

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-91-96

УДК 633.11.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА ОСНОВЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ

Н.А. СТЕПАНОВА, старший научный сотрудник
В.С. СИДОРЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук
Ж.В. СТАРИКОВА, В.А. КОСТРОМИЧЕВА, научные сотрудники

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

В статье приводятся экспериментальные данные по определению продуктивности яровой мягкой пшеницы на основе селекционных индексов. Важную роль для селекции играет создание экспрессных методов точной идентификации главных физиолого-генетических систем, повышающих урожайность в данной конкретной среде, а не генетическая характеристика количественного признака, которая обязательно изменится в другой среде. Индексы широко работают в селекционных технологиях. Однако их использование требует тщательного анализа и информативности на фоне разных лимитирующих факторов внешней среды. Проведённые исследования на селекционном материале яровой мягкой пшеницы показали, что при оценке на продуктивность, во взаимосвязи «генотип-среда», наибольшая информативность получена при оценке в совокупности по четырём индексам: мексиканский – Мх (соотношение масса зерна с колоса к высоте растения), канадский – Кі, (число зерен в колосе к длине колоса), линейной плотности колоса - ЛПК (масса зерна с колоса к длине колоса), потенциала колоса - ИПК (длина колоса к высоте растений). Использование дополнительной информации о других признаках и учете всевозможных взаимосвязей между признаками поможет достичь наиболее эффективного индексного отбора. Наиболее достоверные взаимосвязи между селекционными индексами и урожайностью селекционных сортообразцов яровой мягкой пшеницы были выявлены при помощи корреляционного анализа. Была определена продуктивность новых сортов яровой мягкой пшеницы, адаптированных к условиям Орловской области на основе подбора соответствующего селекционного материала по селекционным индексам. Лучшими селекционными индексами характеризовались сорта яровой мягкой пшеницы Мандарина, Ласка и Памяти Коновалова.

Ключевые слова: селекционный индекс, яровая мягкая пшеница, исходный материал, урожайность, число зёрен в колосе, масса зерна с колоса, длина колоса, высота растений.

DETERMINATION OF THE PRODUCTIVITY OF SPRING SOFT WHEAT BASED ON BREEDING INDICES

N.A. Stepanova, V.S. Sidorenko, Zh.V. Starikova, V.A. Kostromicheva
FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *This article provides experimental data on the study of breeding material of spring bread wheat. An important role for breeding is played by the creation of express methods for accurate identification of the main physiological and genetic systems that increase productivity in a given specific environment, and not the genetic characteristic of a quantitative trait, which will necessarily change in another environment. Indexes are widely used in breeding technologies. However, their use requires a careful analysis of their information content against the background of various limiting factors of the external environment. The studies carried out at the FSBSI Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops on breeding material of spring bread wheat showed that when assessing productivity, in the relationship "genotype-environment", the greatest information content was obtained when assessing in aggregate according to four indices: Mexican -*

Mx (the ratio of grain weight from ear to height plants), Canadian - Ki, (the number of grains per ear to the length of the ear), the linear density of the ear - LPA (weight of grain from the ear to the length of the ear), the potential of the ear - IPK (the length of the ear to the height of plants). Using additional information on other traits, and taking into account all possible relationships between characteristics will help to achieve the most effective index selection. The most reliable relationships between the breeding indices and the yield of breeding varieties of spring bread wheat were identified using correlation analysis. The productivity of new varieties of spring soft wheat, adapted to the conditions of the Oryol region, was determined on the basis of the selection of the appropriate breeding material for breeding indices. The best breeding indices were characterized by the varieties of spring soft wheat Mandarin, Laska and Pamyati Konovalov.

Keywords: breeding index, spring soft wheat, source material, yield, number of grains per ear, grain weight per ear, ear length, plant height.

Введение

Важную роль для селекции имеет создание экспрессных методов точной идентификации главных физиолого-генетических систем, которые повышают урожайность в данной конкретной среде, а не генетическая характеристика количественного признака, которая обязательно изменится в другой среде. Селекционер ведёт отбор по нескольким признакам. Объединение селекционных признаков в селекционные индексы принесет наибольшую результативность данной работы. При расчёте селекционного индекса учитывают, как фенотипические, так и генотипические корреляции между признаками и компонентами индекса [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Селекционные индексы могут быть использованы для одновременной селекции по нескольким признакам или повышения эффективности отбора по одному признаку.

Цель исследований: определить продуктивность новых сортов яровой мягкой пшеницы, адаптированных к условиям Орловской области на основе подбора соответствующего селекционного материала по селекционным индексам.

Материалы и методика исследований

Экспериментальные посевы были размещены на полях севооборота селекционного центра ФНЦ ЗБК. Предшественник – пар. Почвы – тёмно-серые лесные, среднесуглинистые, средне окультуренные. Общая площадь каждой делянки составляла 16,5 м² (ширина 1,65 м, длина 10,0 м). Учетная площадь делянки – 15 м². Количество рядков на делянке – 11 шт., ширина междурядий – 15 см. Размещение делянок в опыте рендомизированное, повторность четырехкратная. Перед посевом была внесена азофоска (N₁₅P₁₅K₁₅) в количестве 100 кг/га. Посев осуществлялся селекционной сеялкой СКС-6-10. Норма высева – 5 млн. всхожих зерен на гектар. Обработка посевов от сорняков проводилась в фазу кушения гербицидом Примадонна, СЭ 0,8 л/га.

Отбор проб для анализа растений по элементам структуры урожая проводился по мере созревания сортообразцов. Для структурного анализа с каждой делянки отбирали по 25 растений с корнями. Растения связывали в сноп с прикреплением этикетки и подвешивали корнями вверх в сухом проветриваемом помещении для высыхания до воздушно-сухого состояния. Высоту растений измеряли с помощью линейки от начала надземной части побега до верхушки самого высокого побега, включая длину остей. Анализ структуры урожая включал определение продуктивной кустистости (шт.), массы сухого растения (г); числа зерен с главного колоса и с подгонов (шт.); массы зерна с главного колоса и подгонов (г); числа зерен с растений (шт.); массы зерен с растения (г); массы 1000 зерен (г).

Результаты и их обсуждение

Учет поражения болезнями, фенологические наблюдения, оценку фенотипической изменчивости количественных признаков проводили по общепринятым и широко апробированным в научных учреждениях методикам. Уборка проведена 7-10 августа в фазу полного созревания яровых зерновых культур селекционным малогабаритным комбайном SAMPO-130.

По результатам структурного анализа фенотипов в сортоиспытании были выявлены существенные различия между сортообразцами по отдельным признакам и показателям главного колоса. Высота растений колебалась от 76 см у сорта Арабелла до 109 см у сорта Л-57. Лучшими фенотипами по длине и массе колоса выделились сорта Мандарина и линия Л-57. Среди образцов с хорошо озерненным колосом можно выделить такие сорта как Ласка и Мандарина. Лучшими сортами по массе 1000 зёрен стали сорта Памяти Коновалова, Гранни и Гранова. Короткостебельные сорта яровой мягкой пшеницы Арабелла и Памяти Коновалова оказались более устойчивыми к полеганию. По результатам структурного и других анализов можно выделить 3 сортообразца мягкой яровой пшеницы: Мандарина, Ласка и Л-57, обладающие комплексом лучших показателей (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность и элементы структуры урожая сортообразцов яровой мягкой пшеницы, 2019 – 2020 гг.

Сорт, страна	Средняя урожайность, т/га	Высота растений, см	Длина колоса, см	Количество зерен с колоса, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Дарья (Белоруссия)	4,18	95	9,5	35	1,09	31,2
Гранни (Австрия)	5,52	80	8,8	39,9	1,55	38,8
Гранова (РФ, АСТ Курск)	5,2	80	9,0	39,2	1,52	38,9
Памяти Коновалова (ФНЦ ЗБК)	4,43	79	8,5	37,9	1,51	40,1
Золушка (ФНЦ ЗБК)	2,74	87	9,7	31,8	1,06	33,2
Лиза (ФИЦ, «Немчиновка»)	3,2	82	7,9	39,7	1,39	35,3
Арабелла (Польша)	4,47	76	7,1	32,9	1,06	32,2
Бомбона (Польша)	2,8	87	10	41,3	1,35	32,6
Ласка (Белоруссия)	3,27	84	9,3	50,9	1,69	33,3
Мандарина (Польша)	3,87	85	9,5	58,4	1,99	34,2
Л-57 (ФНЦ ЗБК)	3,33	109	11,1	36,3	1,29	35,5
среднее значение	3,82	85,9	9,1	40,3	1,4	35,0
НСР 05	0,4	8,8	1,0	7,5	0,5	2,9

При изучении сортов яровой мягкой пшеницы была дана оценка по четырём селекционным индексам: мексиканский индекс (Мх), индекс линейной плотности колоса (ЛПК), канадский индекс (Ки) и индекс потенциала колоса (ИПК). Для расчетов селекционных индексов яровой мягкой пшеницы были взяты следующие признаки: длина растения, длина колоса, высота растения, число зёрен в колосе и продуктивность главного колоса (табл. 2).

Таблица 2

Формулы для расчета селекционных индексов

Обозначение индекса (в рамках данной статьи)	Название индекса	Формулы расчета
ИПК	Индекс потенциала колоса	Длина колоса, см / высота растений, см
ЛПК	Индекс линейной плотности колоса	Масса зерна с колоса, г / длина колоса, см
Ки	Канадский индекс (удельный урожай колоса)	Число зерен в колосе, шт. / длина колоса, см
Мх	Мексиканский индекс	Масса зерна с колоса, г / высота растения, см

Использование индексов требует тщательного анализа их информативности на фоне разных лимитирующих факторов внешней среды, в конкретных почвенно-климатических условиях. Эффективность индексного отбора достигается за счет использования дополнительной информации о других признаках и учета всевозможных взаимосвязей между признаками. Основные элементы продуктивности, определяющие урожайность конкретного растения в биоценозе - масса зерна с колоса, которая складывается из числа зерен и массы зерновки. Элементы продуктивности имеют различную вариабельность в зависимости от взаимодействия факторов генотип-среда [7, 8]. Рассматривая удельный урожай колоса (канадский индекс), можно выделить несколько сортов яровой мягкой пшеницы с наиболее высоким его значением, такие как Мандарина (6,14), Ласка (5,47) и Лиза (5,02). Различия по индексу потенциала колоса незначительны, что свидетельствует о сопряженности длины колоса и высоты растений у современных сортов. Наибольший выход зерна отмечен у сортов Памяти Коновалова, Гранни, Гранова (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика яровой мягкой пшеницы по селекционным индексам, 2019-2020 гг.

Культура, сорт	Канадский индекс, удельный урожай колоса, шт. / см	Мексиканский индекс, г/см	Индекс линейной плотности колоса, г/см	Индекс потенциала колоса, см/см	Выход зерна, %
Дарья (Беларуссия)	3,68	0,011	0,115	0,100	37,9
Гранни (Австрия)	4,53	0,019	0,176	0,110	61,5
Гранова (АСТ Курск)	4,35	0,019	0,169	0,112	61,3
Памяти Коновалова (ФНЦ ЗБК)	5,45	0,019	0,178	0,118	62,0
Золушка (ФНЦ ЗБК)	3,28	0,012	0,109	0,111	49,1
Лиза (ФИЦ «Немчиновка»)	5,02	0,017	0,176	0,096	56,9
Арабелла (Польша)	4,63	0,014	0,149	0,093	57,8
Бомбона (Польша)	4,13	0,015	0,135	0,115	43,3
Ласка (Беларуссия)	5,47	0,020	0,182	0,110	58,0
Мандарина (Польша)	6,14	0,023	0,209	0,112	57,4
Л-57 (РФ, ФНЦ ЗБК)	3,29	0,012	0,116	0,101	44,4
НСР 05					8,0

В фазу формирования числа члеников колосового стержня и образования конуса роста второго порядка, которые определяют количество зёрен и колосков, распределение влаги в полевых условиях достичь практически невозможно. В связи с этим, невозможно провести оценку – какое из растений является модификацией, а какое ценным генотипом по засухоустойчивости. Для этого используют только канадский индекс. Индекс линейной плотности представляет большую информацию по взаимосвязи «генотип и среда», характеризуется как отношение числа зерен с колоса (шт.) к длине колоса (см) в связи с тем, что масса зерна с колоса формируется весь вегетационный период и определяется не только

количеством зёрен, но и массой каждого зерна. По индексу линейной плотности колоса (ЛПК) наиболее высокий показатель был у сортов: Мандарина (0,209), Ласка (0,182) и Памяти Коновалова (0,178) (табл. 3). По показателю индекса потенциала колоса (ИПК) были выделены следующие сорта: Бомбона (0,115), Гранова и Мандарина (0,112). Дальнейший прогресс селекции обеспечивает морфофизиологический тип растений изучаемых сортов, определяющего возможную потенциальную продуктивность. Растения различают по биомассе, даже при одинаковых условиях выращивания, что в первую очередь определяется признаком высоты растений. Увеличение биомассы растений ведёт к накоплению пластических веществ в большем количестве, но зерновая продуктивность у каждого генотипа будет отличаться в связи с различием интенсивности процессов, связанных с перераспределением и утилизацией продуктов фотосинтеза. В этом направлении можно оценить индивидуальные растения по мексиканскому индексу, где учитывается продуктивность колоса во взаимосвязи с их высотой. Максимальное значение M_x отмечено у сортов: Мандарина (0,23), Ласка (0,20), три сорта имели одинаковое значение – 0,19. Это сорта Памяти Коновалова, Гранни и Гранова. По совокупной оценке анализируемых трёх селекционных индексов выделены три сорта яровой мягкой пшеницы: Мандарина, Ласка и Памяти Коновалова.

Использование дополнительной информации о других признаках и учете всевозможных взаимосвязей между признаками поможет достичь наиболее эффективного индексного отбора. Достоверные взаимосвязи между селекционными индексами и урожайностью селекционных сортообразцов яровой мягкой пшеницы были выявлены при помощи корреляционного анализа (табл. 4).

Таблица 4

Взаимосвязь селекционных индексов и выхода зерна яровой мягкой пшеницы

	Выход зерна, %	Канадский индекс	Мексиканский индекс	Индекс линейной плотности колоса	Индекс потенциала колоса
	коэффициенты корреляции				
Выход зерна, %	1,000	0,6048*	0,7723*	0,8015*	0,0219
Канадский индекс	0,6048*	1,000	0,8625*	0,9193*	0,0624
Мексиканский индекс	0,7723*	0,8625*	1,000	0,9671*	0,3536
Индекс линейной плотности колоса	0,8015*	0,9193*	0,9671*	1,000	0,1186
Индекс потенциала колоса	0,0219	0,0624	0,3536	0,1186	1,000

Примечание:* – (здесь и далее по тексту) выше порога достоверности ($R=0,4329$, на уровне 5%).

Между индексами также была установлена тесная взаимосвязь. Коэффициент корреляции между мексиканским и канадским индексами составил 0,8625*, индексом линейной плотности и канадским – 0,9193*, мексиканским и индексом линейной плотности – 0,9671*.

Заключение

Таким образом, при оценке на продуктивность, во взаимосвязи «генотип-среда», наибольшая информативность получена при оценке в совокупности по четырём индексам: мексиканский – M_x , канадский – K_i , линейной плотности колоса – ЛПК, потенциала колоса – ИПК. При помощи корреляционного анализа были выявлены наиболее существенные взаимосвязи между селекционными индексами и урожайностью сортов и линий яровой

мягкой пшеницы. Была определена продуктивность новых сортов яровой мягкой пшеницы, адаптированных к условиям Орловской области на основе подбора соответствующего селекционного материала по селекционным индексам. Лучшими селекционными индексами характеризовались сорта яровой мягкой пшеницы Мандарина, Ласка и Памяти Коновалова.

Литература

1. Лубнин А.Н. Селекция мягкой яровой пшеницы в Сибири // Новосибирск: – 2006. – С. 8-13.
2. Кондрашова О.А., Тишков Н.И., Тимошенкова Т.А. Новая стратегия формирования агроэкоципа сорта ячменя в степной зоне Урала // *Агрономические науки*. – 2010. – С. 46-48.
3. Кочерина Н.В., Драгавцев В.А. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов. // *АФИ*. – 2008. – 87 с.
4. Михайленко И.М., Драгавцев В.А. Основные принципы моделирования систем взаимодействия генотип-среда // *Сельскохозяйственная биология*. – 2010. – № 3. – С. 26-35.
5. Драгавцев В.А., Литун П.П., Шкель Н.М и др. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений // *Доклады АН СССР*. – 1984. – Т. 274. – № 3. – С. 720-723.
6. Драгавцев В.А. Эколого-генетическая организация количественных признаков растений и теория селекционных индексов // *Экологическая генетика культурных растений: сб. докладов на Школе молодых ученых по экологической генетике*. - Краснодар: ВНИИ риса. – 2012. – С. 31-50.
7. Бороевич С. Генетические аспекты селекции высокоурожайных сортов пшеницы // *Сельскохозяйственная биология*. – 1968. -Т. 3. – № 2. – С. 285-299.
8. Мальчиков П.Н., Сидоренко В.С., Мясникова М.Г., Наумкин Д.В. Оценка в эколого-географическом эксперименте адаптивности генотипов твердой пшеницы и дифференцирующей способности условий среды (годы, пункты) // *Зернобобовые и крупяные культуры*, – 2016. – № 2. – С. 120-126

References

1. Lubnin A.N. Seleksiya myagkoi yarovoi pshenitsy v Sibiri [Breeding of soft spring wheat in Siberia]. Novosibirsk: 2006, pp. 8-13. (In Russian)
2. Kondrashova O.A., Tishkov N.I., Timoshenkova T.A. Novaya strategiya formirovaniya agroekotipa sorta yachmenya v stepnoi zone Urala [A new strategy for the formation of an agroecotype of a barley variety in the steppe zone of the Urals]. *Agronomicheskie nauki*, 2010, pp.46-48. (In Russian)
3. Kocherina N.V., Dragavtsev V.A. Vvedenie v teoriyu ekologo-geneticheskoi organizatsii poligennykh priznakov rastenii i teoriyu selektsionnykh indeksov [Introduction to the theory of ecological and genetic organization of polygenic traits of plants and the theory of breeding indices]. *AFI*, 2008, 87 p. (In Russian)
4. Mikhailenko I.M., Dragavtsev V.A. Osnovnye printsipy modelirovaniya sistem vzaimodeistviya genotip-sreda [Basic principles of modeling genotype-environment interaction systems]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2010, no. 3, pp. 26-35. (In Russian)
5. Dragavtsev V.A., Litun P.P., Shkel' N.M et al. Model' ekologo-geneticheskogo kontrolya kolichestvennykh priznakov rastenii [Model of ecological and genetic control of quantitative traits of plants]. *Doklady AN SSSR*, 1984, V. 274, no. 3, pp.720-723. (In Russian)
6. Dragavtsev V.A. Ekologo-geneticheskaya organizatsiya kolichestvennykh priznakov rastenii i teoriya selektsionnykh indeksov [Ecological and genetic organization of quantitative traits of plants and the theory of breeding indices]. *Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rastenii: sbornik dokladov na Shkole molodykh uchenykh po ekologicheskoi genetike* [Ecological genetics of cultivated plants: a collection of reports at the School of young scientists on ecological genetics]. Krasnodar: VNII risa, 2012, pp. 31-50. (In Russian)
7. Boroevich S. Geneticheskie aspekty selektsii vysokourozhainykh sortov pshenitsy [Genetic aspects of breeding high-yielding wheat varieties]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 1968, V. 3, no. 2, pp. 285-299. (In Russian)
8. Mal'chikov P.N., Sidorenko V.S., Myasnikova M.G., Naumkin D.V. Otsenka v ekologo-geograficheskom eksperimente adaptivnosti genotipov tverdoi pshenitsy i differentsiruyushchei sposobnosti uslovii sredy (gody, punkty) [Assessment in an ecological-geographical experiment of the adaptability of durum wheat genotypes and the differentiating ability of environmental conditions (years, points)]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, no.2, pp. 120-126 (In Russian)