

БАТАШОВА М.С.¹, ТИЩЕНКО В.М.¹, ДУБЕНЕЦЬ М.В.², ШАПОЧКА О.М.¹¹ Полтавська державна аграрна академія,

Україна, 36003, м. Полтава, вул. Сковороди, 1/3, e-mail: instagro@ukr.net

² Селекційно-виробничий центр «Яровіт»,

Україна, 36039, м. Полтава, вул. Олесь Гончара, 19а

✉ instagro@ukr.net, (0532) 502-35-1

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СЕЛЕКЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ У РОЗРІЗІ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРОГРАМИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Мета. Метою даного дослідження є аналіз селекційного прогресу з використанням індексів як співвідношень кількісних ознак, на основі багаторічних даних аналізу кількісних параметрів рослин, що прямо чи опосередковано впливають на продуктивність сортів та селекційних ліній. **Методи.** У якості матеріалу для дослідження були взяті багаторічні дані структурного аналізу рослин сортів та ліній пшениці озимої полтавської селекції за 2000-2018 роки за рядом кількісних ознак, збиральним індексом та індексом атракції. Для статистичної обробки даних була використана програма Statistica 7. **Результати.** Показане суттєве збільшення показника збирального індексу під тиском добору за період 2000-2018 роки. На ранніх етапах селекції під час проведення доборів за індексом атракції необхідно дотримуватися лімітів коливання даного індексу, встановлених селекціонером відповідно до його моделі сорту, елімінуючи генотипи з різкими коливаннями значення даного індексу. **Висновки.** У селекційних програмах, спрямованих на підвищення продуктивності озимої пшениці, рекомендовано на ранніх етапах селекції проводити добори за індексом атракції, формувати групи ліній із значенням індексу атракції більше одиниці, вести пошук ліній з максимальним значенням збирального індексу, комплектувати селекційні розсадники за високими показниками насінневої продуктивності, звертаючи особливу увагу на міцність стебла.

Ключові слова: пшениця озима, селекційні індекси, збиральний індекс, індекс атракції, ознаки.

В основі створення сучасних високопродуктивних сортів пшениці лежить розкриття генетичної природи її ознак та вдосконалення методів добору цінних генотипів. Так, завдяки прогресу селекції врожай зерна пшениці у світі виріс у 2-3 рази починаючи з 1950 року, зокре-

ма, тільки Китай збільшив врожайність на 450 % з 1960-х років. Генетичний компонент в урожайності пшениці оцінюється в 50 % і навіть збільшується за даними останніх років, при цьому щорічний приріст за рахунок генетичного покращення склав 1 %. Сучасні сорти пшениці характеризуються зменшенням висоти, збільшенням збирального індексу, збільшенням кількості зерен на одиницю площі тощо. Останні дослідження показують також одночасне покращення як збирального індексу, так і біомаси [1].

Внаслідок широкого розповсюдження пшениці як культури, існує велика кількість регіональних локальних селекційних програм з її поліпшення. Головним завданням для всіх селекціонерів є забезпечення стабільності врожаю, підвищення продуктивності культури, надання їй стійкості до хвороб, покращення якісних показників та підвищення адаптаційних властивостей. При цьому саме адаптаційні властивості можуть стати тим фоновим фактором, який буде визначати здатність сорту реалізувати свій потенціал продуктивності за певних умов середовища. Задачі селекційної програми формуються як з потреб ринку, так і ґрунтово-кліматичних умов вирощування.

Прогрес селекції озимої пшениці на поєднання продуктивності та адаптивності більшою мірою визначається рівнем досліджень особливостей генетичного контролю мінливості кількісних ознак та характеру їх прояву. Головною задачею селекціонера є розробка та вдосконалення ефективних методів добору на ранніх етапах селекції, починаючи з F₃-F₅, пошук ефективних методів оцінки лінійного матеріалу та добору цінних генотипів, вдосконалення технології індивідуального та родинного добору з урахування лімітуючих факторів середовища. Для цього розробляються моделі сорту пшениці в рамках певної селекційної програми, які є комплексом якісних та кількісних характерис-

© БАТАШОВА М.С., ТИЩЕНКО В.М., ДУБЕНЕЦЬ М.В., ШАПОЧКА О.М.

тик сорту, що забезпечать реалізацію потенціалу продуктивності та стабільність врожаю навіть у стресових умовах вирощування [2].

Одним з можливих напрямків ефективної оцінки сортів та ліній є використання селекційних індексів. Селекційним індексом може виступати числове співвідношення двох і більше компонентів, а саме кількісних показників, наприклад, збиральний індекс та інші [2, 3]. Інші автори пропонують використовувати так звані індекси селекції для пошуку цінних генотипів, які дозволяють оцінити селекційну цінність генотипів шляхом кореляційно-регресійного аналізу. Подібні індекси селекції біли розроблені Smith (1936) для селекції рослин та Hazel (1943) у селекції тварин. На основі розробок Smith була сформульована теорія «лінійного селекційного індексу», де генетична цінність розглядається як лінійна комбінація істинних селекційних цінностей ознак відповідно до їх економічної значущості, тоді як «лінійний селекційний індекс», або LSI – це лінійна комбінація фенотипових значень, наборів маркерів або генотипово оцінена селекційна цінність (GEBVs) [4]. Розроблені лінійні селекційні індекси (LSI) на основі даних фенотипових проявів ознак, даних маркерів та даних геномної селекції дозволяють оцінити генетичну цінність генотипів. При цьому геномні індекси мають суттєві переваги перед іншими індексами, основна з них полягає у можливості зменшення інтервалів між циклами доборів більш ніж на дві третини. Так, селекційні індекси на основі моделі Smith-Hazel та Pesek-Baker можуть бути застосовані для добору генотипів озимої пшениці за умов посухи на насінневу продуктивність [5].

Одним із перших звернув увагу на використання індексів як співвідношень кількісних ознак Ю.А. Філіпченко. Ним були розроблені та досліджені 11 індексів, серед яких «відносна довжина колосу», відносна довжина остей, щільність колосу та інші. За Філіпченко, ефективними для добору будуть ті індекси, які проявляють певну закономірність не помітну на абсолютних величинах або є менш мінливими ніж абсолютні величини ознак, що складають індекс [3].

Метою даного дослідження є аналіз селекційного прогресу з використанням індексів, як співвідношень кількісних ознак, на основі багаторічних даних аналізу кількісних параметрів рослин, що прямо чи опосередковано впливають на продуктивність, сортів та селекційних ліній в

селекційній програмі Полтавської державної аграрної академії.

Матеріали і методи

У якості матеріалу для дослідження були взяті багаторічні дані структурного аналізу рослин сортів та ліній пшениці озимої полтавської селекції за 2000-2018 роки, а саме: маса рослини (головного стебла з колосом) (г), маса стебла (г), маса зерна з колосу (г) та індекси, складені на основі цих ознак: збиральний індекс = маса зерна з колосу (г) / маса рослини (г) та індекс атракції = маса зерна з колосу (г) / маса стебла (г). Для статистичної обробки даних була використана програма Statistika.

Результати та обговорення

Важливою частиною традиційних селекційних програм із пшениці є структурний аналіз рослин, що включає в себе вимірювання кількісних параметрів, таких як маса насіння з рослини, маса рослини, маса стебла, висота рослини, довжина нижнього та верхнього міжвузлів, довжина колосу тощо, які часто мають прямий або опосередкований вплив на продуктивність та технологічність рослини пшениці. Для ведення селекційної програми на підвищення насінневої продуктивності рослини необхідно визначити параметри добору серед великої кількості лінійного селекційного матеріалу. Певну складність при проведенні таких доборів представляє мінливість ознак, в першу чергу, під впливом лімітуючих факторів середовища. Саме з цієї причини селекційні індекси можуть вважатися зручним інструментом для добору потенційно цінних генотипів, не зважаючи на умови та місце вирощування. Деякі автори [6] вказують на переваги індексів перед абсолютними величинами: зменшення мінливості та встановлення закономірностей, непомітних на абсолютних величинах. Показано, що якщо до складу індексу входять 2 елементарні кількісні ознаки, пов'язані тісною кореляцією (r більше 0,6), він виявляється менш мінливим ніж ознаки, що його складають.

Згідно теорії еколого-генетичної організації кількісних ознак рослин, розробленої В.А. Драгавцевим [6], спектр та кількість генів, що визначають мінливість даної кількісної ознаки, змінюються при зміні лімітуючого фактору середовища. За Драгавцевим, реалізація біологічного потенціалу продуктивності рослини залежить від роботи фізіолого-генетичних систем,

таких як атракції, мікророзподілення, адаптивності, горизонтального імунітету, оплати лімітуючого фактору ґрунтового живлення, толерантності до загушення, генетичної варіабельності довжин фаз органогенезу тощо. Ці системи неможливо описати абсолютними величинами, вони не є ознаками, але проявляють себе в певних ознакових координатах (співвідношеннях відповідно до екологічного та генетичного впливу (середовища). Закономірності прояву цих систем не помітні в аналізі певних ознак, але можуть бути розкриті та використані через аналіз індексів, та використовуватися селекціонерами без потреби в додатковому коштовному обладнанні. Важливою особливістю використання індексів є нівелювання екологічних (модифікаційних) ефектів, які впливають на прояв багатьох кількісних ознак, але зникають при розрахунку індексів. Підбір та застосування індексів, розроблених селекціонером для певної селекційної програми з урахування лімітуючих факторів середовища дозволить проводити добір генотипів не за рядом кількісних параметрів, а за проявом основних фізіолого-генетичних систем, реалізованих через індекси.

На сьогодні в селекційній практиці використовуються цілий ряд індексів: Збиральний індекс (відношення маси зерна з колосу (г) до маси рослини (г)); Мексиканський індекс (відношення маси зерна з колосу (г) до висоти рослини (см)); Індекс інтенсивності (відношення маси стебла (г) до висоти рослини (см)); Індекс продуктивності колосу (відношення маси зерна з колосу (г) до маси колосу із зерном та половию (г)); Індекс лінійної щільності колосу (відношення кількості зерен з колосу (шт.) до довжини колосу (см)); Індекс потенційної продуктивності колосу (відношення маси зерна з колосу (г) до маси колосу з зерном (г), помножене на кількість зерен в колосі); Канадський індекс (відношення маси зерна з колосу (г) до довжини колосу (см)); Індекс атракції (відношення маси зерна з колосу (г) до маси стебла (г)); Індекс мікророзподілень (відношення маси зерна з колосу (г) до маси полови з колосу (г). Полтавський індекс (відношення маси зерна з колосу (г) до довжини верхнього міжвузля).

Аналіз багаторічних даних структурного аналізу рослин сортів та ліній пшениці озимої показав суттєву різницю у збільшенні показника збирального індексу під тиском добору за період 2000-2018 року в порівнянні з селекційним

прогресом ознак, що складають його, масою зерна з рослини та масою рослини (рис. 1, 2, 4).

За ознакою маса рослини, на рис.2 можна спостерігати сильне коливання даного показника по роках, що вказує на його залежність від умов зовнішнього середовища. Відповідно, маса зерна з колосу (рис. 1) також зазнає достатнього впливу лімітуючих факторів середовища, особливо це стосується дефіциту вологи, хоча і в меншій мірі ніж маса рослини. У той же час, співвідношення цих двох показників у вигляді збирального індексу показало невелике коливання по роках вирощування та забезпечило стійке зростання його, а відповідно і насінневої продуктивності, під тиском селекційного добору. Таким чином, меншу екологічну мінливість індексу в порівнянні з абсолютними величинами, можна очікувати коли ознаки, що складають індекс, мають тісну кореляцію між собою.

Індекс атракції відображає ступінь відтоку пластичних речовин з вегетативних частин рослини (стебло, листки) у генеративні (колос) та опосередковано визначає ступінь розвитку генеративної частини рослини, у тому числі насінневої продуктивності в період вихід трубку-налив зерна. Індекс атракції є співвідношенням маси зерна з колосу до маси рослини (головного стебла з колосом). Індекс атракції може бути більш зручним для аналізу генотипів ніж збиральний індекс. Маса зерна залежить від генів атракції продуктів фотосинтезу із стебла та листків до колосу.

Під тиском селекційного добору така складова як маса стебла мала тенденцію до зниження, хоча і показала високий рівень коливання показника даної ознаки під впливом умов року вирощування (рис. 3). Ця тенденція легко пояснюється спрямуванням доборів на зниження висоти рослини та, відповідно, підвищенню стійкості до вилягання. Фактором, який забезпечить виконання даного завдання без зменшення рівня насінневої продуктивності, що часто спостерігається у низькорослих сортів, може виступати саме індекс атракції, ліміти добору якого розробляються селекціонером відповідно до моделі сорту. На ранніх етапах селекції під час проведення доборів за індексом атракції необхідно дотримуватися лімітів коливання даного індексу встановлених селекціонером відповідно до його моделі сорту, елімінуючи генотипи з різкими коливаннями значення даного індексу [2]. Так, використання індексу атракції як фактору добору в селекційній програмі

пшениці озимої полтавської селекції показало його ефективність та меншу залежність від впливу умов зовнішнього середовища (рис.5).

Однак, внаслідок того, що індекси є співвідношенням абсолютних величин, вони не можуть прямо характеризувати продуктивність. Але, при цьому, вони можуть бути використані

для опису моделі сорту для певного регіону, і в подальшому використовуватися для ефективного ведення селекції, швидкого аналізу ліній. У роботі Чекаліна М.М. та Тищенко В.М., на основі експериментальних даних показана мінливість індексів в залежності від генотипу та гомогенності досліджуваного матеріалу [2].

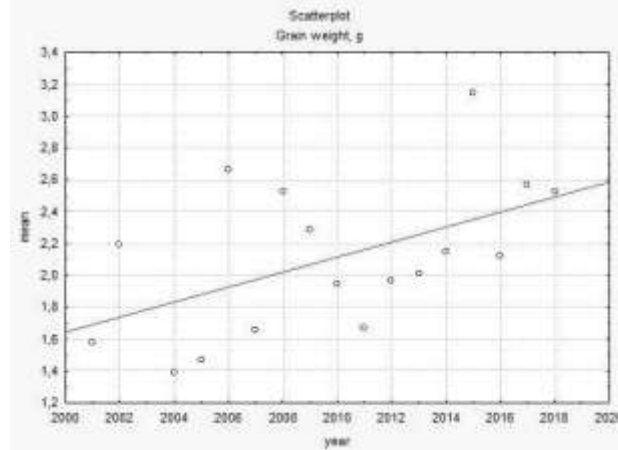


Рис. 1. Маса зерна з колосу, г.

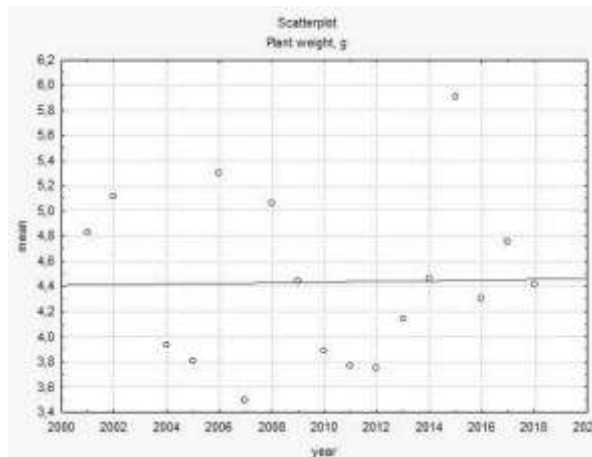


Рис. 2. Маса рослини, г.

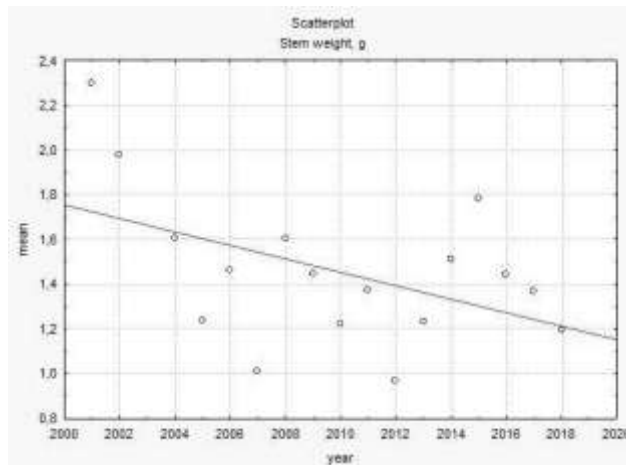


Рис. 3. Маса стебла, г.

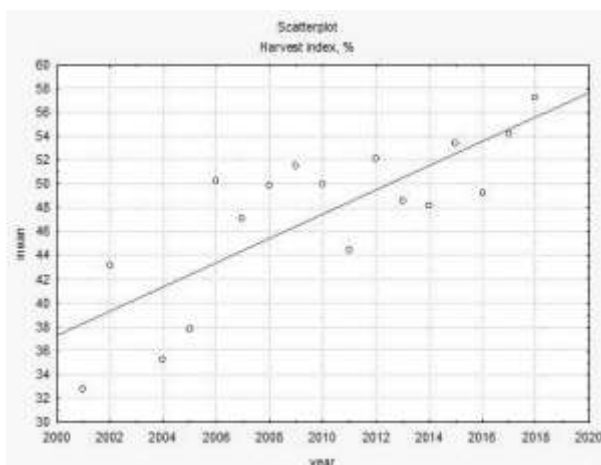


Рис. 4. Збиральний індекс, %.

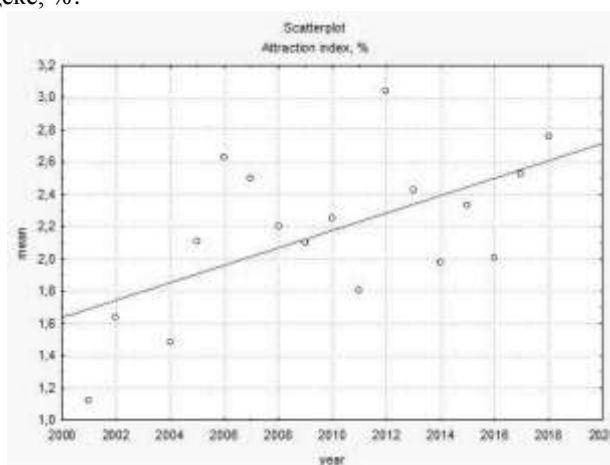


Рис. 5. Індекс атракції.

Висновки

У селекційних програмах на підвищення продуктивності (виходу зерна) озимої пшениці, ми рекомендуємо: 1) на ранніх етапах селекції проводити добори за індексом атракції, 2) формувати групи ліній із значенням індексу атрак-

ції більше одиниці; 3) в створених групах рекурентними доборами вести пошук ліній з максимальним значенням збирального індексу 4) комплектувати селекційні розсадники по високим показникам насінневої продуктивності, звертаючи особливу увагу на міцність стебла.

References

1. J.C. Rudd. Success in Wheat Improvement. In book: *Wheat Science and Trade*. Edited by Brett F. Carver. Wiley-Blackwell. 2009. P. 387–396.
2. Tyshchenko V.N., Chekalyn N.M. *Geneticheskiye osnovy adaptivnoy selektsyy ozymoy pshenytsy v zone Lesostepy*. Poltava, 2005. 270 s. [in Ukrainian] / Тищенко В.Н., Чекалин Н.М. *Генетические основы адаптивной селекции озимой пшеницы в зоне Лесостепи*. Полтава, 2005. 270 с.
3. Dragavtsev V.A. Resheniia tekhnologicheskikh zadach selektsionnogo povysheniia urozhayev, vytekaiushchie ikh Teorii ekologo-geneticheskoy organizatsii kolichestvennykh priznakov. *East European Scientific Journal*. 2019. No. 2 (42). P. 11–26. [in Russian] / Драгавцев В.А. Решения технологических задач селекционного повышения урожаев, вытекающие их Теории эколого-генетической организации количественных признаков. *East European Scientific Journal*. 2019. No. 2 (42). P. 11–26.
4. Céron-Rojas J.J., Crossa J. *Linear Selection Indices in Modern Plant Breeding*. Springer, Cham, 2018. 256 p. doi: 10.1007/978-3-319-91223-3.
5. Ghaed-Rahimi L., Heidari B., Dadkhodaie A. Constraction and Efficiency of selection indices in wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress and well-irrigated conditions. *Plant Breed. Biothech.* 2017. (June) 5 (2). P. 78–87. doi: 10.9787/PBB.2017.5.2.78.
6. Kocherina N.V., Dragavtsev V.A. *Vvedenie v teorii ekologo-geneticheskoy organizatsii poligennykh priznakov rasteniy i teoriiu selektsionnykh indeksov*. SPb.: «Don Bosko», 2008. 87 s. [in Russian] / Кочерина Н.В., Драгавцев В.А. *Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов*. СПб.: «Дон Боско», 2008. 87 с.

BATASHOVA M.¹, TYSHCHENKO V.¹, DUBENETS M.², SHAPOCHKA O.¹

¹ *Poltava State Agrarian Academy,*

Ukraine, 36003, Poltava, Skovody str., 1/3, e-mail: instagro@ukr.net

² *Breeding-production center «Yarovit»,*

Ukraine, 36039, Poltava, Olesia Honchara str., 19a

APPLICATION OF SELECTION INDICES IN THE CONTEXT OF THE WINTER WHEAT BREEDING PROGRAM

Aim. The aim of this study is to analyze breeding progress using indices as ratios of quantitative traits, based on long-term data analysis of plant quantitative parameters that directly or indirectly affect the productivity of varieties and breeding lines. **Methods.** Long-term data of structural analysis of plants of wheat varieties and lines of winter Poltava breeding for 2000-2018 for a number of quantitative traits, harvest index and attraction index were taken as material for the study. Statistica 7 was used for statistical data processing. **Results.** A significant increase of the harvest index under the pressure of selection for the period 2000-2018 is shown. In the early breeding stages during the selection by attraction index, it is necessary to adhere to the limits of oscillation of this index, set by the breeder in accordance with their model of variety, eliminating genotypes with sharp fluctuations in the value of this index. **Conclusions.** In breeding programs, in order to improve the productivity of winter wheat, it is recommended to select by attraction index in early stages of breeding, to form groups of lines with attraction index of greater than one, to search for lines with the maximum value of the harvest index, to select breeding nurseries for high seed productivity, paying particular attention to the strength of the stem.

Keywords: winter wheat, selection indices, harvest index, attraction index, traits.