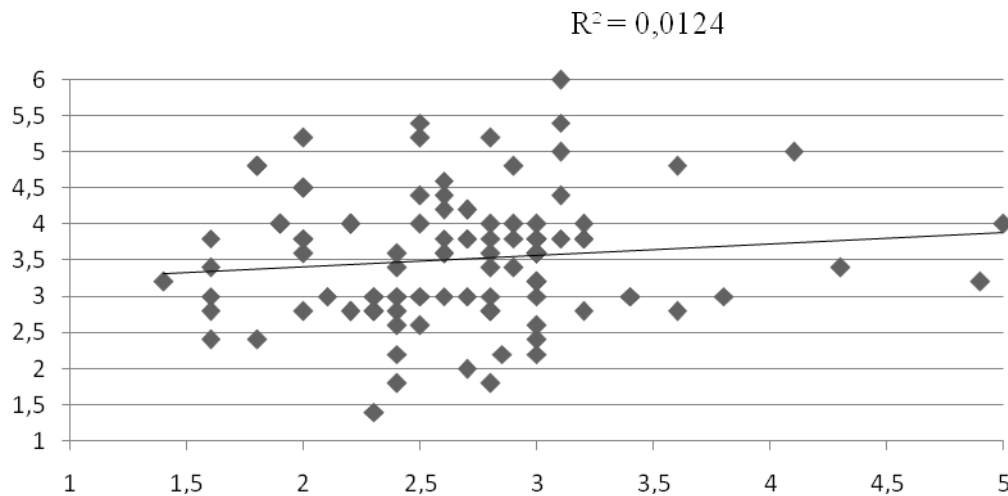


Рис. 3. Залежність продуктивної кущистості гібридів від середньої продуктивної кущистості батьків

Середній коефіцієнт успадкованості продуктивної кущистості у вузькому розумінні: $h^2 = 0,158$.

Довжина колоса є важливою сортовою ознакою, тому необхідним є встановлення її у гібридів залежно від батьківських зразків (рис. 4).

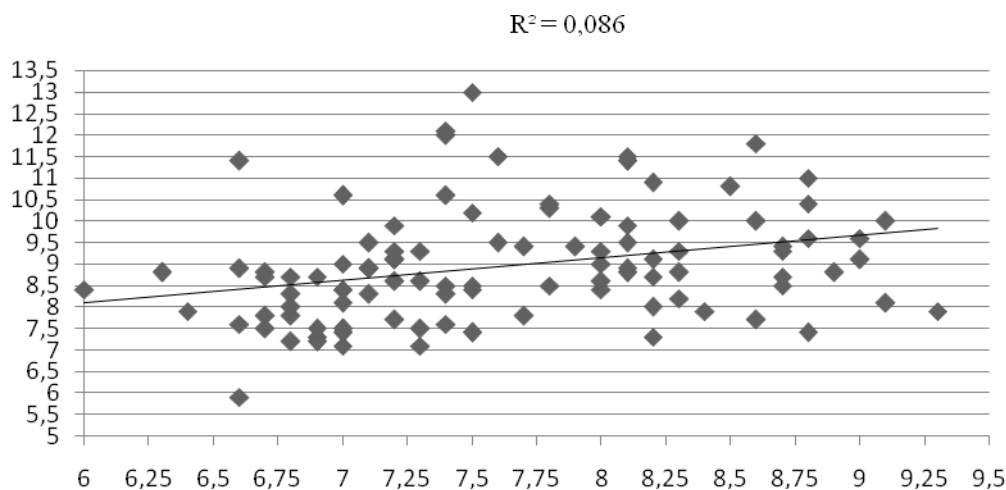


Рис. 4. Залежність довжини колоса в гібридів від середньої довжини колоса у батьків

Середній коефіцієнт успадкованості довжини колоса у вузькому розумінні становить $h^2 = 0,521$.

З'ясовано, що середній коефіцієнт успадкованості кількості зерен у вузькому розумінні становить $h^2 = 0,08$. Середній коефіцієнт

успадковуваності маси зерна з колоса (у вузькому розумінні): $h^2 = 0,83$ (рис. 5).

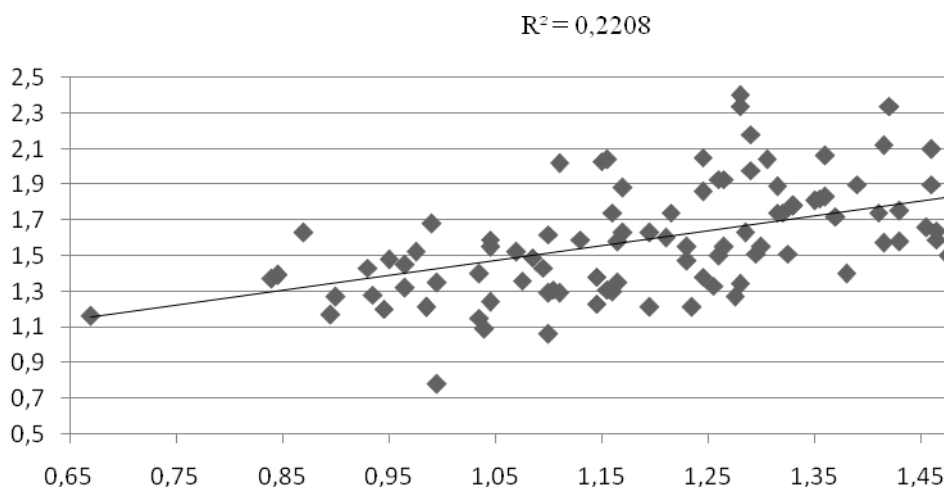


Рис. 5. Залежність маси зерна з колоса у гібридів від середньої маси зерна з колосу у батьків

За допомогою двофакторного дисперсійного аналізу визначено середні коефіцієнти успадковуваності (у широкому розумінні) шести ознак у ячменя ярого. Середні коефіцієнти успадковуваності у вузькому розумінні (h^2) за всіма шістьма ознаками менші порівняно з H^2 (таблиця).

Середні коефіцієнти успадковуваності ознак продуктивності ячменю ярого

Ознака	Висота рослини	Продуктивна кущистість	Довжина колоса	Кількість зерен	Маса зерна з колоса	Продуктивність
h^2	0,75	0,16	0,52	0,08	0,83	0,42
H^2	0,99	0,27	0,90	0,10	0,97	0,89
$H^2 - h^2$	0,24	0,11	0,38	0,02	0,14	0,47
Різниця, %	32	71	73	25	17	112

Важливою для селекції є різниця між двома коефіцієнтами, адже за значної різниці між ними мінливість зумовлено, в основному, неадитивними (домінантними) ефектами генів, за незначної різниці адитивними ефектами. Це означає, що добір за певною ознакою буде ефективним.

У нашому дослідженні h^2 мав високі показники за висотою рослини, довжиною колоса, масою зерна з колоса та продуктивністю. Однак при цьому різниця між двома коефіцієнтами була незначною лише для висоти рослини (0,24, 32 %) та маси зерна з колоса (0,14, 17 %). Отже, у гібридних популяціях ячменю ярого ефективними будуть добори саме за цими ознаками, а під час добору на продуктивність особливу увагу слід звертати на рівень прояву ознаки маса зерна з колоса. Проте за невеликої різниці між коефіцієнтами успадкованості кількості зерен у колосі (25 %) значення коефіцієнтів низьке, тому добори за цією ознакою будуть неефективними (див. таблицю).

У свою чергу, добір за висотою рослини є перспективним, хоча висота рослин лише опосередковано може впливати на продуктивність. Але в селекційному процесі потрібно враховувати рівень прояву цієї ознаки, оскільки внаслідок спрямованої селекції на стійкість ячменю до вилягання висота рослин досягла оптимального мінімуму (50–70 см). Подальше зменшення висоти рослини призведе до втрати врожайності внаслідок зменшення вегетативної маси та припливу поживних речовин до зерна.

Висновки. Таким чином, у результаті дослідження встановлено коефіцієнти успадкованості ознак продуктивності у гібридів ячменю ярого. Найбільше значення H^2 відмічено за висотою рослин, масою зерна з колоса та з рослини (продуктивністю), h^2 – за висотою рослин, масою зерна з колоса та довжиною колоса. Ураховуючи значну різницю між двома коефіцієнтами за продуктивністю, продуктивною кущистістю і довжиною колоса, можна зробити висновок, що мінливість за цими ознаками зумовлено домінантними ефектами генів, тому добір за цими ознаками буде неефективним. Навпаки, незначна різниця між коефіцієнтами за ознаками "висота рослини" та "маса зерна" дає змогу прогнозування ефективного добору за цими ознаками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Madić M., Paunović A., Đurović D., Knezevic D. The analysis of gene effect in the inheritance of kernel number per spike in barley hybrid. *Genetika*. 2005. 37(3). DOI: 10.2298/GENSR0503261M.
2. Васильківський С.П., Гудзенко В.М., Демидов О.А., Барбан О.Б., Коляденко С.С., Смульська І.В. Селекційно-генетичні особливості сучасних сортів ячменю ярого за кількістю зерен з головного колоса // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2017. Т. 3. № 3. С. 215–223. DOI: 10.21498/2518-1017.13.3.2017.110701.
3. Васильківський С.П., Гудзенко В.М. Діалельний аналіз генетичного контролю довжини колоса сучасних сортів ячменю ярого // Зб. наук. праць Уманського НУС. 2017. Вип. 91(1). С. 54–64.

4. Васильківський С.П., Демидов О.А., Гудзенко В.М., Поліщук Т. Генетичний контроль маси 1000 зерен у сучасних сортів ячменю ярого // Вісник аграрної науки. 2017. Вип. 10. С. 37–43.
5. Chand N., Vishwakarma S.R., Verma O.P., Kumar M. Worth of genetic parameters to sort out new elite barley lines over heterogeneous environment. Barley Genetics Newsletter. 2008. No 38. P.10–13.
6. Akgun N., Topal A. Regression analysis of grain weight per plant in barley crosses. Bulgarian J. of Agric. Sci. 2011. No 17(6). P. 773–776.
7. Eshghi R., Akhundova E. Inheritance of some important agronomic traits in hulless barley. Intern. J. of Agric. Biol. 2010. No 12. P. 73–76.
8. Lalič A., Novoselovič D., Kovačević I., Drezner G., Babič D., Abičič I., Dvojkovič K. Genetic gain and selection criteria effects on yield and yield components in barley (*Hordeum vulgare* L.). Periodicum biologorum. 2010. V. 112. No 3. P. 311–316.
9. Козаченко М.Р., Наумов О.Г. Селекційно-генетичні особливості створення форм ячменю ярого з високим вмістом амілопектину в крохмалі // Генетичні закономірності селекції ячменю ярого / за ред. М.Р. Козаченка. Харків, 2016. С. 185–299.
10. Козаченко М.Р., Солонечний П.М. Селекційно-генетичні особливості та ефективність розширення генетичного різноманіття і створення нових різновиднісних форм ячменю ярого // Селекційно-генетичні дослідження ячменю ярого / за ред. М.Р. Козаченка. Харків, 2012. С. 139–267.
11. Авдеев В.И. Методологические аспекты изучения изменчивости количественных признаков растений // Известия Оренбургского ГАУ. 2006. Вып. 10–1. Т. 2. С. 117–119.
12. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробиоценоз). Кишинев: Штиинца, 1980. С. 164–170.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. С. 199–207.
14. Федин М.А., Силис Д.Я., Смиряев А.В. Статистические методы генетического анализа. Москва: Колос, 1980. 207 с.

Стаття надійшла до редакції 19.09.2018 р.

**Н.И. Васько,
С.И. Святченко,
М.Р. Козаченко,
А.Г. Наумов,
П.Н. Солонечный,
О.В. Солонечная,
О.Е. Важенина,
А.В. Зимогляд**

Институт растениеводства
им. В.Я. Юрьева НААН
Харьков, Украина

Прогнозирование эффективности отбора у ячменя ярового по уровню и соотношению коэффициентов наследуемости

В Институте растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН исследовали уровень наследуемости признаков продуктивности по коэффициентам в широком и узком смысле с целью установления возможности прогнозирования эффективности отбора. Анализировали F_1 и родительские образцы пленчатого и голозерного ячменя по признакам: высота растений, продуктивная кустистость, длина колоса, количество зерен в колосе, масса зерен с колоса, масса зерен с растения (продуктивность). Определение коэффициентов наследуемости является актуальным, так как эти коэффициенты характеризуют как норму реакции генотипа, так и наследственные параметры признака, что дает возможность прогнозирования эффективности отбора в конкретной гибридной популяции при определенных условиях выращивания. В результате исследования установлено, что наибольшее значение H^2 было по высоте растений, массе зерен с колоса и растения (продуктивность), h^2 – по высоте растений, массе зерен с колоса и длине колоса. Учитывая значительную разницу между двумя коэффициентами по продуктивности, продуктивной кустистости и длине колоса, можно сделать вывод, что изменчивость по этим признакам обусловлена доминантными эффектами генов, поэтому отбор по этим признакам будет неэффективным. Напротив, незначительная разница между коэффициентами по признакам "высота растений" и "масса зерен" дает возможность прогнозирования эффективного отбора по этим признакам.

Ключевые слова: наследуемость в широком и узком смысле, ячмень яровой, пленчатый и голозерный генотип, эффективность отбора.

**N.I. Vasko,
S.I. Sviatchenko,
M.R. Kozachenko,
O.G. Naumov,
P.M. Solonechnyi,
O.V. Solonechna,
O.E. Vazhenina,
O.V. Zymogliad**

Plant Production

Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS

Kharkiv, Ukraine

Prediction of the efficiency of spring barley selection by levels and ratios of the inheritance coefficients

The Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS investigated inheritance levels of performance features by coefficients, broadly and narrowly construed, in order to define a possibility of predicting the selection efficiency. We analyzed chaffy and naked barley F_1 hybrids and parents for the traits of plant height, productive tillering capacity, spike length, grain number per spike, grain weight per spike, grain weight per plant (performance). Determination of the inheritance coefficients is relevant, since these coefficients characterize both the reaction norm of a genotype and hereditary parameters of a trait, which makes it possible to predict the selection efficiency in a particular hybrid population under certain conditions of cultivation. As a result of the study, it was found that the highest H^2 was for by the plant height and grain weights per spike and per plant (performance), h^2 – for the plant height, grain weight per spike and spike length. Given the significant difference between the two coefficients for the performance, productive tillering capacity and spike length, one can conclude that the variability of these features is due to the dominant effects of genes, therefore, selection by these features will be inefficient. On the contrary, the small difference between the coefficients for the “plant height” and “grain weight” traits offers a possibility to predict efficient selection by these traits.

Key words: broadly and narrowly construed inheritance, spring barley, chaffy and naked genotype, selection efficiency.