

С.Д. Каракотов, академик РАН

А.И. Прянишников, член-корреспондент РАН

Акционерное общество «Щелково Агрохим»

РФ, 141108, Московская обл., г. Щелково, ул. Заводская, д. 2, корпус 142, к. 204

В.М. Косолапов, академик РАН

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса

РФ, 141055, Московская обл., г. Лобня, Научный городок, корпус 1

В.И. Зотиков, член-корреспондент РАН

Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур

РФ, 302502, Орловская обл., Орловский р-н, п. Стрелецкий, ул. Молодежная, 10, корп. 1

А.В. Титаренко, доктор сельскохозяйственных наук

Закрытое акционерное общество «Павловская Нива»

РФ, 396420, Воронежская область, г. Павловск, ул. Набережная, д. 3

П.В. Полушкин, кандидат сельскохозяйственных наук

Индивидуальный предприниматель КФХ Е.П. Цирулев

РФ, 445560, Самарская обл., с. Приволжье, ул. Комарова, д. 2А

В.М. Кочетов, кандидат сельскохозяйственных наук

Администрация Большеболдинского района Нижегородской области

РФ, 607940, Нижегородская обл., с. Большое Болдино, ул. Пушкинская, д. 2

E-mail: a_pryan@mail.ru

УДК 633.112.1 «321»: (631.527+631.531.02)

DOI:10.30850/vrsn/2021/1/9-15

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ОЦЕНКИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ АО «ЩЕЛКОВО АГРОХИМ»

В статье на основе мультилокационных испытаний с различными почвенно-климатическими условиями и технологическими подходами для возделывания полевых культур (Орел, Самара, Нижний Новгород, Воронеж) описан алгоритм системного подхода к изучению индивидуальных особенностей 17 сортов и образцов озимой пшеницы, и показаны принципы их подбора в единую систему для стабилизации производства высококачественного зерна. Экологические подходы к оценке индивидуальных особенностей сортов дало возможность вычленить узкие моменты в реализации их адаптивного потенциала, поведения в единой системе агро-биогеоценоза, конкретизировать влияние взаимодействия «генотип-среда» на проявление отдельных признаков, знание которых позволяет сформировать последовательность технологических приемов, благоприятно влияющих на формирование генотипов высокой продуктивности. По результатам анализа выделены сорта Леонида, Гром и Немчиновская 85 в качестве перспективных для производства в Центральной России, показавшие высокую продуктивность и оказавшиеся близкими по степени отзывчивости на условия выращивания. Новый сорт озимой пшеницы Немчиновская 85, помимо этого, характеризовался высокими критериями качества зерновой продукции. Сорта Изумруд Дубовицкого и ДФ 2020 выделены высоким уровнем адаптивных свойств, которые выразились в их превосходстве в жестких условиях Поволжья и регионах с пониженным уровнем увлажнения во время налива зерна. Результаты также указали на высокую технологичность и узкие рамки экологических границ при использовании сортов Аист и Синева в производстве, которые наиболее полно реализовали свой потенциал только в системе интенсивных технологий выращивания с умеренным или же повышенным режимом увлажнения во второй половине вегетации.

Ключевые слова: адаптивное растениеводство, селекция, продуктивность, стабильность, озимая пшеница, статистические методы оценки, сорта.

S.D. Karakotov, Academician of RAS

A.I. Pryanishnikov, Corresponding member of RAS

Shchelkovo Agrokhim JSC

RF, 1411082, Moskovskaya obl., g. Shchelkovo, ul. Zavodskaya, 2, korp. 142, k. 204

V.M. Kosolapov, Academician of RAS

Federal Williams Research Centre of Forage Production and Agroecology

RF, 141055, Moskovskaya obl., g. Lobnya, Nauchnyj gorodok, korp. 1

V.I. Zotikov, Corresponding member of RAS

Federal Scientific Centre of Legumes and Groat Crops

RF, 302502, Orlovskaya obl, Orlovskij r-n, p. Streletskij, ul. Molodezhnaya, 10, korp. 1

A.V. Titarenko, Grand PhD in Agricultural sciences

Pavlovskaya Niva JSC

RF, 396420, Voronezhskaya obl. g. Pavlovsk, ul. Naberezhnaya, 3

P.V. Polushkin, PhD in Agricultural sciences

Individual Entrepreneur PFE E.P. Tsirulev

RF, 445560, Samarskaya obl., s. Privolzhye, ul. Komarova, 2

V.M. Kochetov, PhD in Agricultural sciences

Administration of Bolshoye Boldino District, Nizhny Novgorod Region

RF, 607940, Nizhnegorodskaya obl., s. Bolshoye Boldino, ul. Pushkinskaya, 2

Email: a_pryan@mail.ru

METHODOLOGICAL APPROACHES FOR WINTER WHEAT VARIETIES ESTIMATING IN THE JSC SCHELKOVO AGROKHIM ENVIRONMENTAL TEST SYSTEM

Based on multi-location tests with different edaphic and climatic conditions and process approaches to the cultivation of field crops (Oryol, Samara, Nizhny Novgorod, Voronezh), the article dwells on the algorithm of a systemic approach to studying the individual charac-

teristics of 17 varieties and samples of winter wheat, and shows the principles of their selection to form a single system for the purpose of stabilising the production of high-quality grain. Ecological approaches to the assessment of individual characteristics of different wheat varieties allowed identifying bottleneck issues related to the implementation of their adaptive potential, behaviour in the single system of agrobiogeocenosis, specifying the influence of the genotype–environment interaction on the manifestation of individual characteristics. The understanding of these issues makes it possible to develop a process sequence beneficial for the formation of genotypes with high productivity. Following the analysis, the breeds Leonida, Grom and Nemchinovskaya 85 wheat varieties were identified as promising for production in Central Russia. They showed high productivity and proved to be close in terms of sensitivity to growing conditions. In addition, a new wheat variety, Nemchinovskaya 85, demonstrated high quality of grain product. Izumrud Dubovitskogo and DF2020 varieties were distinguished by a high level of adaptive properties, expressed as their superiority in severe conditions of the Volga region and regions with a low level of soil moisture during grain filling. The study also suggests high processability and narrow limits of ecosystem boundaries when using Stork and Sineva wheat varieties in production, which most fully implemented their potential only in the system of intensive cultivation technologies with moderate to increased soil-moisture regimen in the second half of the vegetation season.

Key words: adaptive horticulture, selection, productivity, stability, winter wheat, statistical estimation, varieties.

Специфика экологических подходов при решении проблемы стабилизации производства с использованием селекционного фактора заключается в оценке особенностей адаптивного потенциала сортов и их поведения в единой системе агробиогеноза. [11] В связи с тем что спектр генов, «участвующих» в формировании продуктивных свойств, будет меняться от среды к среде, экологически подвижному признаку невозможно дать достоверную генетическую характеристику. Поэтому анализировать сорта следует как по вертикали (на определенную глубину лет), так и по горизонтали (на основе экологических испытаний). [5, 6] Именно такой системный подход, через призму ответных реакций растений на факторы воздействия со стороны среды или же технологических приемов, позволяет полнее описать природу заложенных в сорте свойств.

Важным элементом изучения становится математический аппарат, который должен подчеркнуть индивидуальность сорта в ответ на техногенные и биоклиматические факторы, а также вычленить эффект взаимодействия «генотип-среда» (genotype-environment interaction (GEI)). В проблеме повышения «стабильности системы» важен не только метод оценки, но и, прежде всего, биологическое содержание самого понятия, где на статистические подходы ложится задача вскрыть природу биологической концепции устойчивости. На современном этапе имеется широкий набор статистических методов, с их помощью возможно определить степень влияния GEI на урожайность и выделить генотипы, для которых это влияние минимально. [1, 2, 3, 9, 10] Классическим решением можно считать системный подход, реализованный через типизацию погодных условий и специфичность структуры урожая зерна. [7]

Цель работы – применяя экологические подходы к оценке индивидуальных особенностей озимой пшеницы, выделить перспективные для производства сорта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Апробация эколого-генетических подходов к оценке озимой пшеницы была реализована в системе испытаний АО «Щелково Агрохим» при изучении 17 сортов в различных эколого-географических точках России: ООО «Дубовицкое» (Орловская область), ФНЦ ЗБК (г. Орел), ИП КФХ Цирулев Е.П. (Самарская область), ПЗ «Пушкинское» (Нижегородская область), ООО «Павловская Нива» (Воро-

нежская область). Данные экологические полигоны различаются почвенными и климатическими условиями. Предприятия Орловской и Нижегородской областей, которые относятся к черноземной лесостепной зоне, характеризовались хорошим режимом увлажнения на протяжении всего периода вегетации растений. В ООО «Павловская Нива» (сухая лесостепная зона) отмечено слабое выпадение осадков в период формирования зерновки и созревания, а в ИП КФХ Цирулев Е.П. (степная черноземная зона) – устойчивая засуха с повышенным температурным режимом во второй половине вегетации.

Технология выращивания в ООО «Дубовицкое» представляла собой своеобразный полигон интенсивности, где предусматривалась полная схема защиты растений и минерального питания, включающая как макро- (NPK), так и мезо- (S, Mg) и микроэлементы (Zn, Cu, B, Mn и др.). Вся система питания была сформирована под программу получения урожайности 100 ц/га. Система питания в ФНЦ ЗБК и ООО «Павловская Нива» – двукратная подкормка озимой пшеницы ранней весной и в период выхода растений в трубку, в Б. Болдино и ИП КФХ Цирулев Е.П. применяли технологически традиционную для региона систему подкормки посевов только ранней весной.

В изучение вовлечены сорта: *Московская 39*, *Московская 40*, *Московская 56*, *Немчиновская 85*, низкорослая Линия 982 и скороспелая Линия 2340 (ФИЦ «Немчиновка»), *Синева* и *Аист* (ФНЦ ЗБК), *Леонида* (КФХ им. Левашова, Орловская обл.), *Снигурка* и *Астарт* (ООО «Павловская Нива»), *Гром* и *Безостая 100* (НЦЗ им. П.П. Лукьяненко), *Скинстр* (Полетаев), *Корочанка* (Белгородский НИИСХ), *ID 6002* и *DF 5803* (АО «Щелково Агрохим»).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средняя урожайность сортов по опытам составила более 5 т/га (табл. 1) – от 3,30 т/га на жестком засушливом фоне в ИП КФХ Цирулев Е.П. (Самарская область) до 8,31 т/га на полигоне интенсивности в ООО «Дубовицкое» (Орловская область).

С помощью кластерного анализа объединяли сорта, близкие по характеру формирования и реализации продуктивных свойств. Оценивали распределение генотипов внутри их совокупности на основе инерционности относительно центра тяжести анализируемой выборки методом ортогональной регрессии. [4, 5] Следует отметить важный момент

данного вида регрессии. Она представляет собой большую часть эллипса рассеивания, сумма квадратов расстояний от которой эмпирических точек рассеивания минимальная. За единицу измерения переменных приняты величины, нормализованные через стандартное отклонение (σ), что позволяет минимизировать «фоновый» эффект абсолютных величин и количественно характеризовать реакцию растений на факторы воздействия внешней среды.

Формализация величин в «нормализованной» системе координат «фонового (ФП)/селекционного (СП) признаков» при изучении сортов в различных экологических точках дает возможность свести результаты анализов в единую матрицу для последующего выделения образцов с более сдержанной генотипической отзывчивостью на GEI. [6,7] Поскольку большей дисперсией характеризовалась изменчивость продуктивных свойств сортов в зависимости от агроклиматических условий региона и технологии выращивания, то за фоновый признак приняли вариабельность показателя, а за селекционный – урожайность сортов (рис. 1).

Изучение разнонаправленности сдвигов продуктивных свойств сортов под влиянием генетических и средовых причин в двумерной системе координат «урожайность/вариабельность» позволило охарактеризовать количественно реакцию сортов на условия выращивания и разделить по их инерционности вокруг генеральной средней выборки на четыре группы.

Консервативные. Сорта этой группы вошли в диапазон первого доверительного интервала вокруг центра ортогональной регрессии, что характеризует средний уровень выборки по изучаемым критериям. К таким образцам была отнесена экспериментальная низкорослая *Линия 982*, которая по абсолютным величинам не уступала средним оценкам выборки

сорт как по урожайности (6,03 т/га против 6,11), так и по вариабельности ($\sigma=2,18$), приближаясь также к стандартным значениям в опыте – 2,12.

Адаптивные. Сорта, находящиеся в границах второго доверительного интервала, – *Московская 39*, *Московская 56*, *Корочанка*, скороспелая форма 2340 и *Астарт*. Уже на уровне этой группы были дифференцированы образцы с положительными сдвигами по продуктивности, но с более высокой вариабельностью – *Астарт* (6,48 т/га, $\sigma=2,23$), а сорта московской селекции и *Корочанка* – со сдержанной вариабельностью и несколько пониженным уровнем урожайности (5,86 т/га, $\sigma=1,91$).

Пластичные. Дифференцированы образцы со **слабым варьированием** урожайности – *DF 5803*, *ID 6002*, *Московская 40* (5,79 т/га, $\sigma=1,80$), что характеризует их сдержанную реакцию при формировании продуктивности на условия вегетации, в том числе и на факторы интенсификации. Данные сорта были расположены в третьей четверти ортогональной регрессии (--). В противоположность им сорта первой четверти (++) этой группы *Немчиновская 85*, *Гром*, *Леонида* и *Снигурка* характеризовались **высоким уровнем варьирования** ($\sigma=2,29$) и максимальной урожайностью (6,59 т/га). Эту группу сортов можно интерпретировать как высоко отзывчивые не только на благоприятные условия выращивания, но и на возделывание по интенсивным технологиям, о чем свидетельствуют высокие показатели урожайности на полигоне интенсивности в ООО «Дубовицкое» – более 9,0 т/га.

Инерционные. Образцы выходят за рамки трех доверительных интервалов области распределения (основной эллипс) общей выборки в системе координат «урожайность/вариабельность», к ним отнесены сорта – *Синева*, *Аист*, *Безостая 100* и *Скипетр*. Первые три сорта выделялись своей нестабильностью

Таблица 1.

Урожайность сортов озимой пшеницы в экологическом испытании АО «Щелково Агрохим» (2019)

| Образец | Урожайность, т/га | | | | | | |
|-------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | Дубовицкое | ФНЦ ЗБК | Воронеж | Болдино | Самара | Среднее | Станд. откл. |
| <i>Московская 39</i> | 7,12 | 7,30 | 7,28 | 4,00 | 3,39 | 5,82 | 1,95 |
| <i>Московская 40</i> | 6,99 | 7,23 | 6,54 | 4,37 | 2,96 | 5,62 | 1,87 |
| <i>Московская 56</i> | 7,35 | 7,97 | 5,94 | 4,08 | 3,80 | 5,83 | 1,88 |
| <i>DF 5803</i> | 7,97 | 6,55 | 6,40 | 4,87 | 3,30 | 5,82 | 1,78 |
| <i>Синева</i> | 9,25 | 8,15 | 4,61 | 4,91 | 2,72 | 5,93 | 2,69 |
| <i>Корочанка</i> | 7,34 | 8,03 | 6,59 | 4,09 | 3,93 | 6,00 | 1,88 |
| <i>ID 6002</i> | 8,37 | 5,93 | 6,64 | 4,91 | 3,78 | 5,93 | 1,74 |
| <i>Линия 982</i> | 8,82 | 6,43 | 7,08 | 4,60 | 3,22 | 6,03 | 2,18 |
| <i>Линия 2340</i> | 7,59 | 6,67 | 7,16 | 4,28 | 3,24 | 5,79 | 1,92 |
| <i>Снигурка</i> | 8,90 | 7,57 | 7,70 | 5,58 | 3,37 | 6,62 | 2,17 |
| <i>Леонида</i> | 9,44 | 8,02 | 6,90 | 5,41 | 3,39 | 6,63 | 2,34 |
| <i>Немчиновская 85</i> | 9,45 | 7,70 | 6,68 | 5,44 | 3,19 | 6,49 | 2,36 |
| <i>Безостая 100</i> | 8,04 | 5,90 | 7,85 | 4,50 | 2,49 | 5,76 | 2,34 |
| <i>Аист</i> | 8,90 | 8,07 | 5,21 | 5,44 | 2,50 | 6,02 | 2,54 |
| <i>Гром</i> | 9,31 | 6,87 | 8,20 | 4,99 | 3,65 | 6,60 | 2,31 |
| <i>Астарт</i> | 8,64 | 8,20 | 6,88 | 5,53 | 3,13 | 6,48 | 2,23 |
| <i>Скипетр</i> | 7,77 | 7,50 | 7,96 | 4,92 | 4,09 | 6,45 | 1,81 |
| Среднее | 8,31 | 7,30 | 6,80 | 4,82 | 3,30 | 6,11 | 2,12 |
| НСР₀₅ | 0,87 | 0,82 | 0,96 | 0,55 | 0,47 | | |

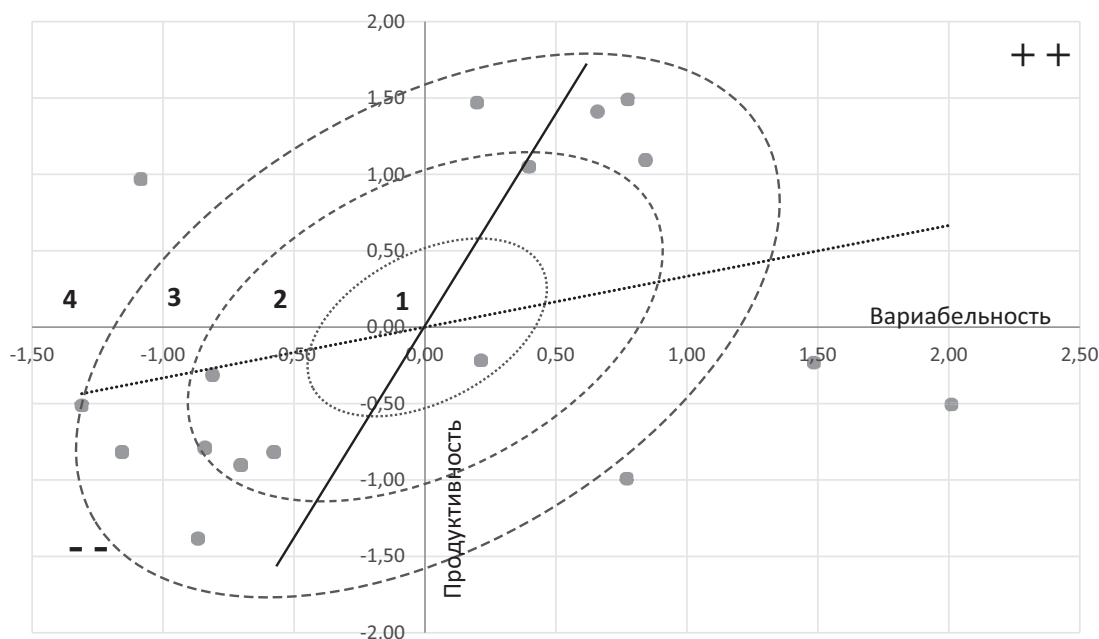


Рис. 1. Ортогональная регрессия продуктивности сортов озимой пшеницы и ее вариабельности в экологическом испытании АО «Щелково Агротим»: 1 – консервативные, 2 – адаптивные, 3 – пластичные, 4 – инерционные.

при реализации продуктивных свойств, *Скипетр*, наоборот, показал высокую стабильность ($\sigma=1,81$).

Следует подчеркнуть, что первые три группы сортов предопределили основной тренд в системе координат «урожай/вариабельность», указывающий на прямую зависимость критериев оценки. Об этом свидетельствует высокая теснота взаимосвязи – $r=0,87$ и соответствующее их графическое расположение в 1-й (++) и 3-й (--) четвертях ортогональной регрессии. Сорта последней группы, вследствие их малочисленности, за счет инерционного момента (2-я и 4-я четверть) повлияли на величину данной зависимости, снизив корреляцию до $r=0,43$, и на группировку образцов по характеру проявления продуктивных свойств. С помощью кластерного анализа сгруппировали образцы, близкие по своей реакции на условия выращивания. [6, 7] Изучение позволило выделить несколько групп сортов, отличающихся уровнем урожайности и особенностями их проявления в экологических точках испытания, влияющих на степень вариабельности (рис. 2).

Первая группа. *Немчиновская 85*, *Леонида*, *Снигурка* и *Астарт* – высокоурожайные сорта, которые характеризовались высокой отзывчивостью на условия выращивания. Средняя урожайность названных сортов в системе испытаний АО «Щелково Агротим» составила 6,56 т/га, величина стандартного отклонения – $\sigma=2,28$ (табл. 2).

Вторая группа. Сорта *Московская 39*, *Московская 40*, *Московская 56*, *Корочанка* и скороспелая форма Л 2340 в противоположность первой группе отличались высокой адаптированностью ($\sigma=1,90$) при сравнительно низкой продуктивности (в среднем 5,81 т/га).

Следующие кластеры по особенностям реализации продуктивных свойств занимали промежуточное положение среди отмеченных выше групп.

Третья группа. *Гром*, *Скипетр*, низкорослые формы 982, DF 5803, ID 6002 составили отдель-

ную группу адаптированных сортов с высокими показателями продуктивности (6,17 т/га), что характеризовало их адекватную отзывчивость на условия выращивания в общем тренде изменчивости ($\sigma=1,96$).

Четвертая группа. Позднеспелые сорта *Синева* и *Аист* характеризовались высокими продуктивными свойствами в благоприятных для вегетации условиях Орловской области, однако резко снижали данные показатели в более жестких условиях, что отразилось и на величине коэффициента вариации – 43,8 % ($\sigma=2,62$), максимальном среди выборки анализируемых сортов.

Результаты группировки сортов кластерным анализом большей частью подтвердили выводы, полученные методом ортогональной регрессии. Исключением стали сорта – *Безостая 100*, который не смог сформировать вокруг себя самостоятельную кластерную группу, и *Скипетр*, вошедший в одну подгруппу с сортом *Гром* и селекционными образцами группы ID 6002. Экспериментальная линия Л 982 по выявленным тенденциям изменчивости продуктивных свойств в системе экологических испытаний вошла в группу ID 6002.

Таким образом, анализируя урожайность, можно сделать вывод о перспективности использования сортов первой группы в условиях Центральной Рос-

Таблица 2. Характеристика кластерных групп сортов по урожайности в экологическом испытании АО «Щелково Агротим» (2019)

| Кластер | Число сортов | Урожайность, т/га | Стандартное отклонение, σ | Коэффициент вариации, % |
|------------------------|--------------|-------------------|----------------------------------|-------------------------|
| <i>Немчиновская 85</i> | 4 | 6,56 | 2,28 | 34,72 |
| ID 6002 | 5 | 6,17 | 1,96 | 31,82 |
| <i>Московская 39</i> | 5 | 5,81 | 1,90 | 32,70 |
| <i>Синева</i> | 2 | 5,98 | 2,62 | 43,84 |

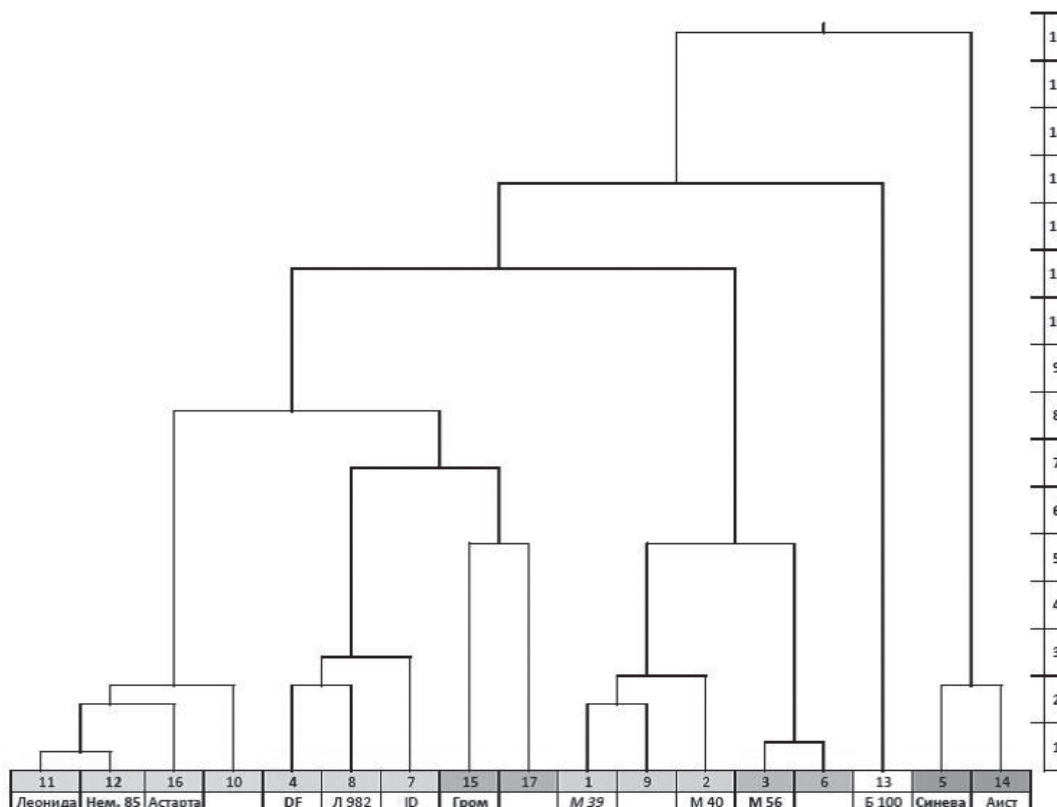


Рис. 2. Дендрограф кластерного анализа урожайности сортов озимой пшеницы в различных точках России. 1 – *Московская 39*, 2 – *Московская 40*, 3 – *Московская 56*, 4 – *DF5803*, 5 – *Синева*, 6 – *Корочанка*, 7 – *ID 6002*, 8 – *Л 982*, 9 – *Л 2340*, 10 – *Снигурка*, 11 – *Леонида*, 12 – *Немчиновская 85*, 13 – *Безостая 100*, 14 – *Аист*, 15 – *Гром*, 16 – *Астарт*, 17 – *Скипетр*.

сии для возделывания по интенсивным технологиям, чему способствует их адекватная реакция на факторы интенсификации (табл. 3). Сорта группы ID 6002, проявляя высокие адаптивные свойства, лучше реализовали свой потенциал продуктивности в жестких условиях выращивания Поволжья и в регионах с пониженным уровнем увлажнения во время налива зерна (Павловск). Сорта этой группы характеризовались повышенным уровнем отзывчивости на факторы интенсификации в условиях Орловской области (26,9 % против 15,7 % у сортов первой группы). Результаты выявили высокую технологичность и узкие экологические границы при использовании в производстве сортов *Аист* и *Синева*, которые наиболее полно реализовали свой потенциал при интенсивном выращивании в условиях хорошего увлажнения. Средняя урожайность этих сортов 8,60 т/га, что на 0,11 т/га выше сортов первой группы.

С целью расширения рамок информативности оценки при характеристике сортов провели аналогичный анализ в системе координат, где за фоновый признак приняли урожайность, а за селекционный – содержание белка. Изучение показало наличие устойчивой отрицательной зависимости с вариацией между анализируемыми признаками – от $r = -0,39$ (ООО «Павловская Нива», Воронежская область) до $r = -0,58$ (ООО «Дубовицкое», Орловская область). Результаты ортогональной регрессии оценки в ООО «Дубовицкое» отражены на рис. 3. В данном соотношении продуктивных свойств и содержания белка в зерне изучаемой выборки сортов

(в рамках первого доверительного интервала) выделен типичный образец – ID 6002.

Сорта по степени «инерционности» в системе «урожайность/белок» были сгруппированы как типичные, стабильные, вариабельные и инерционные. Выявлены сорта, определяющие главный тренд изменчивости данного соотношения, а также высокобелковые – *Московская 39*, *Московская 40*, *Московская 56*, *Корочанка* и *Скипетр*, характеризующиеся относительно низким уровнем продуктивности, *Леонида*, *Синева*, *Аист*, *Астарт* и линия Л 982, реализующие отмеченный уровень соотношения с повышением урожайности. Среди отмеченных групп выделены сорта с наиболее высокими положительными сдвигами по белку в зерне при повышенной продуктивности и относящиеся к 1-й четверти ортогональной регрессии (++) – *Немчиновская 85*, *Гром* и *Снигурка*.

В ООО «Дубовицкое» у сортов получены величины, характеризующие инерционный эффект показателей в системе координат «урожайность/со-

Таблица 3. Урожайность групп сортов в различных регионах испытания

| Кластерная группа | Урожайность, т/га | | | | |
|------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Дубовицкое | ФНЦ ЗБК | Воронеж | Болдино | Самара |
| <i>Немчиновской 85</i> | 9,11 | 7,87 | 7,04 | 5,49 | 3,27 |
| <i>Московской 39</i> | 7,28 | 7,44 | 6,70 | 4,16 | 3,46 |
| <i>ID 6002</i> | 8,45 | 6,66 | 7,26 | 4,86 | 3,61 |
| <i>Синева</i> | 9,08 | 8,11 | 4,91 | 5,18 | 2,61 |

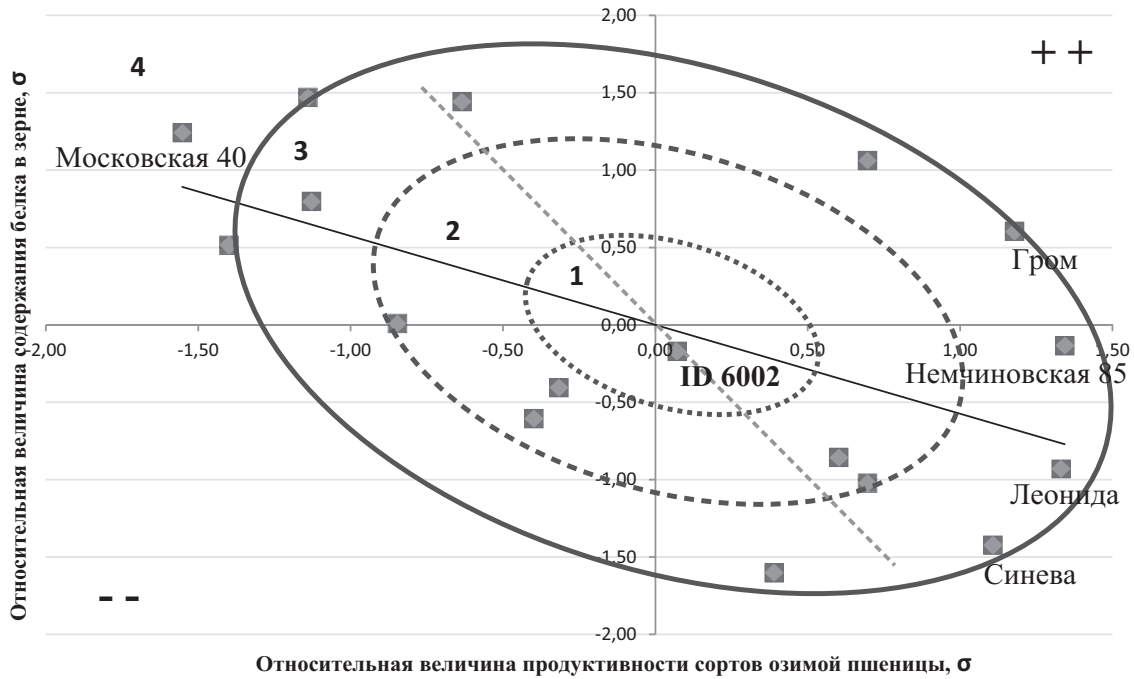


Рис. 3. Ортогональная регрессия параметров продуктивности и содержания белка в зерне у сортов озимой пшеницы на полигоне интенсивности ООО «Дубовицкое» 2019 г.: 1 – типичные, 2 – стабильные, 3 – переменные, 4 – инерционные.

держанию белка». Их обобщение в единой системе экологических испытаний позволило сформировать наиболее полную картину индивидуальных особенностей нового сорта в его реакции на эффекты взаимодействия «генотип-среда» (рис. 4).

С помощью системного анализа в качестве перспективных для использования в производстве Центральной России как высокопродуктивных и близких по степени изменчивости данных свойств от условий выращивания определены сорта *Леонида*, *Немчиновская 85* и *Гром*. При сопоставлении «инерционности» данных сортов в системе координат «урожайность/содержание белка в зерне» выявлены их различия в ре-

акции хозяйственного комплекса (рис. 4). Так, сорт *Немчиновская 85* помимо пластичности, которую он проявлял при реализации продуктивных свойств, характеризовался высоким инерционным моментом по качеству зерновой продукции (1,15). По степени изменчивости данного параметра он также выделялся среди отмеченных сортов ($\sigma=1,33$), что указывает на высокую степень его отзывчивости на условия выращивания. Сорт *Леонида* в противоположность *Немчиновской 85* характеризовался консервативностью ($\sigma=0,16$) в проявлении самого низкого показателя содержания белка в зерне (-1,07), *Гром* в данной системе координат занимал промежуточное положение.

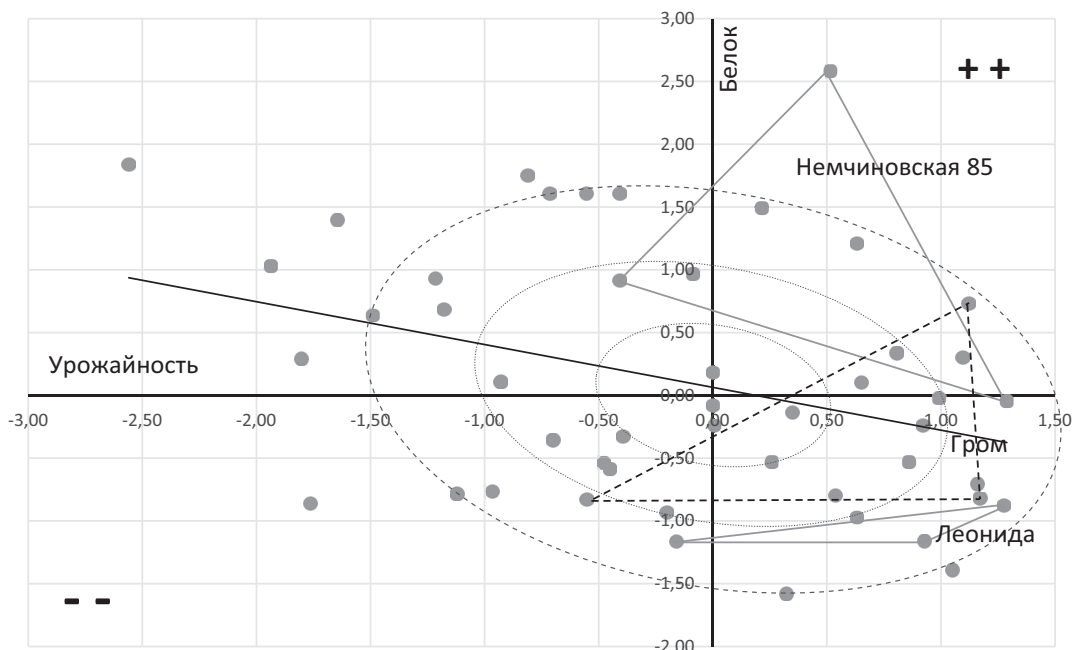


Рис. 4. Инерционность хозяйственного комплекса сортов озимой пшеницы в экологическом испытании АО «Щелково Агрохим» в 2019 г.

Таким образом, в результате эколого-географических подходов АО «Щелково Агрохим» при изучении особенностей сортов озимой пшеницы систематизирована их оценка при выделении перспективных генотипов для адаптивного растениеводства, конкретизировано влияние «генотип-средовых» взаимодействий отдельных признаков, знание которых дает возможность сформировать последовательность технологических приемов для реализации генотипов высокого потенциала. Выделены сорта *Леонида*, *Гром* и *Немчиновская 85* в качестве перспективных для производства в Центральной России, показавшие высокую продуктивность и близкие по степени отзывчивости на условия выращивания. Новый сорт озимой пшеницы *Немчиновская 85*, помимо этого, характеризовался высокими критериями качества зерновой продукции, у сортов группы ID 6002 и DF 5803 отмечен высокий уровень адаптивных свойств, которые отразились на их превосходстве в условиях Поволжья и регионах с пониженным уровнем увлажнения во время налива зерна. По результатам испытаний данные образцы озимой пшеницы в 2020 году переданы на ГСИ РФ под названиями *Изумруд Дубовицкого* и *ДФ 2020* (дата приоритета 06.08.2020). Результаты свидетельствуют о высокой технологичности и узких экологических границах использования сортов *Аист* и *Синева* в производстве, которые наиболее полно реализовали свой потенциал в системе интенсивных технологий выращивания при умеренных и повышенных режимах увлажнения второй половины их вегетации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Генетические основы селекции растений. Т. 1. Общая генетика растений / науч. ред. А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск: Белорусская наука, 2008. – 551 с.
2. Генетические основы селекции растений. Т. 2. Частная генетика растений / науч. ред. А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск: Беларуская наука, 2010. – 579 с.
3. Драгавцев, В.А. К проблеме генетического анализа полигенных количественных признаков растений. / В.А. Драгавцев // СПб.: ВИР, 2003. – 18 с.
4. Крамер, Г. Математические методы статистики. / Г. Крамер – М.: «Мир», 1975. – 648 с.
5. Оценка сортов зерновых культур по адаптивности и другим полигенным системам (под ред. Драгавцева В.А.). – СПб.: ВИР, 2002. – 80 с.
6. Прянишников, А.И. Адаптивная селекция: теория и практика отбора на продуктивность / А.И. Прянишников, Савченко И.В., Мазуров В.Н. // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. – № 3 – С. 29–32.
7. Прянишников, А.И. Научные основы адаптивной селекции в Поволжье. / А.И. Прянишников // – М.: РАН, 2018. – 96 с.
8. Прянишников, А.И. Алгоритмы селекционных программ на адаптивность. / А.И. Прянишников, И.В. Савченко // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. – № 4 (24). – С. 54–61.
9. Смиряев, А.В. Биометрия в генетике и селекции растений. / А.В. Смиряев, С.П. Мартынов, А.В. Кильчевский. – М.: Изд-во МСХА, 1992. – 269 с.
10. Солонечный, П. Н. Оценка стабильности генотипов ячменя ярового с помощью АММИ анализа. / П.Н. Солонечный // Экология, ресурсосбережение и адаптивная селекция (130-летию со дня рождения Р.Э. Давида). – Саратов, 2017. – С. 64–67.
11. Сюков, В.В. Экологическая селекция растений: типы и практика (обзор). / В.В. Сюков, А.И. Менибаев / Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17. – № 4 (3). – С. 463–466.

LIST OF SOURCES

1. Geneticheskie osnovy selekcii rastenij. T. 1. Obshchaya genetika rastenij / nauch. red. A.V. Kil'chevskij, L.V. Hotyleva. – Minsk: Belorusskaya navuka, 2008. – 551 s.
2. Geneticheskie osnovy selekcii rastenij. T. 2. Chastnaya genetika rastenij / nauch. red. A.V. Kil'chevskij, L.V. Hotyleva. – Minsk: Belaruskaya navuka, 2010. – 579 s.
3. Dragavcev, V.A. K probleme geneticheskogo analiza poligennykh kolichestvennykh priznakov rastenij. / V.A. Dragavcev // SPb.: VIR, 2003. – 18 s.
4. Kramer, G. Matematicheskie metody statistiki. / G. Kramer // – M.: «Mir», 1975. – 648 s.
5. Ocenka sortov zernovykh kul'tur po adaptivnosti i drugim poligennym sistemam (pod red. Dragavceva V.A.). – SPb.: VIR, 2002. – 80 s.
6. Pryanishnikov, A.I. Adaptivnaya selekciya: teoriya i praktika otbora na produktivnost' / A.I. Pryanishnikov, Savchenko I.V., Mazurov V.N. // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. – 2018 – № 3 – S. 29–32.
7. Pryanishnikov, A.I. Nauchnye osnovy adaptivnoj selekcii v Povolzh'e. / A.I. Pryanishnikov // – M.: RAN, 2018. – 96 s.
8. Pryanishnikov, A.I. Algoritmy selekcionnykh programm na adaptivnost'. / A.I. Pryanishnikov, I.V. Savchenko // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2017. № 4 (24). – S. 54–61.
9. Smiryaev, A.V. Biometriya v genetike i selekcii rastenij. / A.V. Smiryaev, S.P. Martynov, A.V. Kil'chevskij – M.: Izd-vo MSKHA, 1992. – 269 s.
10. Solonechnyj, P.N. Ocenka stabil'nosti genotipov yachmenya yarovogo s pomoshch'yu AMMI analiza. / P.N. Solonechnyj // Ekologiya, resursosberezhenie i adaptivnaya selekciya (130-letiyu so dnya rozhdeniya R.E. Davida). – Saratov, 2017. – S. 64–67.
11. Syukov, V.V. Ekologicheskaya selekciya rastenij: tipy i praktika (obzor). / V.V. Syukov, A.I. Menibaev / Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – 2015. – T. 17. – № 4 (3). – S. 463–466.