

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

И. Р. МАНУКЯН, кандидат биологических наук, доцент,  
 М. А. БАСИЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук,  
 Е. С. МИРОШНИКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,  
 В. Б. АБИЕВ, младший научный сотрудник,  
 Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Владикавказского научного центра РАН

(363110, Республика Северная Осетия-Алания, Пригородный район, с. Михайловское, ул. Вильямса, д. 1; тел.: 8 928 487-61-55)

**Ключевые слова:** продуктивность, сорт, озимая пшеница, экологическая пластичность, адаптивность, селекционные индексы.

В современных экономических условиях важным резервом повышения урожайности и улучшения качества зерна является подбор адаптированных к условиям среды сортов с использованием новых, более совершенных методов оценки экологической пластичности. Приводятся результаты изучения 11 сортов образцов озимой мягкой пшеницы в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа. Проведена комплексная оценка параметров экологической пластичности и адаптивности с использованием различных методов. Урожайность в среднем по годам (2016–2018 гг.) варьировала от 0,66 до 1,05 кг/м<sup>2</sup>. По результатам дисперсионного анализа преобладающий вклад в общую изменчивость продуктивности принадлежал генотипам изучаемых образцов (фактор «сорт»), их доля составила 50 %. Доля изменчивости, вызванная влиянием условий среды (фактор «год»), составила 26,5 %. Для выявления адаптивных генотипов по продуктивности проведены регрессионный и корреляционный анализы, а также рассчитаны различные селекционные индексы. К интенсивному типу относятся сорта образцы «Альянс» ( $b_i = 1,46$ ,  $S^2_i = 0,14$ ), «Лазурная» ( $b_i = 1,91$ ,  $S^2_i = 0,24$ ), «Ареал» ( $b_i = 1,61$ ,  $S^2_i = 0,14$ ), «Антонина» ( $b_i = 1,46$ ,  $S^2_i = 0,15$ ), «Лист 25» ( $b_i = 2,49$ ,  $S^2_i = 0,2$ ). Менее пластичным и стабильным генотипом характеризуются «Гордовита» ( $b_i = 0,46$ ,  $S^2_i = 0,03$ ), «Мальвина» ( $b_i = 0,41$ ,  $S^2_i = 0,01$ ), «Кума» ( $b_i = 0,67$ ,  $S^2_i = 0,03$ ), «Дон 107» ( $b_i = 0,34$ ,  $S^2_i = 0,01$ ), «Зира» ( $b_i = 0,41$ ,  $S^2_i = 0,002$ ). Высокой продуктивностью обладают следующие сорта и сорта образцы: «Ареал» (1,05 кг/м<sup>2</sup>), «Мальвина» (0,87 кг/м<sup>2</sup>), «Антонина» (0,85 кг/м<sup>2</sup>), «Зира» (0,78 кг/м<sup>2</sup>), «Дон 107» (0,76 кг/м<sup>2</sup>). Наиболее тесную корреляционную связь с продуктивностью показали индекс стабильности ИС ( $r = 0,93$ ), новый индекс продуктивности растений ИПР, рассчитанный нами ( $r = 0,75$ ), коэффициент адаптивности  $Y_i$  ( $r = 0,73$ ) и показатель селекционной ценности  $S_c$  ( $r = 0,71$ ).

## ASSESSMENT OF ECOLOGICAL PLASTICITY OF WINTER WHEAT VARIETIES IN THE CONDITIONS OF A FOOTHILL ZONE OF THE CENTRAL CAUCASUS

I. R. MANUKYAN, candidate of biological sciences, associate professor,  
 M. A. BASIEVA, candidate of agricultural sciences,  
 E. S. MIROSHNIKOVA, candidate of agricultural sciences,  
 V. B. ABIYEV, junior researcher,  
 North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – the Affiliate of Vladikavkaz Scientific Centre of RAS

(1 Williams Str., 363110, Republic Of North Ossetia-Alania, Prigorodny district, Mikhailovskoye village, phone: 8 928 487-61-55)

**Keywords:** productivity, variety, winter wheat, ecological plasticity, adaptability, breeding indices.

In modern economic conditions, an important reserve for increasing the yield and improving the quality of grain is the selection of varieties adapted to environmental conditions using new, more advanced methods for assessing environmental plasticity. The results of the study of 11 varieties of winter soft wheat in the foothill zone of the Central Caucasus are presented. A comprehensive assessment of the parameters of environmental plasticity and adaptability using various methods. The average annual yield (2016–2018) varied from 0.66 to 1.05 kg/m<sup>2</sup>. According to the results of analysis of variance, the predominant contribution to the overall variability of productivity belonged to the genotypes of the studied samples (factor «grade»), their share was 50 %. The share of variability caused by the influence of environmental conditions (the «year» factor) was 26.5 %. To identify adaptive genotypes by productivity, regression and correlation analyzes were performed, and various breeding indices were calculated. The intensive type includes: „Alyans“ ( $b_i = 1.46$ ,  $S^2_i = 0.14$ ), „Lazurnaya“ ( $b_i = 1.91$ ,  $S^2_i = 0.24$ ), „Areal“ ( $b_i = 1.61$ ,  $S^2_i = 0.14$ ), „Antonina“ ( $b_i = 1.46$ ,  $S^2_i = 0.15$ ), „List 25“ ( $b_i = 2.49$ ,  $S^2_i = 0.2$ ). Less plastic and stable genotypes are characterized by: „Gordovita“ ( $b_i = 0.46$ ,  $S^2_i = 0.03$ ), „Malvina“ ( $b_i = 0.41$ ,  $S^2_i = 0.01$ ), „Kuma“ ( $b_i = 0.67$ ,  $S^2_i = 0, 03$ ), „Don 107“ ( $b_i = 0.34$ ,  $S^2_i = 0.01$ ), „Zira“ ( $b_i = 0.41$ ,  $S^2_i = 0.002$ ). The following varieties are highly productive: „Areal“, „Malvina“, „Antonina“, „Zira“, „Don 107“ (1.05 kg/m<sup>2</sup>, 0.87 kg/m<sup>2</sup>, 0.85 kg/m<sup>2</sup>, 0.78 kg/m<sup>2</sup>, kg/m<sup>2</sup>, respectively). The closest correlation with productivity was shown: the stability index IS ( $r = 0.93$ ), the new plant productivity index PPI calculated by us ( $r = 0.75$ ), the adaptability coefficient  $Y_i$  ( $r = 0.73$ ) and the breeding value index  $S_c$  ( $r = 0.71$ ).

Положительная рецензия представлена С. А. Бекузаровой, доктором сельскохозяйственных наук, профессором кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства Горского государственного аграрного университета, заслуженным изобретателем Российской Федерации.

### Введение

Взаимодействие «генотип – среда» – одно из главных направлений в современных генетико-селекционных исследованиях. Характер взаимодействия описывается рядом параметров, таких как пластичность, стабильность, гомеостаз, устойчивость. Они отражают динамику реакции генотипа на изменения условий среды или, другими словами, широту модификационной изменчивости в пределах нормы реакции генотипа [5].

Ценность адаптивных сортов зависит не только от абсолютных значений урожайности, но и в значительной степени от экологической пластичности, т. е. способности в широком диапазоне почвенно-климатических условий формировать продуктивность, близкую к потенциальной, обладать устойчивостью к болезням и повреждениям вредителями, способностью быстро реагировать на улучшение условий выращивания [6; 10]. Для комплексной оценки на адаптивность (ряда приспособительных свойств организма) и отбора ценного исходного селекционного материала используют набор методик, позволяющих установить достоверность наблюдаемых различий и получить необходимую информацию о потенциальной продуктивности и экологической пластичности растений [1]. Следует учитывать, что оценка параметров устойчивости отчасти относительна, т. к. зависит от набора анализируемых сортов и может иметь иное абсолютное значение при сравнении с другими сортообразцами. Для идентификации механизмов пластичности и стабильности новых генотипов необходимо ориентироваться на известные сорта, обладающие разными типами устойчивости и пластичности, чаще всего это хорошо зарекомендовавшие себя районированные сорта [7].

### Цель и методика исследований

Целью исследования являлась комплексная оценка селекционного материала озимой пшеницы на продуктивность и экологическую пластичность в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа с использованием методов, максимально точно характеризующих адаптивные свойства селекционного материала. Исследования проводились в 2016–2018 гг. в лаборатории селекции и семеноводства зерновых культур СКНИИГПСХ ВНИЦ РАН. Материалом для исследований послужили 3 районированных сорта озимой пшеницы и 8 сортообразцов из коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова.

Почва опытного участка представлена средне-мощным тяжелосуглинистым выщелоченным черноземом, подстилаемым галечником.

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались по температурному режиму и влагообеспеченности, что позволило оценить адаптивные свойства сортов озимой пшеницы.

Климатические условия 2016 года (ГТК 1,5) характеризовались как благоприятные для зерновых культур.

Климатические условия 2017 года (ГТК 1,62) с периода весенней вегетации были более жаркие и влажные, чем обычно, что способствовало развитию заболеваний, в том числе фузариоза колоса и септориоза.

В 2018 году (ГТК 1,73) влагообеспеченность посевов в начале марта – апреле была ниже обычной, запасы продуктивной влаги в почве составляли 20–27 мм в пахотном слое, что недостаточно для растений в период закладки колоса. В мае количество осадков превысило норму на 135 %. Посевы были хорошо обеспечены теплом и влагой.

Для оценки адаптивных свойств, параметров стабильности и экологической пластичности использовали метод S. A. Eberhart, W. A. Russell в изложении В. З. Пакудина, Л. М. Лопатиной [11], рассчитывали коэффициент линейной регрессии ( $b_i$ ), или коэффициент пластичности; дисперсию ( $S^2_i$ ), или вариансу стабильности. Под экологической пластичностью подразумевается средняя реакция сорта на изменения условий среды, а под стабильностью – отклонение эмпирических данных в каждом условии среды от этой средней реакции. Устойчивость сортов к стрессу ( $Y_{min} - Y_{max}$ ) и генетическую гибкость ( $(Y_{max} + Y_{min})/2$ ) определяли по А. А. Росселле, Ж. Немблин в изложении А. А. Гончаренко [3]. При оценке генотип-средового взаимодействия по количественным показателям продуктивности использовались селекционные индексы, заимствованные из литературных источников [2]: мексиканский индекс ( $M_x$ ) – масса зерна с колоса, г / высота растения, см; индекс линейной плотности колоса (ЛПК) – число зерен в колосе / длина колоса; канадский индекс ( $K_i$ ) – масса зерна с колоса / длина колоса; а также новый индекс продуктивности растений (ИПР), представляющий собой отношение произведения числа зерен колоса на вес зерна с колоса к длине колоса [9]. Гомеостатичность ( $H_{om}$ ) и селекционную ценность ( $S_c$ ) рассчитывали по В. В. Хангильдину и Н. А. Литвиненко, адаптивную способность ( $Y_i$ ) вычисляли по методике Л. А. Животкова с соавторами, ИС (индекс стабильности) – по Р. А. Удачину, А. П. Головченко [12].

Для определения характера корреляционных связей использовали градацию В. Ф. Дорофеева, А. Ф. Мельникова: связь слабая –  $r$  до 0,30; умеренная –  $r = 0,31-0,50$ ; значительная –  $r = 0,51-0,70$ ; сильная –  $r = 0,71-0,90$ ; очень сильная, близкая к функциональной –  $r$  более 0,90 [8].

Математическую обработку экспериментальных данных проводили по Б. А. Доспехову [4]. Полевые опыты, фенологические наблюдения, учеты и измерения растений проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания.

**Результаты исследований**

Для корректного проведения расчетов параметров адаптивности по признаку урожайности дана количественная оценка взаимодействию «генотип – среда» с помощью дисперсионного анализа.

Результаты дисперсионного анализа подтвердили достоверное влияние условий среды и взаимодействия «генотип – среда» на урожайность изучаемой группы сортов ( $F_{факт} > F_{теор}$ ) (табл. 1).

Преобладающий вклад в общую изменчивость продуктивности принадлежит генотипам изучаемых

сортов (фактор «сорт»), их доля составила 50 %. Доля изменчивости, вызванная влиянием условий среды (фактор «год»), составила 26,5 %. Доля других факторов составила 23,5 %.

Для выявления реакции на изменения условий выращивания рассчитаны коэффициенты регрессии ( $b_i$ ), характеризующие среднюю реакцию сортов на изменение условий среды и показывающие их пластичность, а также показатели стрессоустойчивости, генетической гибкости сорта, гомеостатичности и варианты стабильности сортов (табл. 2).

Таблица 1  
Результаты дисперсионного анализа по параметрам урожайности сортов  
Table 1

*Results of the dispersion analysis on the yield parameters of varieties*

| Вид дисперсии<br><i>Type of variance</i>     | Сумма квадратов отклонений<br><i>Sum of squared deviations</i> | Число степеней свободы<br><i>Number of degrees of freedom</i> | Средний квадрат (дисперсия)<br><i>Mean square (variance)</i> | Доля вклада факторов, %<br><i>Factor contribution share, %</i> | Отношение дисперсий<br><i>Ratio of variances (F)</i> |                                      |
|--|--|---|--|--|--|--------------------------------------|
|  |  |   |  |  | Фактическое<br><i>Actual</i>                         | Табличное<br><i>Table (P = 0,95)</i> |
| Общее<br><i>General</i>                      | 0,68   | 32  | 0,021  | –  |  |                                      |
| Фактор «год» А<br><i>Factor «year» A</i>     | 0,18   | 2   | 0,9  | 26,5   | 112,5  | 5,9                                  |
| Фактор «сорт» В<br><i>Factor «variety» B</i> | 0,34   | 10  | 0,034  | 50,0   | 42,5   | 2,4                                  |
| Остаточное<br><i>Residual</i>                | 0,16   | 20  | 0,008  | 23,5   |  |                                      |

Таблица 2  
Средняя урожайность и параметры адаптивности сортов озимой пшеницы за 2016–2018 гг.  
Table 2

*Average yield and adaptability parameters of winter wheat varieties for 2016–2018*

| Сорт<br><i>Variety</i>                              | Урожайность, кг/м <sup>2</sup><br><i>Yield, kg/m<sup>2</sup></i> |       |      | Среднее,<br><i>Average Xi</i> | Показатели адаптивности<br><i>The indicators of adaptability</i> |             |                 |       |         |
|---|--|-------|------|-------------------------------|--|-------------|-----------------|-------|---------|
|   | 2016   | 2017  | 2018 |                               | Hom  | Ymin – Ymax | (Ymax + Ymin)/2 | $b_i$ | $S^2_i$ |
| Альянс<br><i>Alyans</i>                             | 0,63   | 0,54  | 0,8  | 0,66                          | 4,0  | –0,26       | 0,67            | 1,46  | 0,14    |
| Злука<br><i>Zluka</i>                               | 0,6  | 0,73  | 0,64 | 0,66                          | 8,7  | –0,13       | 0,66            | 0,3   | 0,01    |
| Гордовита<br><i>Gordovita</i>                       | 0,67   | 0,74  | 0,78 | 0,73                          | 13,3   | –0,04       | 0,72            | 0,46  | 0,03    |
| Лазурная<br><i>Lazurnaya</i>                        | 0,65   | 0,6   | 0,91 | 0,72                          | 4,0  | –0,31       | 0,75            | 1,91  | 0,24    |
| Ареал<br><i>Areal</i>                               | 1,0  | 0,94  | 1,21 | 1,05                          | 9,8  | –0,27       | 1,1             | 1,61  | 0,14    |
| Мальвина<br><i>Malvina</i>                          | 0,87   | 0,83  | 0,91 | 0,87                          | 2,3  | –0,08       | 0,87            | 0,41  | 0,01    |
| Антонина<br><i>Antonina</i>                         | 0,83   | 0,74  | 1,0  | 0,86                          | 7,2  | –0,26       | 0,87            | 1,46  | 0,15    |
| Кума<br><i>Kuma</i>                                 | 0,72   | 0,7   | 0,81 | 0,74                          | 13,7   | –0,11       | 0,75            | 0,67  | 0,03    |
| Лист 25<br><i>List 25</i>                           | 0,6  | 0,64  | 1,0  | 0,75                          | 3,42   | –0,4        | 0,80            | 2,49  | 0,2     |
| Дон 107 ст.<br><i>Don 107 st.</i>                   | 0,76   | 0,74  | 0,8  | 0,77                          | 2,63   | –0,06       | 0,77            | 0,34  | 0,01    |
| Зира<br><i>Zira</i>                                 | 0,77   | 0,75  | 0,82 | 0,78                          | 20,3   | –0,07       | 0,78            | 0,41  | 0,002   |
| Среднее $X_j$<br><i>Average</i>                     | 0,74   | 0,72  | 0,88 | 0,78                          | Fф > Fт  |             |                 |       |         |
| Индекс условий $l_j$<br><i>Condition index, l_j</i> | –0,04  | –0,06 | 0,10 |                               |  |             |                 |       |         |

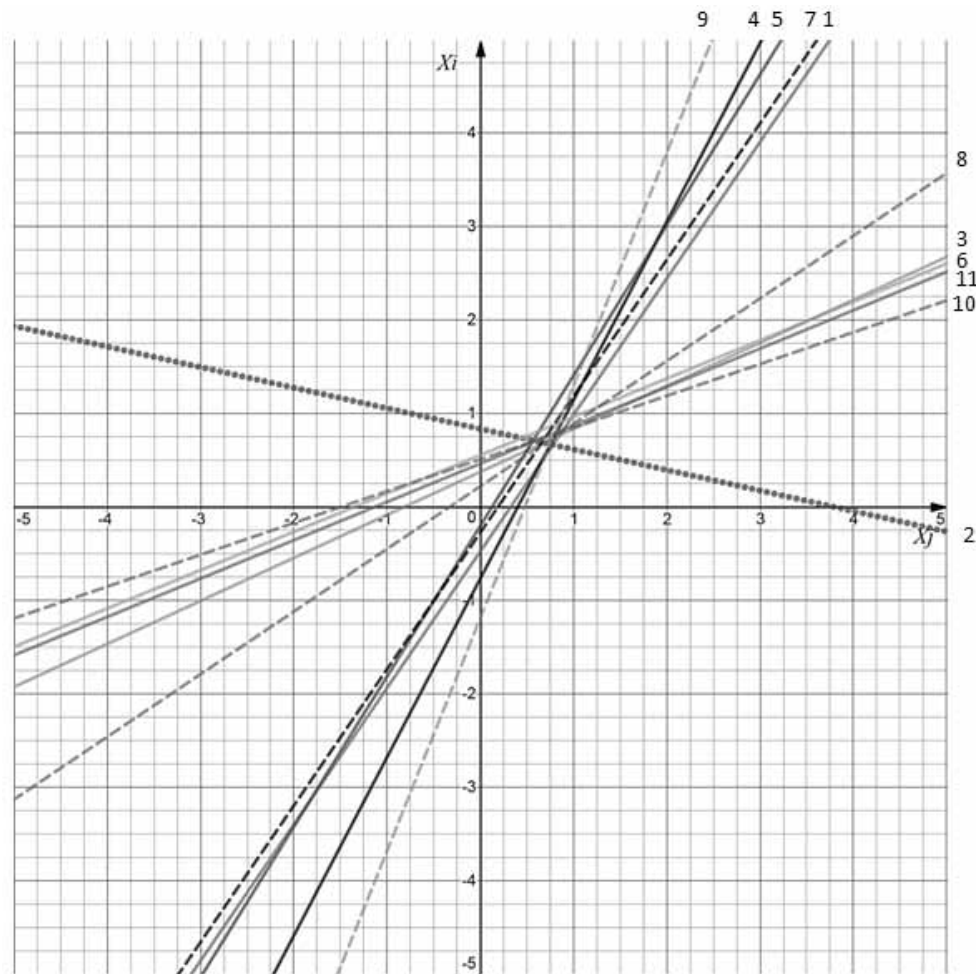


Рис. 1. Линии регрессии по признаку урожайности ( $X_i$ ) для сортов озимой пшеницы на индексы среды ( $X_j$ ): 1 – «Альянс»; 2 – «Злука»; 3 – «Гордовита»; 4 – «Лазурная»; 5 – «Ареал»; 6 – «Мальвина»; 7 – «Антонина»; 8 – «Кума»; 9 – «Лист 25»; 10 – «Дон 107»; 11 – «Зира»  
 Fig. 1. The regression line on the basis of yield of ( $X_i$ ) for varieties of winter wheat index of the medium ( $X_j$ ) 1 – „Alyans“, 2 – „Zluka“, 3 – „Gordovita“, 4 – „Lazurnaya“, 5 – „Areal“, 6 – „Malvina“, 7 – „Antonina“, 8 – „Kuma“, 9 – „List 25“, 10 – „Don 107“, 11 – „Zira“

Для характеристики условий выращивания рассчитаны индексы условий среды ( $I_j$ ). Индексы условий среды могут принимать положительные и отрицательные значения. Лучшие условия для роста и развития генотипов складываются при положительном значении индекса среды, худшие – при отрицательном. Лучшие условия для формирования продуктивности сложились в 2018 году ( $I_j = 0,1$ ), менее благоприятные условия среды сложились в 2016–2017 гг. ( $I_j = -0,04$  и  $-0,06$ ) (табл. 2).

Устойчивость к стрессу сортов и линий – важный показатель адаптивности и экологической пластичности, который определяется по разности между минимальной и максимальной урожайностью. Наибольшая стрессоустойчивость ( $Y_{\min} - Y_{\max}$ ) была отмечена у сортов «Гордовита» ( $-0,04$ ), «Дон 107» ( $-0,06$ ) и «Зира» ( $-0,07$ ). Сорт «Злука» характеризуется низкой отзывчивостью на улучшение условий среды в изучаемом наборе сортов.

Показатель  $(Y_{\max} + Y_{\min})/2$  отражает среднюю урожайность сорта в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях и характеризует генетическую гибкость сорта, его компенсаторную способность. [av.u.saca.ru](http://av.u.saca.ru)

Чем выше данный показатель, тем выше степень соответствия между генотипом сорта и факторами среды. Генетически гибкими генотипами оказались сорта «Ареал», «Антонина», «Мальвина» с показателями 1,1; 0,87 и 0,87 соответственно. Данные сорта имеют высокую степень соответствия между генотипом и факторами среды (табл. 2).

Связь гомеостатичности и коэффициента вариации характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях среды (стабильность). К сортам, имеющим высокие показатели гомеостатичности ( $H_{\text{om}} = 20,3; 13,7$  и  $13,3$ ), относятся «Зира», «Кума» и «Гордовита» (табл. 2).

Коэффициент линейной регрессии урожайности сортов  $b_i$  показывает их реакцию на изменение условий выращивания. Чем выше значение коэффициента  $b_i > 1$ , тем большей отзывчивостью обладает данный сорт. Такие сорта требовательны к высокому уровню агротехники, так как только в этом случае они дадут максимум отдачи. В случае  $b_i < 1$  сорт реагирует слабее на изменение условий среды. Такие сорта лучше использовать на экстенсивном фоне, где они дадут максимум отдачи при минимуме затрат. При условии



Таблица 3  
Взаимосвязь урожайности сортов озимой пшеницы с селекционными индексами

Table 3

Relationship of winter wheat yield with breeding indices

| Сорт<br>Variety   | Урожайность,<br>кг/м <sup>2</sup><br>Yield, kg/m <sup>2</sup> | Индекс ста-<br>бильности<br>(ИС)<br>Stability index<br>(SI) | Коэффициент адаптивно-<br>сти (КА), Yi, %<br>Adaptability factor (AF)<br>Yi, %<br>КА или Yi, % | Sc   | ИПР<br>PPI | ЛПК<br>LED | Ki   |
|---|---|---|--|------|------------|------------|------|
| Альянс<br>Alyans  | 0,66  | 1,06  | 82,3   | 0,44 | 7,0        | 5,24       | 0,26 |
| Злука<br>Zluka  | 0,66  | 1,06  | 91,0   | 0,54 | 6,8        | 4,73       | 0,15 |
| Гордовита<br>Gordovita  | 0,73  | 1,31  | 94,2   | 0,63 | 8,4        | 4,12       | 0,17 |
| Лазурная<br>Lazurnaya   | 0,72  | 1,26  | 91,4   | 0,47 | 8,0        | 6,9        | 0,3  |
| Ареал<br>Areal  | 1,04  | 2,63  | 134,5  | 0,81 | 9,7        | 5,4        | 0,22 |
| Мальвина<br>Malvina   | 0,87  | 1,84  | 112,3  | 0,80 | 8,0        | 4,4        | 0,16 |
| Антонина<br>Antonina  | 0,85  | 1,76  | 115,7  | 0,63 | 7,4        | 4,62       | 0,17 |
| Кума<br>Kuma  | 0,74  | 1,34  | 97,0   | 0,64 | 6,9        | 4,32       | 0,18 |
| Лист 25<br>List 25  | 0,74  | 1,34  | 95,0   | 0,44 | 6,8        | 4,22       | 0,20 |
| Дон 107 ст.<br>Don 107 st.                                      | 0,76  | 1,41  | 99,0   | 0,70 | 7,3        | 5,11       | 0,20 |
| Зира<br>Zira  | 0,78  | 1,48  | 100,1  | 0,71 | 7,7        | 4,73       | 0,23 |
| Коэффициент<br>корреляции, r<br>Correlation coef-<br>ficient, r |   | 0,93  | 0,73   | 0,71 | 0,75       | 0,25       | 0,38 |

$b_i = 1$  имеется полное соответствие изменения урожайности сорта изменению условий выращивания.

Величина наклона линий регрессии дает наглядную информацию о поведении сортов относительно друг друга и в сравнении со средней реакцией сортов на изменение условий выращивания (рис. 1).

Практический интерес представляют те сорта, линии регрессии которых высоко поднимаются в правой части графика (благоприятные условия), что характеризует их высокую отзывчивость на улучшение условий, и незначительно снижаются в левой части (жесткие условия), что свидетельствуют о буферности генотипов в неблагоприятных условиях возделывания.

Данная группа сортов наиболее требовательна к высокому агрофону, относится к интенсивному типу: «Альянс» ( $b_i = 1,46$ ,  $S^2_i = 0,14$ ), «Лазурная» ( $b_i = 1,91$ ,  $S^2_i = 0,24$ ), «Ареал» ( $b_i = 1,61$ ,  $S^2_i = 0,14$ ), «Антонина» ( $b_i = 1,46$ ,  $S^2_i = 0,15$ ), «Лист 25» ( $b_i = 2,49$ ,  $S^2_i = 0,2$ ). Следующая группа сортов, с менее пластичным и стабильным генотипом, характеризуется достаточно высокой урожайностью и отзывчивостью на условия выращивания: «Гордовита» ( $b_i = 0,46$ ,  $S^2_i = 0,03$ ), «Мальвина» ( $b_i = 0,41$ ,  $S^2_i = 0,01$ ), «Кума» ( $b_i = 0,67$ ,

$S^2_i = 0,03$ ), «Дон 107» ( $b_i = 0,34$ ,  $S^2_i = 0,01$ ), «Зира» ( $b_i = 0,41$ ,  $S^2_i = 0,002$ ). Эти сорта лучше использовать на экстенсивном фоне, где они дадут максимум отдачи при минимуме затрат.

В селекционном процессе на самых ранних этапах важно знать не только реакцию генотипа, его отзывчивость на условия среды, но и уровень потенциальной продуктивности селекционного образца. В этом вопросе практический интерес представляют селекционные индексы и коэффициенты как маркеры продуктивности растений. По результатам проведенного корреляционного анализа наиболее тесную связь с продуктивностью растений показали индекс стабильности ИС ( $r = 0,93$ ), новый индекс продуктивности растений, рассчитанный нами, ИПР ( $r = 0,75$ ), коэффициент адаптивности КА  $Y_i$  ( $r = 0,73$ ) и показатель селекционной ценности Sc ( $r = 0,71$ ) (табл. 3).

Основной элемент продуктивности, определяющий урожайность конкретного растения в биотенезе, – это масса зерна с колоса, которая складывается из числа зерен и массы зерновки. Элементы продуктивности имеют различную вариабельность в зависимости от взаимодействия факторов «генотип – среда». По совокупности полученных результатов

высокой продуктивностью обладают следующие сорта и сортообразцы по мере убывания: «Ареал», «Мальвина», «Антонина», «Зира», «Дон 107» (стандарт), «Кума», «Лист 25», «Гордовита», «Лазурная», «Злука», «Альянс». При рассмотрении удельного урожая колоса (канадский индекс), выделено 3 сорта с наиболее высокими его значениями в сравнении с сортом-стандартом «Дон 107»: «Альянс», «Зира» и «Ареал», что составило 0,26–0,23 г/см (табл. 3).

Масса зерна с колоса формируется весь вегетационный период и определяется не только количеством зерен, но и массой каждого зерна. Поэтому индекс линейной плотности представляет большую информацию по взаимосвязи «генотип – среда» и характеризуется как отношение массы зерна с колоса (г) к длине колоса (см). По индексу линейной плотности колоса с показателями 6,9; 5,4; 5,24; 5,11 шт/см выделены соответственно сорта «Лазурная», «Ареал», «Альянс», «Дон 107».

#### **Выводы. Рекомендации**

По результатам комплексной оценки селекционного материала озимой пшеницы по параметрам адаптивности высокопластичными и стабильными, требовательными к высокому уровню агротехники являются сорта «Альянс» ( $b_i = 1,46$ ,  $S^2_i = 0,14$ ), «Лазурная» ( $b_i = 1,91$ ,  $S^2_i = 0,24$ ), «Ареал» ( $b_i = 1,61$ ,  $S^2_i = 0,14$ ), «Антонина» ( $b_i = 1,46$ ,  $S^2_i = 0,15$ ), «Лист 25» ( $b_i = 2,49$ ,  $S^2_i = 0,2$ ). Низкопластичными, но стабильными, слабо реагирующими на изменения условий среды, чем в среднем весь набор изучаемых сортов,

являются «Гордовита» ( $b_i = 0,46$ ,  $S^2_i = 0,03$ ), «Мальвина» ( $b_i = 0,41$ ,  $S^2_i = 0,01$ ), «Кума» ( $b_i = 0,67$ ,  $S^2_i = 0,03$ ), «Дон 107» ( $b_i = 0,34$ ,  $S^2_i = 0,01$ ), «Зира» ( $b_i = 0,41$ ,  $S^2_i = 0,002$ ). Наибольшую среднюю продуктивность по годам показали сорта «Ареал», «Мальвина», «Антонина», «Гордовита», «Дон 107», «Кума», наименьшую – «Альянс» и «Злука».

При расчете экологической пластичности следует помнить, что абсолютные значения показателей адаптивности для каждого исследуемого сорта, полученные в результате дисперсионного и регрессионного анализов, в некоторой степени относительны, т. к. могут изменяться при изменении набора исследуемых сортов. Для более полной характеристики хозяйственно ценных признаков селекционного материала рекомендуем использовать в дополнение такие показатели, для расчета которых не требуется дисперсия и средние значения по опыту, в частности разработанный нами индекс продуктивности растений ИПР ( $r = 0,75$ ). При любом наборе сортов он имеет тесную корреляционную связь с продуктивностью и рассчитывается по индивидуальным показателям продуктивности растения (число зерен, вес зерна и длина колоса). Отражая продуктивность как итог генотип-средового взаимодействия, ИПР способствует выявлению устойчивых генотипов к био- и абиострессорам, что позволяет хотя бы предварительно судить об адаптивных свойствах селекционного материала, а сам индекс использовать в качестве маркера адаптивности.

#### **Литература**

1. Алабушев А. В. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. № 2 (6). С. 47–51.
2. Вертий Н. С. Селекционные индексы в оценке ячменно-пшеничных гибридов // Нива Поволжья. 2016. № 2 (39). С. 9–15.
3. Гончаренко А. А. Сравнительная оценка адаптивного потенциала сортов зерновых культур и задачи селекции // Селекция растений: прошлое, настоящее и будущее: сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 42–45.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М., 1985. – 351 с.
5. Драгавцев В. А. [и др.] Управление взаимодействием «генотип – среда» – важнейший рычаг повышения урожая сельскохозяйственных растений // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 59. С. 105–121.
6. Захарова Н. Н., Захаров Н. Г. Экологическая адаптивность сортов озимой мягкой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1 (29). С. 15–21.
7. Ковтун В. И. Селекция новых высококонкурентных сортов озимой мягкой пшеницы для условий Юга и Юго-востока России // Генофонд и селекция растений: тезисы докладов III Международной конференции, посвященной 130-летию Н. И. Вавилова. 2017. С. 29–30.
8. Константинова О. Б. Сравнительная оценка адаптивности и качества зерна озимых зерновых культур в условиях лесостепи Кемеровской области: дисс. ... канд. с.-х. наук. – Кемерово, 2016. – 156 с.
9. Манукян И. Р., Басиева М. А., Абиев В. Б. Оценка продуктивности селекционных образцов озимой пшеницы в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа // Нива Поволжья. 2018. № 4. С. 78–83.
10. Назаренко Л. В. Урожайность, экологическая пластичность и стабильность некоторых сортов озимой мягкой пшеницы // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 104 (10). С. 263–274.

11. Пакудин В. З., Лопатина Л. М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 4. С. 109–113.
12. Рыбась И. А. [и др.] Урожайность и параметры адаптивности новых сортов озимой мягкой пшеницы по предшественникам горох и подсолнечник // Аграрный вестник Урала. 2017. № 05 (159). С. 58–62.

#### References

1. Alabushev A. V. Adaptive potential of varieties of grain crops // Legumes and cereals. 2013. No. 2 (6). Pp. 47–51.
2. Vertius N. S. Breeding indices in the evaluation of barley-wheat hybrids // Niva Povolzhya. 2016. No. 2 (39). Pp. 9–15.
3. Goncharenko A. A. Comparative assessment of the adaptive potential of varieties of grain crops and the task of selection // Plant breeding: past, present and future: a collection of materials of the I All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation. 2017. Pp. 42–45.
4. Dospekhov B. A. The methodology of the field experience (with the basics of statistical processing of research results). – М., 1985. – 351 p.
5. Dragavtsev V. A. [et al.] Managing the interaction of „genotype – environment“ – the most important lever for increasing yields of agricultural plants // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2016. No. 59. Pp. 105–121.
6. Zakharova N. N., Zakharov N. G. Ecological adaptability of winter soft wheat varieties // Bulletin of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2015. No. 1 (29). Pp. 15–21.
7. Kovtun V. I. Breeding of new highly competitive winter soft wheat varieties for the conditions of the South and Southeast of Russia // Plant Genofund and Plant Breeding: abstracts of the III International Conference Dedicated to the 130th Anniversary of N. I. Vavilov. 2017. Pp. 29–30.
8. Konstantinova O. B. Comparative assessment of the adaptability and quality of grain of winter grain crops in the conditions of the forest-steppe of the Kemerovo region: dissertation ... candidate of agricultural sciences. – Kemerovo, 2016. – 156 p.
9. Manukyan I. R., Basieva, M. A., Abiyev V. B. Evaluation of the productivity of breeding specimens of winter wheat in the conditions of a foothill zone of the Central Caucasus // Niva Povolzhya. 2018. No. 4. Pp. 78–83.
10. Nazarenko L. V. Yield, ecological plasticity and stability of some varieties of winter soft wheat // Scientific journal Kuban State Agrarian University. 2014. No. 104 (10). Pp. 263–274.
11. Pakudin V. Z., Lopatina L. M. Evaluation of the ecological plasticity and stability of crop varieties // Agricultural biology. 1984. No. 4. Pp. 109–113.
12. Rybas I. A. [et al.] Productivity and parameters of adaptability of new varieties of winter soft wheat grown after peas and sunflower // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 05 (159). Pp. 58–62.