

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.503-511>

УДК 633.111.1(470.51)

Оценка урожайности и адаптивных свойств сортов озимой пшеницы в условиях Удмуртской Республики

© 2020. А. Г. Курыева✉

ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Ижевск, Российская Федерация

В различных почвенно-климатических условиях Удмуртской Республики по урожайным данным (2016-2018 гг.) Государственных сортоиспытательных участков (ГСУ) определяли экологическую пластичность, стрессоустойчивость, генетическую гибкость 10 районированных и новых сортов озимой пшеницы (стандарт – Волжская К). Почвы ГСУ: дерново-сильнопodzolistая супесчаная – Увинский ГСУ; светло-серая лесная тяжелосуглинистая – Сарапульский ГСУ; дерново-среднеpodzolistая среднесуглинистая – Можгинский ГСУ. Агрометеорологические условия вегетационных периодов отличались по тепло- и влагообеспеченности: 2016 г. – жаркий и засушливый (ГТК = 0,70), 2017 г. – избыточно-увлажненный (ГТК = 2,14), 2018 г. – влажный (ГТК = 1,21). Выявлена высокая урожайность сортов озимой пшеницы в южной зоне Удмуртской Республики (Сарапульский ГСУ – 3,32 т/га и Можгинский ГСУ – 2,95 т/га). В наибольшей степени на формирование урожайности озимой пшеницы влияли погодные условия года – 64,8-98,5 %. Доля участия сорта – 0,8-31,7 %. Выявлена сравнительно высокая (3,40-3,47 т/га) «генетическая гибкость» сортов Дарина, Мера и Казанская 285, выше стандарта Волжская К на 7-9 %. Наибольший уровень экологической устойчивости установлен у сортов Волжская К и Мера – $d = 67,36-67,44$ %. По показателям пластичности выявлена сильная реакция на изменения условий среды – Дарина, Мера, Универсиада ($b_i = 1,05-1,09$); слабая реакция – Бирюза и Илот ($b_i = 0,91-0,92$); пластичные сорта – Волжская К, Башкирская 10, Италмас, Казанская 285 и Московская 39 ($b_i = 0,96-1,01$). Наименьший разрыв между максимальной и минимальной урожайностью (стрессоустойчивость) отмечен у сорта Илот – 2,91 т/га.

Ключевые слова: индекс условий среды, размах урожайности, стрессоустойчивость, генетическая гибкость, доля фактора

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (тема № 0427-2019-0034).

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Курыева А. Г. Оценка урожайности и адаптивных свойств сортов озимой пшеницы в условиях Удмуртской Республики. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* 2020;21(5):503-511. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.503-511>

Поступила: 14.04.2020

Принята к публикации: 29.09.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

Assessment of yield and adaptive properties of winter wheat varieties in the Udmurt Republic conditions

© 2020. Alevtina G. Kuryeva✉

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russian Federation

In various soil and climatic conditions of the Udmurt Republic, according to yield data (2016-2018) of state variety testing plots (GSU), ecological plasticity, stress resistance, genetic flexibility of 10 zoned and new varieties of winter wheat (standard - Volzhskaya K) were evaluated. The soil of the state variety testing sites: soddy-telopodzol sandy loamy - Uvinsky state varietal test site; light-gray forest heavy loamy - Sarapulsky state varietal test site; sod-mid-podzolic medium loamy - Mozhginsky state varietal test site. The agrometeorological conditions of the growing seasons differed in terms of heat and moisture supply: 2016 - hot and dry (hydrothermic coefficient – 0.70), 2017 - excessively humid (hydrothermic coefficient – 2.14), 2018 - wet (hydrothermic coefficient – 1.21). A high yield of winter wheat varieties was revealed in the southern zone of the Udmurt Republic (Sarapulskiy GSU - 3.32 t/ha and Mozhginskii GSU - 2.95 t/ha). Weather conditions of the year mostly influenced the formation of winter wheat yield - 64.8-98.5 %. The share of participation of the variety is 0.8-31.7 %. A relatively high (3.40-3.47 t/ha) "genetic flexibility" of varieties Darina, Mera and Kazanskaya 285 was revealed, 7-9 % higher than the Volzhskaya K standard. The highest level of environmental sustainability was established in the varieties Volzhskaya K and Mera – $d = 67.36-67.44$ %. According to the indicators of plasticity, a strong response to changes in environmental conditions was revealed in Darina, Mera, Universiada varieties ($b_i = 1.05-1.09$); weak reaction – in Biryuz and Ilot varieties

($b_i = 0.91-0.92$); plastic varieties - Volzhskaya K, Bashkirskaya 10, Italmas, Kazanskaya 285 and Moskovskaya 39 ($b_i = 0.96-1.01$). The smallest gap between the maximum and the minimum yield (stress resistance) was noted for the Ilot variety – 2.91 t/ha.

Key words: index of environmental conditions, yield range, stress resistance, genetic flexibility, factor share

Acknowledgement: the research within supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. 0427-2019-0034).

The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the author stated that there was no conflict of interest.

For citations: Kuryleva A. G. Assessment of yield and adaptive properties of winter wheat varieties in the Udmurt Republic conditions. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5):503-511. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.503-511>

Received: 14.04.2020

Accepted for publication: 29.09.2020

Published online: 22.10.2020

Производство зерна является основой для всей сельскохозяйственной отрасли Российской Федерации. Озимые зерновые играют важную роль в повышении производства зерна. В сравнении с яровыми зерновыми культурами они в большей степени используют зимние и ранневесенние запасы влаги, растения избегают губительного воздействия майско-июньской засухи. Выращивание озимых позволяет снизить напряженность весенних полевых работ, перенести определенную их часть на осень [1, 2].

Озимая пшеница требовательна к плодородию почвы. Наиболее пригодными почвами в Удмуртской Республике считаются серые лесные и дерново-карбонатные почвы, расположенные, в основном, в южной агроклиматической зоне. Эти почвы содержат повышенное количество гумуса (от 3,0-4,5 % в светло-серых, 3,0-7,0 % в дерново-карбонатных, до 7,5-12,0 % в темно-серых). Гумусовый горизонт лучше всего обеспечен доступными формами калия, фосфора, а также кальция, железом и микроэлементами [3]. Удмуртская Республика находится в зоне Среднего Предуралья. Главная особенность климата Среднего Предуралья – его континентальность, характеризуется большими суточными, месячными, сезонными и годовыми амплитудами температуры воздуха. Негативные метеорологические условия осенне-зимнего периода и ранней весны вызывают частичную и нередко полную гибель озимых культур [4, 5, 6]. Наиболее благоприятные агроклиматические условия для перезимовки озимой пшеницы и её выращивания складываются в центральной и южной частях республики. В структуре посевных площадей Удмуртской Республики она занимает не более 3,8-4,5 тыс. га, или 1,3-1,5 % от посевного клина (2016-2018 гг.). В среднем урожайность ва-

рьирует от 2,0 до 4,2 т/га. Для увеличения урожайности и стабильной перезимовки озимых хлебов необходимо внедрение в производство новых адаптированных, высокоурожайных сортов при условии соблюдения основных элементов технологии их выращивания [7]. Для решения данной задачи мы попытаемся в статье проанализировать урожайные свойства районированных и новых сортов озимой пшеницы.

Сельскохозяйственные товаропроизводители предпочитают сорта, которые обладают высокой адаптивностью, пластичностью и устойчивостью к биотическим факторам [8, 9, 10]. Сорта, обладающие такими качествами, созданы в местных условиях, или же приближенных к ним [11, 12, 13, 14]. В условиях Удмуртской Республики очень важна оценка экологической пластичности сортов, так как в последние годы появились засушливые явления в центральной и южной частях республики, но вместе с тем в отдельные годы выпадает существенное количество осадков с резкими перепадами температуры по годам. Поэтому селекционерам необходимо создавать сорта с широким приспособительным потенциалом к экстремальным погодным условиям и способные давать относительно стабильную урожайность.

Цель исследований – выявить экологическую устойчивость, генетическую гибкость и стрессоустойчивость районированных и новых перспективных сортов озимой пшеницы в зависимости от агрометеорологических условий Удмуртской Республики.

Материал и методы. Оценку урожайности и адаптивных свойств сортов озимой пшеницы проводили по результатам данных Государственных сортоиспытательных участков за 2016-2018 гг. (Увинский, Сарапульский и Можгинский ГСУ)¹, которые находятся в центральной и южной частях Удмуртской Республики.

¹Результаты Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур по Удмуртской Республике за 2016-2018 гг. Можга, 2018. 106 с.

Увинский ГСУ – центральный район республики с суммой температур более 10 °С – 1700-1900 °С, ГТК 1,2-1,4. Сарапульский и Можгинский ГСУ – южные районы с суммой температур выше 10 °С – 1900-2100 °С, ГТК 1,0-1,2 [15]. Агрометеорологические условия вегетационных периодов 2016-2018 гг. отличались по тепло- и влагообеспеченности. Засушливым был 2016 г. (ГТК – 0,70)², 2017 г. – избыточно-увлажненным (ГТК – 2,14) и 2018 г. – влажным (ГТК – 1,21) (табл. 1).

Почва Увинского Государственного сортоиспытательного участка – дерново-сильно-подзолистая супесчаная, Сарапульского – светло-серая лесная тяжелосуглинистая, Можгинского – дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая. Пахотный слой почвы средней степени окультуренности: содержание гумуса – 2,1-3,1 %, обменного калия – 40-400 мг/кг почвы (от среднего до высокого), подвижного фосфора – 101-416 мг/кг почвы (от повышенного до очень высокого).

Таблица 1 – Метеорологические условия на Государственных сортоиспытательных участках Удмуртской Республики за 2016-2018 гг. /

Table 1 – Meteorological conditions at the State varietal test sites of the Udmurt Republic for 2016-2018

| Показатель / Indicator | Увинский / Uvinsky | Сарапульский / Sarapulsky | Можгинский / Mozhginsky | Среднее по республике / Average for the Republic |
|---|-----------------------|------------------------------|----------------------------|---|
| 2016 г. | | | | |
| $\sum t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}^*$ | 2158,0 | 2164,0 | 2156,0 | 2159,0 |
| $\sum \text{осадков, мм}^{**}$ | 155,0 | 150,0 | 152,4 | 152,0 |
| ГТК ^{***} | 0,72 | 0,69 | 0,70 | 0,70 |
| 2017 г. | | | | |
| $\sum t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}^*$ | 1687,0 | 1693,0 | 1690,0 | 1690,0 |
| $\sum \text{осадков, мм}^{**}$ | 366,0 | 358,2 | 362,0 | 362,1 |
| ГТК ^{***} | 2,20 | 2,11 | 2,14 | 2,14 |
| 2018 г. | | | | |
| $\sum t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}^*$ | 1809,0 | 1822,0 | 1829,0 | 1820,0 |
| $\sum \text{осадков, мм}^{**}$ | 230,0 | 210,0 | 222,0 | 221,0 |
| ГТК ^{***} | 1,27 | 1,15 | 1,21 | 1,21 |

* $\sum t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ – сумма активных температур выше 10 °С / the sum of active temperatures over 10 °С;

** $\sum \text{осадков, мм}$ – сумма осадков, мм / the amount of precipitation, mm;

*** ГТК- гидротермический коэффициент / Hydrothermal coefficient

Анализ урожайности и расчет экологической устойчивости, стрессоустойчивости и размах урожайности провели согласно рекомендациям, предложенным В. З. Пакудиным³, генетическую гибкость – по В. А. Зыкину⁴. Метод основан на расчёте линейной регрессии (b_i), среднего квадратичного отклонения от линий регрессии (S_i^2), определяющего стабильность сорта в условиях среды. Определе-

ние доли влияния факторов абиотических условий (фактор А) и сорта (фактор В) на формирование урожайности зерна пшеницы провели по Б. А. Доспехову⁵.

Результаты и их обсуждение. Урожайность сортов озимой пшеницы в среднем за 2016-2018 гг. по сортоиспытательным участкам Удмуртской Республики варьировала от 1,97 до 3,54 т/га (табл. 2).

²Грингоф И. Г., Павлова В. Н. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том III. Часть 1. Основы агро-климатологии. Часть 2. Влияние изменений климата на экосистемы, агроферу и сельскохозяйственное производство. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2013. 384 с.

³Пакудин В. З. Оценка экологической пластичности сортов. Генетический анализ количественных и качественных признаков с помощью математико-статистических методов. М.: ВНИИТЭИСХ. 1979. С. 40-44.

⁴Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С., Кираев Р. С., Чанышев И. О. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений. Башкирский ГАУ. Уфа. 2011. 97 с.

⁵Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., Агропромиздат. 1985. 351 с.

Таблица 2 – Урожайность сортов озимой пшеницы в различных условиях Удмуртской Республики (2016-2018 гг.), т/га /

Table 2 – Productivity of winter wheat varieties in various conditions of the Udmurt Republic (2016-2018), t/ha

| <i>Copt / Variety</i> | <i>2016 г.</i> | <i>2017 г.</i> | <i>2018 г.</i> | <i>Среднее / Average</i> |
|---|----------------|----------------|----------------|--------------------------|
| <i>Увинский ГСУ / Uvinsky state varietal test site</i> | | | | |
| Волжская К (ст.) / Volzhskaya K (st.) | 2,88 | 1,82 | 1,56 | 2,09 |
| Башкирская 10 / Bashkirskaya 10 | 2,86 | 1,82 | 1,58 | 2,09 |
| Бирюза / Biryuza | 2,41 | 2,25 | 1,25 | 1,97 |
| Дарина / Darina | 3,30 | 2,39 | 1,65 | 2,45 |
| Илот / Ilot | 2,51 | 2,06 | 1,36 | 1,98 |
| Италмас / Italmas | 2,83 | 1,81 | 1,30 | 1,98 |
| Казанская 285 / Kazanskaya 285 | 2,75 | 2,19 | 1,57 | 2,17 |
| Мера / Mera | 2,98 | 2,55 | 1,68 | 2,40 |
| Московская 39 / Moskovskaya 39 | 2,33 | 2,39 | 1,50 | 2,07 |
| Универсиада / Universiada | 3,33 | 2,23 | 1,36 | 2,31 |
| Среднее / Average | 2,82 | 2,15 | 1,48 | 2,15 |
| Индекс условий среды (I _j) / Index of environment conditions (I _j) | 0,07 | -0,74 | -1,41 | |
| <i>Сарапульский ГСУ / Sarapulsky state varietal test site</i> | | | | |
| Волжская К (ст.) / Volzhskaya K (st.) | 3,30 | 3,47 | 3,25 | 3,34 |
| Башкирская 10 / Bashkirskaya 10 | 3,68 | 3,21 | 2,68 | 3,19 |
| Бирюза / Biryuza | 3,22 | 2,80 | 2,78 | 2,93 |
| Дарина / Darina | 3,91 | 3,32 | 2,91 | 3,38 |
| Илот / Ilot | 3,82 | 3,90 | 2,45 | 3,39 |
| Италмас / Italmas | 3,43 | 4,30 | 2,88 | 3,54 |
| Казанская 285 / Kazanskaya 285 | 3,61 | 3,70 | 3,01 | 3,44 |
| Мера / Mera | 3,61 | 4,17 | 2,44 | 3,41 |
| Московская 39 / Moskovskaya 39 | 3,30 | 4,54 | 2,52 | 3,45 |
| Универсиада / Universiada | 4,07 | 3,33 | 3,07 | 3,49 |
| Среднее / Average | 3,59 | 3,67 | 2,80 | 3,36 |
| Индекс условий среды (I _j) / Index of environment conditions (I _j) | 0,70 | 0,78 | -0,09 | |
| <i>Можгинский ГСУ / Mozhginsky state varietal test site</i> | | | | |
| Волжская К (ст.) / Volzhskaya K (st.) | 4,78 | 0,00 | 4,61 | 3,13 |
| Башкирская 10 / Bashkirskaya 10 | 4,06 | 0,00 | 5,08 | 3,05 |
| Бирюза / Biryuza | 4,18 | 0,00 | 4,71 | 2,96 |
| Дарина / Darina | 5,12 | 0,00 | 5,30 | 3,47 |
| Илот / Ilot | 4,27 | 0,00 | 4,00 | 2,76 |
| Италмас / Italmas | 4,29 | 0,00 | 5,16 | 3,15 |
| Казанская 285 / Kazanskaya 285 | 4,46 | 0,00 | 5,23 | 3,23 |
| Мера / Mera | 5,02 | 0,00 | 5,16 | 3,39 |
| Московская 39 / Moskovskaya 39 | 4,48 | 0,00 | 4,76 | 3,08 |
| Универсиада / Universiada | 5,05 | 0,00 | 5,31 | 3,45 |
| Среднее / Average | 4,57 | 0,00 | 4,93 | 3,17 |
| Индекс условий среды (I _j) / Index of environment conditions (I _j) | 1,68 | -2,89 | 2,04 | |
| Среднее по Удмуртской Республике / Average yield in the Udmurt Republic | 3,66 | 1,94 | 3,07 | 2,89 |

Наименьшая средняя урожайность сформирована на Увинском ГСУ – 2,15 т/га при зимостойкости в среднем – 3,5 балла. Наиболее благоприятные условия для возделывания озимой пшеницы складывались в южной части Удмуртской Республики (Сарапульский и Можгинский ГСУ), максимальная средняя урожайность 3,36 и 3,17 т/га (соответственно). Индекс условий среды (I_j) как по годам, так и по ГСУ изменялся от -2,89 до 2,04. Значение индекса условий среды (I_j) показывает реализацию потенциала генотипа в благоприятных и неблагоприятных условиях, чем он выше, тем более благоприятные условия. На Можгинском ГСУ: в 2018 г. отмечен высокий индекс среды $I_j = 2,04$ с урожайностью – 4,93 т/га; в 2017 г. – наименьший $I_j = -2,89$ с полной гибелью растений озимой пшеницы (инфекци-

онное выпревание). Развитие таких болезней, как снежная плесень (*Fusarium nivale* (Fr.) Ces.; Syn. *Microdochium*) – 24,8-36,2 % и склеротиниоз (*Sclerotinia graminearum* Elenov.) – 47,1-68,2 % способствовало частичной, а у некоторых сортов полной гибели растений пшеницы (зимостойкость – 1-2 балла).

Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта представлены в таблице 3. В среднем за три года испытания в условиях Увинского ГСУ сорта Дарина, Мера и Универсиада сформировали наибольшую урожайность 2,31-2,45 т/га (НСР₀₅ гл. эффектов В = 0,08 т/га). Высокая средняя урожайность получена в 2016 г. – 2,82 т/га, превысив урожайность 2017 и 2018 гг. на 0,67-1,34 т/га (НСР₀₅ гл. эффектов А = 0,16 т/га).

Таблица 3 – Результаты дисперсионного анализа урожайных данных (т/га) в двухфакторном опыте экологического испытания сортов озимой пшеницы по Удмуртской Республике (2016-2018 гг.) /
Table 3 – Variance analysis of yield data (t/ha) of two-factor experiment of ecological testing of winter wheat varieties in the Udmurt Republic (2016-2018)

| Госсортоучасток / State varietal test site | НСР ₀₅ главных эффектов / LSD ₀₅ main effects | | НСР ₀₅ частных различий / LSD ₀₅ specific differences | |
|---|--|------------------------|--|------------------------|
| | фактор А / factor A | фактор В / factor B | фактор А / factor A | фактор В / factor B |
| Увинский ГСУ / Uvinsky State varietal test site | 0,16 | 0,08 | 0,49 | 0,14 |
| Сарапульский ГСУ / Sarapulsky State varietal test site | 0,24 | 0,07 | 0,76 | 0,12 |
| Можгинский ГСУ / Mozhginsky State varietal test site | 0,16 | 0,05 | 0,50 | 0,08 |

Примечание: фактор А – погодные условия года, фактор В – сорт /
factor A – weather conditions of the year, factor B – variety.

На Сарапульском ГСУ с высокой урожайностью выделились сорта: Италмас, Казанская 285, Московская 39 и Универсиада, прибавка относительно стандарта (Волжская К – 3,34 т/га) составила 0,10-0,20 т/га, или 3-6 % (НСР₀₅ гл. эффектов В = 0,07 т/га). Наибольшая средняя урожайность сформирована в 2016 и 2017 гг. – 3,59-3,67 т/га, превысив урожайность 2018 г. на 0,79-0,87 т/га (НСР₀₅ гл. эффектов А = 0,24 т/га). На Можгинском ГСУ сорта Дарина, Универсиада, Мера, Казанская 285 превысили стандарт Волжская К на 0,10-0,34 т/га (НСР₀₅ гл. эффектов В = 0,05 т/га).

Сорт – это генетическая система, которая по-разному реагирует на внешние факторы окружающей среды. Отличительная особенность любого сорта – способность реализовывать потенциал урожайности в зависимости от складывающихся погодных условий и агро-

фона, поэтому правильный выбор сорта имеет первостепенное значение при выращивании зерновых культур [13, 14].

Устойчивость сортов к неблагоприятным условиям роста определяется по разности между минимальной и максимальной урожайностью ($V_{min} - V_{max}$). Чем меньше разрыв, тем выше стрессоустойчивость сорта и шире диапазон его приспособительных способностей. Как выше было сказано, на Можгинском ГСУ условия перезимовки 2016-2017 гг. привели к полной гибели всех испытываемых сортов пшеницы. Так как мы оцениваем урожайные свойства сортов, то за минимальные значения взята наименьшая урожайность сортов по годам исследований, а не полная гибель. По результатам анализа урожайности в среднем по всем сортоучасткам Удмуртской Республики сорт Илот имел наименьший разбег урожайности 2,91 т/га (табл. 4).

Таблица 4 – Стрессоустойчивость, генетическая гибкость сортов озимой пшеницы в условиях Удмуртской Республики за период 2016-2018 гг. /

Table 4 – Stress resistance, genetic flexibility of winter wheat varieties in the Udmurt Republic conditions for 2016-2018

| Сорт / Variety | Урожайность, т/га / Productivity, t/ha | | Пластичность, b_i / Plasticity, b_i | Стабильность, S_i^2 / Stability, S_i^2 | Стрессоустойчивость, т/га, $(Y_{min} - Y_{max})$ / Stress resistance, t/ha $(Y_{min} - Y_{max})$ | Размах урожайности, % (d) / Yield range, % (d) | Генетическая гибкость, т/га $(Y_{max} + Y_{min})/2$ / Genetic flexibility, t/ha $(Y_{max} + Y_{min})/2$ |
|---------------------------------------|--|-----------|---|--|--|--|---|
| | Y_{min} | Y_{max} | | | | | |
| Волжская К (ст.) / Volzhskaya K (st.) | 1,56 | 4,78 | 0,97 | 0,07 | -3,22 | 67,36 | 3,17 |
| Башкирская 10 / Bashkirskaya 10 | 1,58 | 5,08 | 0,96 | 0,06 | -3,50 | 68,90 | 3,33 |
| Бирюза / Biryuza | 1,25 | 4,71 | 0,91 | 0,06 | -3,46 | 73,46 | 2,98 |
| Дарина / Darina | 1,65 | 5,30 | 1,06 | 0,07 | -3,65 | 68,87 | 3,47 |
| Илот / Ilot | 1,36 | 4,27 | 0,92 | 0,11 | -2,91 | 68,15 | 2,82 |
| Италмас / Italmas | 1,30 | 5,16 | 1,01 | 0,07 | -3,86 | 74,81 | 3,23 |
| Казанская 285 / Kazanskaya 285 | 1,57 | 5,23 | 1,01 | 0,05 | -3,66 | 69,98 | 3,40 |
| Мера / Mera | 1,68 | 5,16 | 1,09 | 0,07 | -3,48 | 67,44 | 3,42 |
| Московская 39 / Moskovskaya 39 | 1,50 | 4,76 | 1,01 | 0,13 | -3,26 | 68,49 | 3,13 |
| Универсиада / Universiada | 1,36 | 5,31 | 1,05 | 0,06 | -3,95 | 74,39 | 3,33 |

По оценке экологической пластичности сортов озимой пшеницы в трех испытательных участках республики (ГСУ), выявлены: сорта интенсивного типа с сильной реакцией на изменения условий среды ($b_i > 1$) – Дарина, Мера, Универсиада с показателем $b_i = 1,05-1,09$; экстенсивные сорта со слабой отзывчивостью на изменения условий среды ($b_i < 1$) – Бирюза и Илот с $b_i = 0,91-0,92$. К пластичным сортам (b_i равно или близко к единице) – Волжская К, Башкирская 10, Италмас, Казанская 285 и Московская 39 с $b_i = 0,96-1,01$.

Коэффициент стабильности (S_i^2) характеризует вариацию продуктивности: чем меньше отклонение от нуля, тем стабильнее сорт. Все исследуемые сорта формировали стабильную урожайность с показателем $S_i^2 = 0,05-0,13$, наименьшее значение у сорта Казанская 285.

Генетическая гибкость отражает среднюю урожайность сортов в различных условиях (компенсаторная способность в стрессовых и благоприятных условиях) и чем выше уровень соотношения между генотипом сорта и разными факторами среды, тем

выше данный показатель. В экстремальных и благоприятных агрометеорологических условиях такие сорта, как Дарина, Мера и Казанская 285 сформировали наибольшую среднюю урожайность, генетическая гибкость составила 3,40-3,47 т/га, что указывает на их сравнительно высокую степень «гибкости». Такие сорта, как Башкирская 10 и Универсиада хотя и имеют значения гибкости на одном уровне 3,33 т/га, но по-разному реагируют на условия среды. В неблагоприятных условиях минимальная урожайность Башкирская 10 была на 5,0 % выше сорта Универсиада, в благоприятных условиях максимальное значение продуктивности пластичного сорта Башкирская 10 на 4,5 % ниже аналогичного показателя Универсиады (интенсивного направления).

Расчет показателя «размах урожайности» (d , %) показывает уровень экологической устойчивости сортов. По урожайности данный параметр варьирует по сортам от 67,36 до 74,81 %. Наименьший размах отмечен у сортов Волжская К и Мера (67,36-67,44 %).

Исследуемые усреднённые данные урожайности сортов озимой пшеницы за 2016-2018 гг. по трем ГСУ были подвергнуты статистической обработке. Анализ данных показал, что максимальное влияние

на урожайность сортов озимой пшеницы оказали погодные условия года (фактор А) – 64,8-98,5 %. Доля участия сорта (фактор В) – 0,8-31,7 %, взаимодействие факторов А и В – 0,7-2,0 % (табл. 5).

Таблица 5 – Доля влияния абиотических условий года и сорта на урожайность озимой пшеницы на Госсортоиспытательных участках Удмуртской Республики, % /

Table 5 – The share of the influence of abiotic conditions of the year and variety on the yield of winter wheat at the State varietal test sites of the Udmurt Republic

| Показатель / Indicator | Увинский / Uvinsky | Сарапульский / Sarapulsky | Можгинский / Mozhginsky |
|---|-----------------------|------------------------------|----------------------------|
| Фактор А (год) / Factor A (year) | 74,5 | 64,8 | 98,5 |
| Фактор В (сорт) / Factor B (variety) | 23,0 | 31,7 | 0,8 |
| Взаимодействие АВ (сорт и год) / Interaction AB (variety and year) | 1,1 | 2,0 | 0,7 |
| Случайные факторы / Random factors | 1,4 | 1,4 | 0,1 |

Таким образом, в условиях Удмуртской Республики получение стабильной урожайности и её увеличение возможно при условии выращивания высокопродуктивных и адаптивных сортов.

Выводы. Анализ данных выявил, что наиболее высокую урожайность сорта озимой пшеницы формируют в южной зоне Удмуртской Республики (Сарапульский и Можгинский ГСУ). Максимальное влияние на урожайность сортов озимой пшеницы оказывают погодные условия года (фактор А) – 64,8-98,5 %. Доля участия сорта (фактор В) – 0,8-31,7 %, взаимодействие факторов А и В – 0,7-2,0 %. В среднем за годы исследований выделены

лучшие по урожайности сорта озимой пшеницы – Дарина, Мера и Казанская 285 (3,40-3,47 т/га). Высокая стрессоустойчивость отмечена у сорта Илот с разрывом между максимальной и минимальной урожайностью 2,91 т/га. Сорта Волжская К и Мера имеют наибольший уровень экологической устойчивости $d = 67,36-67,44$ %. По показателям пластичности выявлена сильная реакция на изменения условий среды у сортов интенсивного типа – Дарина, Мера, Универсиада; слабая реакция у экстенсивных сортов – Бирюза и Илот. К пластичным сортам отнесены Волжская К, Башкирская 10, Италмас, Казанская 285 и Московская 39.

Список литературы

1. Туктарова Н. Г., Курылева А. Г., Жирных С. С., Торбина И. В. Озимые зерновые культуры в Удмуртской Республике. Ижевск: Изд-во ООО ПКФ «Буква», 2017. 124 с.
2. Курылева А. Г. Озимая рожь в Удмуртской Республике. Пермский аграрный вестник. 2017;(4(20)):81-86. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30767227>
3. Бортник Т. Ю., Клековкин К. С. К вопросу об интегральной оценке уровня эффективного плодородия почв в современных условиях. Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: мат-лы Междунар. научн.-практ. конф. 13-16 февраля 2018 г. В 3-х т. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. Т.1. С. 11-12. Режим доступа: https://izhgsha.ru/images/DOCS/Nauka/Konferenc/13-16_feb_2018/13-16_feb_Tom1_upd.pdf
4. Курылева А. Г. Адаптивность сортов озимой пшеницы в условиях Удмуртской Республики. Пермский аграрный вестник. 2018;(4(24)):65-71. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37119540>
5. Туктарова Н. Г. Причины гибели озимой пшеницы в Удмуртской республике. Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2015;2(2):55-59. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24898425>
6. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2016;51(5):617-626. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.617rus>
7. Вьюрков В. В., Абуова А. Б., Баймуханов Е. Н., Денизбаев С. Е. Новые озимые культуры на темно-каштановых почвах Приуралья. Наука, образование и культура. 2017;(8(23)):9-12. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30485381>

8. Мальцева В. А., Филиппова Е. А., Ионина Н. В. Сорт и его зона использования. Аграрный вестник Урала. 2015;(5(135)):13-16. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24035922>
9. Shmeleva Z., Kozulina N. Influence of biotic and abiotic factors on spring yield wheat in the forest-steppe of the Krasnoyarsk territory. 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 30 June - 6 July, 2019. Sofia, 2019. Vol. 19. pp. 753-760. DOI: <https://doi.org/10.5593/sgem2019/6.1/S25.097>
10. Константинова О. Б., Кондратенко Е. П. Оценка урожайности и стабильности новых сортов озимой ржи в условиях лесостепной зоны Кемеровской области. Достижения науки и техники АПК. 2015;29(3):7-9. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23200158>
11. Соколенко Н. И., Комаров Н. М. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на продуктивность и важнейшие адаптивные признаки. Достижения науки и техники АПК. 2016;30(9):26-29. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27174695>
12. Константинова О. Б., Кондратенко Е. П. Экологическая пластичность и стабильность новых сортов озимого тритикале. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2015;3(36):13-18. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24214883>
13. Moskalets V. V., Moskalets T. Z., Vasylykivskiy S. P., Grynyk I. V., Vovkohon A. G., Lodova O. V., Shevchuk O. A., Knyazyuk O. V. Common wheat: ecological plasticity by biological and technological markers. Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького. 2016;6(3):311-318. (In Ukraine). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28317736>
14. Жуйкова О. А., Баталова Г. А. Адаптивность линий и сортов овса голозерного в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):118-125. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125>
15. Макаров В. И. Агроклиматические ресурсы Удмуртии и их связь с урожайностью зерновых культур (на примере Ижевской ГМЦ). Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2016;26(3): 112-121. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26716481>

References

1. Tuktarova N. G., Kuryleva A. G., Zhirnykh S. S., Torbina I. V. *Ozimye zernovye kul'tury v Udmurtskoy Respublike*. [Winter grain crops in the Udmurt Republic]. Izhevsk: Izd-vo OOO PKF «Bukva», 2017. 124 p.
2. Kuryleva A. G. *Ozimaya rozh' v Udmurtskoy Respublike*. [Winter rye in the Udmurt Republic]. *Permskiy agrarnyy vestnik* = Perm Agrarian Journal. 2017;(4(20)):81-86. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30767227>
3. Bortnik T. Yu., Klekovkin K. S. *K voprosu ob integral'noy otsenke urovnya effektivnogo plodorodiya pochv v sovremennykh usloviyakh*. [On the integral assessment of the level of effective soil fertility in modern conditions]. *Innovatsionnye tekhnologii dlya realizatsii programmy nauchno-tehnicheskogo razvitiya sel'skogo khozyaystva: mat-ly Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. 13-16 fevralya 2018 g. V 3-kh t.* [Innovative technologies for the implementation of the program of scientific and technical development of agriculture: Proceedings of International scientific and practical Conference, 13-16, February 2018, in 3 vols.]. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKhA, 2018. Vol. 1. pp. 11-12. URL: https://izhgsha.ru/images/DOCS/Nauka/Konferenc/13-16_feb_2018/13-16_feb_Tom1_upd.pdf
4. Kuryleva A. G. *Adaptivnost' sortov ozimoy pshenitsy v usloviyakh Udmurtskoy Respubliki*. [Adaptiveness of winter wheat varieties in the conditions of the Udmurt Republic]. *Permskiy agrarnyy vestnik* = Perm Agrarian Journal. 2018;(4(24)):65-71. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37119540>
5. Tuktarova N. G. *Prichiny gibeli ozimoy pshenitsy v Udmurtskoy respublike*. [Causes of death of winter wheat in the Udmurt Republic]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: «Sel'skokhozyaystvennye nauki. Ekonomicheskie nauki»* = Vestnik of the Mari State University Chapter «Agriculture. Economics». 2015;2 (2):55-59. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24898425>
6. Rybas' I. A. *Povyshenie adaptivnosti v selektsii zernovykh kul'tur (obzor)*. [Breeding grain crops to increase adaptability (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2016;51(5):617-626. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.617rus>
7. V'yurkov V. V., Abuova A. B., Baymukanov E. N., Denizbaev S. E. *Novye ozimye kul'tury na temno-kashtanovykh pochvakh Priural'ya*. [New winter cultures on the dark chestnut soils of Priural]. *Nauka, obrazovanie i kul'tura*. 2017;(8(23)):9-12. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30485381>
8. Mal'tseva V. A., Filippova E. A., Ionina N. V. *Sort i ego zona ispol'zovaniya*. [The variety and the area of its use]. *Agrarnyy vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals. 2015;(5(135)):13-16. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24035922>
9. Shmeleva Z., Kozulina N. Influence of biotic and abiotic factors on spring yield wheat in the forest-steppe of the Krasnoyarsk territory. 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 30 June - 6 July, 2019. Sofia, 2019. Vol. 19. pp. 753-760. DOI: <https://doi.org/10.5593/sgem2019/6.1/S25.097>

10. Konstantinova O. B., Kondratenko E. P. *Otsenka urozhaynosti i stabil'nosti novykh sortov ozimoy rzi v usloviyakh lesostepnoy zony Kemerovskoy oblasti*. [Assessment of productivity and stability of new varieties of winter rye under condition of forest-steppe zone of Kemerovo region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2015;29(3):7-9. (In Russ.).

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23200158>

11. Sokolenko N. I., Komarov N. M. *Iskhodnyy material dlya seleksii ozimoy myagkoy pshenitsy na produktivnost' i vazhneyshie adaptivnye priznaki*. [Source material for breeding of winter wheat on productivity and the most important adaptive characters]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2016;30(9):26-29. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27174695>

12. Konstantinova O. B., Kondratenko E. P. *Ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' novykh sortov ozimogo tritikale*. [Environmental plasticity and resistance of winter triticale new varieties]. *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet) = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2015;3(36):13-18. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24214883>

13. Moskalets V. V., Moskalets T. Z., Vasylykivskiy S. P., Grynyk I. V., Vovkohon A. G., Lodova O. V., Shevchuk O. A., Knyazyuk O. V. Common wheat: ecological plasticity by biological and technological markers. *Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького*. 2016;6(3):311-318. (In Ukraine).

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28317736>

14. Zhuykova O. A., Batalova G. A. *Adaptivnost' liniy i sortov ovsy golozernogo v usloviyakh Kirovskoy oblasti*. [Adaptability of naked oat lines and varieties in the conditions of Kirov region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(2):118-125. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125>

15. Makarov V. I. *Agroklimaticheskie resursy Udmurtii i ikh svyaz' s urozhaynost'yu zernovykh kul'tur (na primere Izhevskoy GMS)*. [Agroclimatic resources of the Udmurt Republic and their connection with cereal grains yield (evidence from Izhevsk hydrometeorostation)]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle = Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2016;26(3): 112-121. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26716481>

Сведения об авторе

✉ **Курылева Алевтина Григорьевна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник управления НИР, Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – структурное подразделение ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина, д. 1, с. Первомайский, Завьяловского района, Российская Федерация, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2396-8546>, e-mail: alyakurl@mail.ru

Information about the author

✉ **Alevtina G. Kuryleva**, PhD in Agricultural Science, leading researcher of the Research Department, Udmurt Scientific Research Institute of Agriculture – structural subdivision of the «Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», st. Lenin, 1, v. Pervomaisky, Zaviyalovsky district, Russian Federation, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2396-8546>, e-mail: alyakurl@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author