

КОЗАЧЕНКО М.Р., КОМПАНЕЦЬ К.В.✉, СВЯТЧЕНКО С.І.

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

Україна, 61060, м. Харків, Московський пр., 142, e-mail: kompanets.k@mail.ru

✉ *kompanets.k@mail.ru*

КОРЕЛЯЦІЙНИЙ І ШЛЯХОВИЙ АНАЛІЗ УРОЖАЙНОСТІ СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО (*HORDEUM VULGARE L.*)

Створення сортів із високою врожайністю можливе завдяки покращенню окремих елементів її структури, у першу чергу, продуктивності рослин, тобто маси їх зерна. Тому селекцію на врожайність сорту і продуктивність рослин важливо вести не за окремими ознаками, а з урахуванням їх взаємопов'язаного комплексу. Це передбачає визначення характеру прояву ознак і властивостей у взаємозв'язку з рівнем прояву інших ознак і властивостей методом кореляційного аналізу.

Є різні аспекти значення кореляцій для практичної селекції: визначення доцільності та ефективності добору за окремими ознаками в різних умовах, необхідність добору за комплексом ознак, виділення ознак із найбільшим внеском у мінливість основної ознаки чи її елементів у певних умовах середовища для обґрунтування моделі сорту.

Парні коефіцієнти кореляції між ознаками хоч і є важливими для визначення основних компонентів впливу на показники основної ознаки, але вони, як вказував L.F. Garcia del Moral та ін., у дослідях з ячменем не дають повного уявлення про значення прямих і опосередкованих впливів окремих ознак [1].

У зв'язку з цим для виявлення відносного внеску кожного із елементів структури врожайності в загальний її показник безпосередньо (прямі ефекти) та при взаємодії з іншими ознаками (непрямі, опосередковані, побічні ефекти) використовують так званий шляховий аналіз урожайності, який є ефективним методом статистичного аналізу причин і наслідків у системі взаємозалежних ознак при визначенні детермінантних ознак як критеріїв добору, за якими він буде ефективним, як вказував W. Sinebo в 2002 р., у ячменю [2].

Різні дослідники використовували аналіз коефіцієнтів шляхів і коефіцієнтів кореляції для пояснення взаємозв'язків між елементами структури врожайності у ячменю – L.F. Garcia del

Moral та ін., 1991 [1], S.M. Dofing і C.W. Knight, 1994 [3], J.E. Grafius, 1964 [4], Z.A. Hamid і J.E. Grafius, 1978 [5], Y.P. Puri та ін., 1982 [6], M.K. Singh та ін., 1987, M. Ataei в 2006 р. [7], M.E. Мухордова у 2011 р. [8].

Аналізом шляхових коефіцієнтів Emine Budakli Carpicі та Necmettin Celik [9] виявили значний позитивний прямий ефект ознак висоти, довжини колоса, кількості та маси зерна колоса, кількості колосків з м² та індексу врожайності на врожайність зерна.

Метою дослідження було встановити взаємозв'язки між ознаками, визначити парні коефіцієнти кореляції та шляхові коефіцієнти за ознаками і на їх основі виявити внесок різних кількісних ознак в основну ознаку – врожайність зерна, на основі чого визначити селекційне значення ознак.

Матеріали і методи

Дослідження проведено в 2015–2016 рр. у східній частині Лісостепу України в науковій сівозміні Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, яка знаходиться в смт. Елітне Харківського р-ну Харківської обл.

Погодні умови вегетаційного періоду ячменю в 2015 р. були дещо посушливими (ГТК = 1,00) у 2016 р. – сприятливими за кількістю опадів (ГТК = 1,35).

Як матеріал для вивчення використано 11 сортів ячменю ярого: Джерело, Звершення, Етикет, Бадьорий, Взірєць, Гранал, Модерн, Вітраж, Pasadena, Tolar, Мальовничий.

Насіння сортів висівали в двох повтореннях селекційною сівалкою ССФК-7 ділянками з сімома рядками, площею 10 м², з міжряддям 15 см, попередник – горох на зерно. Збирання врожаю зерна здійснено малогабаритним селекційним комбайном «Наге 125».

Рослини для аналізу збирати вручну з корінням. Структурний аналіз рослин (50 шт.) кожного сорту робили за 11 кількісними озна-

ками: продуктивність (маса зерна) з рослини), її структурні елементи (продуктивна кущистість, кількість зерен у колосі, маса 1000 зерен), а також інші ознаки (висота рослин, довжина колоса, кількість колосків у колосі, маса зерна з колоса, відношення маси зерна колоса до маси соломи, стійкість проти вилягання, тривалість вегетаційного періоду).

Морфобіологічні особливості ознак сортів встановлено з використанням методів дисперсійного аналізу за методикою Б.А. Доспехова [10]. Парні коефіцієнти кореляції (r) між кількісними ознаками визначали за методикою Б.А. Доспехова [10], шляховий аналіз – за А.И. Седловським та ін. [11] згідно з методикою S. Wright (1921 р.).

Результати та обговорення

На основі значень кількісних ознак сортів ячменю ярого у 2015–2016 рр. визначено парні коефіцієнти кореляції.

Визначено неоднакові рівні парних коефіцієнтів кореляції між ознаками урожайність, продуктивність рослин, їх структурні елементи та іншими, а також шляхові коефіцієнти, які визначають прямі ефекти кожної ознаки до врожайності сортів ячменю ярого. Високий достовірний парний коефіцієнт кореляції врожайності був з ознакою стійкість проти вилягання ($r = 0,770$ і $r = 0,879$ у 2015 р. і 2016 р. відповідно), середній достовірний – з ознаками маса 1000 зерен у 2015 р. ($r = 0,550$), але недостовірний негативний у 2016 р. ($r = -0,339$), маса зерна з рослини ($r = 0,469$ у 2015 р. при недостовірному $r = 0,493$ у 2016 р.) та маса зерна з колоса ($r = 0,644$ у 2016 р. при недостовірному $r = 0,371$ у 2015 р.), низький (або близький до низького) недостовірний – з іншими ознаками рослин.

У таблиці наведено матрицю шляхових коефіцієнтів кожної ознаки до врожайності: прямих ефектів впливу кожної ознаки на урожайність сортів ячменю ярого та побічних ефектів інших ознак, які складають причинно-наслідкову систему.

Побічні ефекти окремої ознаки в зв'язках урожайності з іншими ознаками визначають по вертикалі показників елементів цієї окремої ознаки. Побічні ж ефекти інших ознак у зв'язках окремої ознаки з урожайністю визначають по горизонталі показників ефектів цієї ж окремої ознаки, а в підсумку усі вони відображають рівень парних коефіцієнтів кореляції.

Із їх використання можна оцінити відносні внески впливу кожної ознаки на урожайність: як прямі (безпосередні), так і побічні (опосередковані) при взаємодії з іншими ознаками, що дає змогу розкрити причини взаємозалежностей між ознаками.

Шляховим аналізом врожайності та аналізом парних коефіцієнтів кореляції її з іншими ознаками виявлено, що кореляція показників ознак рослин з урожайністю залежить не лише від прямих ефектів впливу кожної ознаки на врожайність, а й від опосередкованих (побічних) ефектів впливу взаємодії показників ознак, що визначається шляховим аналізом, які залежать, в свою чергу, від умов років вирощування рослин.

Прямий ефект ознак може бути високим позитивним або негативним, а також і низьким чи несуттєвим (нейтральним), що не завжди однозначно впливає на рівень парних коефіцієнтів кореляції, оскільки останні залежать також і від співвідношення опосередкованих ефектів впливу взаємодії показників однієї з ознак із показниками інших ознак на основну ознаку (врожайність).

У результаті шляхового аналізу виявлено причини різного рівня кореляції між урожайністю та іншими ознаками рослин.

Найбільший позитивний прямий ефект впливу на врожайність сортів у 2015 р. мала ознака стійкість проти вилягання (2,407) при достовірно високій позитивній парній кореляції між цими ознаками ($r = 0,770^*$) за рахунок високого її побічного ефекту в зв'язку врожайності з вегетаційним періодом, масою 1000 зерен, відношенням мас зерна і соломи, масою зерна з рослини і продуктивною кущистістю, а також значного позитивного впливу побічних ефектів ряду ознак (відношення маси зерна до маси соломи, продуктивної кущистості, довжини колоса та інших), але в 2016 р. і прямий ефект впливу (0,042), і побічні ефекти (-0,024 і -0,025) ознаки стійкості проти вилягання були несуттєвими, хоч високими були побічні ефекти інших ознак (відношення мас зерна і соломи, маси зерна з колоса, висоти рослини, довжини колоса), чим зумовлено достовірну високу позитивну парну кореляцію двох основних ознак ($r = 0,879^*$), яка відобразила підсумковий зв'язок між усіма ознаками. Ознака відношення маси зерна до маси соломи мала високий прямий ефект на врожайність в обидва роки (1,232 і 0,805 відповідно) при недостовірній майже

Розвернена таблиця

низькій парній кореляції в 2015 р. ($r = 0,304$) через негативний вплив побічних ефектів взаємодії ряду ознак (маси зерна з колоса, вегетаційного періоду, висоти рослин, але при високій кореляції в 2016 р. ($r = 0,586^*$) через високі як прямі, так і побічні ефекти за більшістю ознак. Ознака кількість зерен у колосі в 2015 р. мала високий прямий ефект на врожайність (1,216) і високий побічний ефект у зв'язку врожайності з більшістю ознак при недостовірній низькій парній кореляції ($r = 0,221$) через негативний вплив побічних ефектів ряду ознак, але в 2016 р., навпаки, ознака кількість зерен у колосі мала значний негативний прямий ефект впливу на врожайність (-0,629) і, в основному, негативний побічний її ефект при несуттєвих чи значних позитивних або негативних побічних ефектах інших ознак, що зумовило в підсумку несуттєву низьку парну кореляцію основних ознак (0,115). Ознака продуктивна кущистість мала високий прямий ефект у 2015 р. (1,177) і побічний ефект при недостовірній низькій парній кореляції ($r = 0,163$) через негативний вплив побічних ефектів більшості ознак, але в 2016 р., навпаки, – несуттєвий прямий ефект (0,126) і несуттєвий, в основному, побічний ефект у зв'язку врожайності з іншими ознаками, за винятком з масою зерен із рослин (0,900), при негативних значеннях з деякими іншими ознаками, а також при негативних побічних ефектах деяких інших ознак, що в підсумковому зв'язку між усіма ознаками відобразилося в низькому парному коефіцієнті кореляції (0,262). Ознака висота рослин мала високий прямий ефект у 2015 р. (1,036), але негативний у 2016 р. (-0,530) при недостовірній середній (ближче до низької) парній кореляції ($r = -0,373$ і $-0,322$ відповідно за роками) через негативний вплив побічних ефектів цієї ознаки у зв'язку врожайності з більшістю ознак та побічних ефектів ряду інших ознак. Слабкий позитивний прямий ефект впливу на врожайність сортів мала маса 1000 зерен (0,186 і 0,103 відповідно до років) при достовірній середній парній кореляції в 2015 р. ($r = 0,550$) і негативний середній у 2016 р. (-0,339) через позитивний вплив побічних ефектів ряду ознак у 2015 р. (стійкості проти вилягання, висоти рослин, кількості зерен з колоса, відношення маси зерна до маси соломи) і через негативний вплив побічних ефектів більшості інших ознак у 2016 р. Маса зерна з рослини не мала суттєвого прямого ефекту впливу на врожайність в обидва роки (-0,017 і -0,167 відповідно) через несуттєвий побічний

ефект ознаки в обидва роки при достовірній середній парній кореляції в 2015 р. ($r = 0,469^*$) і середній в 2016 р. ($r = 0,493$) через позитивний вплив побічних ефектів ряду інших ознак в 2015 р. – продуктивної кущистості, стійкості проти вилягання, вегетаційного періоду, кількості зерен із колоса, відношення маси зерна до маси соломи, маси 1000 зерен), в 2016 р. – маси зерна з колоса і відношення маси зерна і соломи). Негативний прямий ефект мали вегетаційний період (-3,037 і -1,048 відповідно до років) і довжина колоса (-1,631 і -0,489 відповідно до років) при недостовірній низькій парній кореляції ($r = 0,184$ і $0,168$ та $r = 0,175$ і $-0,157$ відповідно). Маса зерна з колоса мала негативний прямий ефект у 2015 р. (-0,982) при недостовірній середній (близькій до низької) парній кореляції між двома цими ознаками ($r = 0,371$), але позитивний прямий ефект у 2016 р. (0,803) при достовірній позитивній кореляції ($r = 0,644^*$).

Висновки

1. Установлено неоднаковий рівень парної кореляції між урожайністю та 11 кількісними ознаками рослин 11 сортів ячменю ярого: позитивний достовірний високий із стійкістю проти вилягання; позитивний достовірний і несуттєвий з масою зерна з рослини і з колоса, відношенням маси зерна і соломи за обидва роки; позитивний достовірний у 2015 р. і недостовірний несуттєвий у 2016 р. з масою 1000 зерен, позитивний низький несуттєвий – із кількістю зерен у колосі, продуктивною кущистістю і вегетаційним періодом; негативним недостовірним – із висотою рослин, несуттєвим – із довжиною колоса.

2. Унаслідок шляхового аналізу врожайності виявлено причини та наслідки впливу на неї різних ознак у системі взаємозалежних ознак 11 сортів ячменю ярого.

3. Унаслідок шляхового аналізу врожайності визначено, що рівень кореляції показників урожайності зі значеннями показників 11 кількісних ознак неоднозначно залежить як від прямих і побічних ефектів впливу певної ознаки в зв'язку врожайності з іншими ознаками, так і від побічних ефектів впливу інших ознак у зв'язку врожайності з цією певною ознакою.

4. Рівень прямого ефекту впливу кожної ознаки на врожайність неоднаковий і може бути високим позитивним (стійкості проти вилягання, продуктивної кущистості, відношення маси зерна і соломи), несуттєвим (маси зерна з рос-

лини, маси 1000 зерен) і високим негативним (вегетаційного періоду і довжини колосу за обидва роки, маси зерна з колосу у 2015 р. та висоти рослин, кількості зерен у колосі і маси 1000 зерен у 2016 р.).

5. Рівні кожного із опосередкованих (побічних) ефектів впливу кожної ознаки в зв'язках врожайності (основної ознаки) з іншими ознаками (по вертикалі), а також побічних ефектів інших ознак (по горизонталі) неоднаковий, часто протилежного напрямку і залежить від умов років вирощування рослин.

6. Рівень прямого ефекту впливу кожної кількісної ознаки рослин сортів на врожайність не завжди однозначно впливає на рівень парних коефіцієнтів кореляції між ознакою рослин і врожайністю, оскільки останні залежать також і

від співвідношення опосередкованих ефектів впливу інших ознак на врожайність.

7. Селекційне значення мають наступні ознаки:

– стійкість проти вилягання, яка мала в 2015 р. високий прямий ефект і в поєднанні з побічними ефектами інших ознак високу парну кореляцію з урожайністю в 2015 р., а в 2016 р. – хоча низький прямий ефект, але значний побічний ефект інших ознак, що зумовило в підсумку високу парну кореляцію з урожайністю;

– відношення мас зерна і соломи завдяки високому прямому і побічному ефектам в обидва роки, що зумовило позитивну близьку до середньої в 2015 р. і достовірно середню в 2016 р. парну кореляцію з урожайністю.

Література

1. Garcia del Moral L.F., Ramos J.M., Garcia del Moral M.B., Jimenez-Tejada M.P. Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path coefficient analysis // *Crop Sci.* – 1991. – V. 31. – P. 1179–1185.
2. Sinebo W. Yield relationships of barleys grown in a tropical highland environment // *Crop Sci.* – 2002. – V. 42. – P. 428–437.
3. Dofing S.M., Knight C.W. Yield component compensation in unicum barley lines // *Agron J.* – 1994. – V. 86. – P. 273–276.
4. Grafius J.E. A geometry for plant breeding // *Crop Sci.* – 1964. – V. 4. – P. 241–246.
5. Hamid Z.A., Grafius J.E. Developmental allometry and its implication to grain yield in barley // *Crop Sci.* – 1978. – V. 18. – P. 83–86.
6. Puri Y.P., Qualset C.O., Williams W.A. Evaluation of yield components as selection criteria in barley breeding // *Crop Sci.* – V. 22. – P. 927–931.
7. Ataеi M. Path analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.) yield // *Ankara Univ. Fac. Agric J. Agric Sci.* – 2006. – V. 12 (3). – P. 227–232.
8. Мухордова М.Е. Взаимосвязь элементов качества с продуктивностью растений у пивоваренного ячменя // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета.* – 2011. – 7 (81). – С. 23–26.
9. Emine B.C., Necmettin C. Correlation and Path Coefficient Analyses of grain yield and Yield Components in two-rowed of Barley (*Hordeum vulgare* convar. *distichon*) varieties // *Not Sci Biol.* – 2012. – V. 4 (2). – P. 128–131.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
11. Седловский А.И., Мартынов С.П., Мамонов Л.К. Генетико-статистические подходы к теории селекции самоопыляющихся культур. – Алма-Ата, 1982. – 200 с.

KOZACHENKO M.R., KOMPANETS K.V., SVIATCHENKO S.I.

Plant Production Institute nd. a V.Ya. Yuriev NAAS,

Ukraine, 61060, Kharkiv, Moskovskiy ave., 142, e-mail: kompanets.k@mail.ru

CORRELATIONS AND PATH ANALYSIS OF YIELD COMPONENTS IN SPRING BARLEY (*HORDEUM VULGARE* L.) VARIETIES

Aim. The aim of research was to determine pair correlation and path coefficients of traits and to identify on their basis contributions of different quantitative traits in the main feature – ‘grain yield. **Methods.** Eleven 11 spring barley varieties were investigated: ‘Dzherelo’, ‘Zvershennia’, ‘Etyket’, ‘Badioryy’, ‘Vzirets’, ‘Hranal’, ‘Modern’, ‘Vitrash’, ‘Pasadena’, ‘Tolar’, and ‘Maliovnychy’. We analyzed 50 plants of each variety for 11 quantitative traits. The pair correlation coefficients between quantitative traits were calculated by the BA Dosphehov method; path analysis was conducted as AI Sedlovskiy et al described by the S. Wright method. **Results.** Path analysis revealed that the correlation between plant traits and yield depended both on direct and on indirect effects of each trait on the yield capacity. We established causes of varying correlations between yield and other plant traits. **Conclusions.** Different pair correlations between yield and plant traits were found. Path analysis of the yield capacity demonstrated that the correlation values between the yield and 11 quantitative traits ambivalently depended both on direct and indirect effects of a trait on the yield and on indirect effects of other traits. The direct effect of a trait on the yield does not always unambiguously affect the pair correlation coefficient. The following traits were of the greatest breeding value: lodging resistance and grain weight/straw weight ratio.

Keywords: spring barley, varieties, yield and trait, correlation coefficient, path analysis.