УДК 633.14: 631.559: 664.64.016.8

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ АДАПТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИЗНАКОВ «УРОЖАЙНОСТЬ» И «ЧИСЛО ПАДЕНИЯ» СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. А. Шляхтина, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи, ORCID ID: 0000-0003-2600-3042;

О. Н. Рылова, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи, ORCID ID: 0000-0003-3515-6374

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого», 610007, г. Киров, ул. Ленина, 166А; e-mail: fss.nauka@mail.ru

В статье приведены результаты оценки параметров адаптивности 9 сортов озимой ржи селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока по признакам «урожайность» и «число падения». Исследования проведены в 2015–2019 гг. на опытных полях Фаленской селекционной станции – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (Кировская область). Агроклиматические условия в годы исследований были контрастными. Установлено, что за годы исследований наиболее урожайным был перспективный сорт Батист (5,15 т/га). Высокие значения генетической гибкости отмечены у сортов Батист (5,21 т/га), Сара (5,05 т/га), Ниоба (5,06 т/га), Рушник (4,96 т/га). По параметрам экологической пластичности и стабильности признака «урожайность» выделены сорта интенсивного типа – Графиня ($bi = 1,22$; $S^2d_i = 0,01$), Рушник ($bi = 1,39$; $S^2d_i = 0,04$) и экстенсивного типа – Флора ($bi = 0,63$; $S^2d_i = 0,09$), Фаленская 4 ($bi = 0,75$; $S^2d_i = 0,03$) и Батист ($bi = 0,76$; $S^2d_i = 0,05$). Высокая стрессоустойчивость отмечена у сортов Флора (–1,98 т/га), Батист (–2,01 т/га). При контрастных метеоусловиях, в процессе налива и созревания зерна, выделен наиболее адаптивный сорт Рушник (по признаку «число падения»), у которого за годы исследований отмечен самый высокий средний показатель – 195 с (при минимальном значении 109 с в неблагоприятных условиях года и максимальном значении 275 с – в благоприятных).

Ключевые слова: озимая рожь, пластичность, стабильность, сорт, урожайность, коэффициент вариации.

Для цитирования: Шляхтина Е. А., Рылова О. Н. Результаты оценки адаптивных показателей признаков «урожайность» и «число падения» сортов озимой ржи в условиях Кировской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3(69). С. 38–42. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-38-42.

THE ESTIMATION RESULTS OF THE ADAPTIVE INDICATORS OF THE TRAITS “PRODUCTIVITY” AND “A FALLING NUMBER” OF THE WINTER RYE VARIETIES IN THE KIROV REGION

E. A. Shlyakhtina, junior researcher of the laboratory for winter rye breeding and primary seed production, ORCID ID: 0000-0003-2600-3042;

O. N. Rylova, junior researcher of the laboratory for winter rye breeding and primary seed production, ORCID ID: 0000-0003-3515-6374

Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky, 610007, Kirov, Lenin Str., 166A; e-mail: fss.nauka@mail.ru

The current paper has presented the estimation results of the adaptive indicators of the traits “productivity” and “a falling number” of nine winter rye varieties developed in the Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky. The study was conducted in 2015–2019 in the experimental plots of the Falenskaya breeding station, the branch of the FSBSI of FARC of the North-East (the Kirov region). The weather conditions in the years of study greatly varied. There has been established that throughout the years of study, the most promising variety was “Batist” (5.15 t/ha). High values of genetic flexibility were identified in the varieties “Batist” (5.21 t/ha), “Sara” (5.05 t/ha), “Nioba” (5.06 t/ha), “Rushnik” (4.96 t/ha). According to the parameters of ecological adaptability and stability of the trait “productivity”, there have been identified such varieties of the intensive type as “Grafinya” ($bi = 1.22$; $S^2d_i = 0.01$), “Rushnik” ($bi = 1.39$; $S^2d_i = 0.04$) and such varieties of extensive type as “Flora” ($bi = 0.63$; $S^2d_i = 0.09$), “Falenskaya 4” ($bi = 0.75$; $S^2d_i = 0.03$) and “Batist” ($bi = 0.76$; $S^2d_i = 0.05$). High stress resistance was demonstrated by the varieties “Flora” (–1.98 t/ha), “Batist” (–2.01 t/ha). Under contrasting weather conditions, in the periods of grain filling and ripening, there has been identified the most adaptive variety “Rushnik” (according to the trait “falling number”), which had the highest average indicator 195 c throughout the years of study (with a minimum value of 109 c in unfavorable weather conditions of the year and a maximum value of 275 c in favorable weather conditions of the year).

Keywords: winter rye, adaptability, stability, variety, productivity, coefficient of variation.

Введение. Озимая рожь является национальной культурой России. Ее биологические характеристики соответствуют природно-климатическим условиям основных земледельческих районов Нечерноземной зоны, Поволжья, Урала, Западной и Восточной Сибири (Гончаренко, 2008). Почвенно-климатические условия северо-востока Нечерноземной зоны предъявляют высокие требования к возделываемым сортам озимой ржи. Большая протяженность региона с севера на юг и с запада на восток обуславливает значительное разнообразие его агроклиматических

ресурсов (Кедрова, 2000). На урожайность и качество зерна озимой ржи большое влияние оказывают условия перезимовки и гидротермический режим в период налива и созревания зерна (Чайкин и др., 2017).

Современным приоритетным направлением селекции ржи является создание адаптивных сортов продовольственного направления, экологически устойчивых к нерегулируемым факторам внешней среды и наиболее вредоносным заболеваниям, максимально приспособленных к почвенно-климатическим особенностям региона. Сельхозтоваропроизводители

лям нужны именно такие сорта, которые в меньшей степени снижают урожайность и качество при изменении условий выращивания, в частности меняющихся погодных условиях (Самофалов и Подгорный, 2014).

В процессе создания сортов одним из важных требований является устойчивость их к экологическим факторам среды, которые лимитируют формирование потенциально возможной урожайности (Гончаренко, 2016). Поэтому изучение экологической пластичности и адаптивности сортов в реальных природно-климатических условиях произрастания на последних этапах селекционного процесса является наиболее актуальным вопросом производства и внедрения сельскохозяйственной продукции (Пакуль и Плиско, 2016). Наиболее известным подходом к изучению реакции сортов на внешние условия среды является регрессионный анализ, предложенный S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966).

Цель исследований – оценить адаптивные свойства сортов озимой ржи конкурсного сортоиспытания по признакам «урожайность» и «число падения».

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в 2015–2019 гг. на опытных полях Фаленской селекционной станции – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (восточный агропочвенный район центральной климатической зоны Кировской области). Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая, сформированная на покровных суглинках; минеральный фон – $N_{54}P_{12}K_{12}S_4$.

Агротехника – общепринятая для возделывания озимой ржи в Кировской области. Посев проводили по чистому пару в оптимальные сроки с нормой высева 6 млн всхожих семян на 1 га. Опыт заложен рандомизированно в шести повторениях на делянках с учет-

ной площадью 10 м². В качестве объектов исследований использовали сорта озимой ржи конкурсного сортоиспытания селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока: 4 сорта, внесенных в Государственный реестр селекционных достижений (Фаленская 4, Рушник, Флора, Графиня); 5 – перспективных (Кипрез, Ниоба, Батист, Сармат, Сара). Полученные экспериментальные данные сравнивали с показателями стандарта Фаленская 4. Статистическую обработку данных проводили по методике полевого опыта (Доспехов, 1985), используя дисперсионный и корреляционный анализы, с помощью пакета программ AGROS версия 2.07. Генетическую гибкость сорта и уровень устойчивости к стрессовым условиям произрастания рассчитывали по А. А. Гончаренко (2005). Адаптивность сортов определяли по показателю экологической пластичности, индекс условий среды рассчитывали по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966) в изложении В. З. Пакудина и Л. М. Лопатиной (1984). Число падения определяли на приборе Хагберга – Пертена (Falling Number 1400). Гидротермический коэффициент (ГТК Селянинова) определяли стандартно.

Условия перезимовки во все годы изучения складывались неблагоприятно для озимой ржи. Высокий снеговой покров и повышенная температура на глубине залегания узла кущения провоцировали сильное развитие снежной плесени. Погодные условия весенне-летней вегетации значительно различались по годам: вегетационные периоды 2015 и 2018 гг. характеризовались оптимальным увлажнением (ГТК = 1,59 и 1,30 соответственно); 2016 г. был засушливым (ГТК = 0,60); 2017 и 2019 гг. – сильно увлажненными (ГТК = 1,89 и 1,92). Это позволило объективно оценить адаптивность изучаемых сортов (табл. 1).

1. Метеорологические условия по данным Фаленской метеостанции (2015–2019 гг.)

1. Weather conditions according to the Falenskaya weather station (2015–2019)

Годы исследований	Май		Июнь		Июль		Август		ГТК
	среднесуточная температура, °С	Сумма осадков, мм	среднесуточная температура, °С	Сумма осадков, мм	Среднесуточная температура, °С	Сумма осадков, мм	среднесуточная температура, °С	Сумма осадков, мм	
2015	13,9	31,0	18,0	74,9	14,9	80,4	13,4	132,0	1,59
2016	13,1	11,2	15,9	15,6	20,3	51,0	20,9	32,2	0,60
2017	7,5	58,9	14,0	58,6	17,3	158,9	16,6	24,5	1,89
2018	10,6	58,1	14,1	77,2	20,3	73,8	16,0	44,3	1,30
2019	13,2	33,0	15,1	108,0	15,9	75,3	13,0	157,3	1,92

Результаты и их обсуждение. За период изучения (2015–2019 гг.) только в 2018 и в 2019 гг. индекс условий среды (Ij) имел положительные значения (1,22 и 1,23 соответственно), что свидетельствует о достаточно благоприятных условиях произрастания культуры. Отрицательное значение индекса (–0,57...–1,14) в остальные годы говорит о неблагоприятном гидротермическом режиме для роста и развития растений, что негативно отразилось на формировании урожая зерна озимой ржи (табл. 2). Различные условия вегетации явились основным лимитирующим фактором урожайности и позволили оценить норму реакции генотипа на изменяющиеся факторы среды. Максимальная средняя урожайность в опыте (5,91 и 5,92 т/га) получена в 2018 и 2019 гг., ухудшение условий произрастания привело к снижению показателя на 30–40%.

За годы исследований наибольшая средняя урожайность (5,15 т/га) отмечена у перспективного сорта Батист с варьированием по годам от 4,20 до 6,21 т/га. Минимальной урожайностью характеризуется сорт

Сармат (4,09 т/га), достоверно уступивший стандарту Фаленская 4 во все (кроме 2019) годы изучения. Практика показывает, что сорта, наряду с высокой средней урожайностью, должны обладать стабильностью ее формирования, то есть обладать низкой экологической зависимостью. Изменчивость урожайности в целом по сортам была достаточно высокая. Более стабильными были сорта Флора и Батист, варианта стабильности урожайности которых составила 18,2 и 18,3% соответственно. Самый высокий коэффициент вариации отмечен у сорта Сармат (табл. 3).

Разность между минимальной урожайностью и максимальной ($Y_2 - Y_1$) определяет устойчивость сорта к стрессу. Этот показатель имеет отрицательный знак, поэтому чем меньше разрыв между максимальной урожайностью и минимальной, тем выше стрессоустойчивость сорта и тем шире диапазон его приспособительных возможностей. В годы изучения выделены наиболее устойчивые к стрессу сорта: Флора (–1,98) и Батист (–2,01).

2. Урожайность сортов озимой ржи, т/га (2015–2019 гг.)
2. Winter rye productivity, t/ha (2015–2019)

Сорт	Годы					Среднее
	2015	2016	2017	2018	2019	
Фаленская 4, ст.	4,30	4,21	3,75	5,80	5,42	4,70
Рушник	4,19	3,75	3,20	6,71	6,29	4,83
Флора	4,25	4,37	3,67	5,65	5,04	4,60
Графиня	3,98	3,77	3,22	6,10	6,18	4,65
Кипрез	4,14	4,14	3,64	5,91	5,03	4,57
Ниоба	4,37	3,40	3,53	5,77	6,72	4,76
Батист	4,45	4,82	4,20	6,07	6,21	5,15
Сара	4,40	3,90	3,84	6,25	6,07	4,89
Сармат	3,03	3,14	2,94	4,97	6,38	4,09
Среднее по опыту	4,12	3,94	3,55	5,91	5,92	4,69
НСР ₀₅	0,53	0,53	0,43	0,40	0,49	–
Индекс условий среды, I _j	–0,57	–0,75	–1,14	1,22	1,23	–

3. Показатели адаптивного потенциала сортов озимой ржи по признаку урожайность (2015-2019 гг.)
3. Indicators of adaptive potential of winter rye varieties according to the trait 'productivity' (2015-2019)

Сорт	Стрессоустойчивость, $Y_2 - Y_1$	Генетическая гибкость сорта, $\frac{Y_1 + Y_2}{2}$	Коэффициент вариации (CV), %	Размах варьирования урожайности (min – max), т/га	Коэффициент регрессии, bi	Варианса стабильности, $S^2 d_i$
Фаленская 4	–2,05	4,78	20,3	3,75–5,80	0,75	0,03
Рушник	–3,51	4,96	35,5	3,20–6,71	1,39	0,04
Флора	–1,98	4,66	18,2	3,67–5,65	0,63	0,09
Графиня	–2,96	4,70	32,0	3,22–6,18	1,22	0,01
Кипрез	–2,27	4,78	21,4	3,64–5,91	0,74	0,14
Ниоба	–3,32	5,06	34,0	3,40–6,72	1,26	0,72
Батист	–2,01	5,21	18,3	4,20–6,21	0,76	0,05
Сара	–2,41	5,05	25,4	3,84–6,25	1,04	0,03
Сармат	–3,44	4,66	37,4	2,94–6,38	1,20	0,40

Примечание: t-критерий для b_i значим на 5%-м уровне; то же в таблице 4.

Генетическую гибкость $(Y_1 + Y_2)/2$ изучаемых сортов определяли как среднее арифметическое между минимальной урожайностью и максимальной, полученной в контрастных погодных условиях. Установлено, что максимальную генетическую гибкость между генотипом и факторами среды имеет сорт Батист (5,21). Высокие значения по данному признаку также у сортов Сара (5,05), Ниоба (5,06) и Рушник (4,96).

По результатам оценки пластичности и стабильности сорта озимой ржи Графиня ($b_i = 1,22$; $S^2 d_i = 0,01$) и Рушник ($b_i = 1,39$; $S^2 d_i = 0,04$) можно отнести к высокоинтенсивным, так как они отличались высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания. Сорта Флора ($b_i = 0,63$; $S^2 d_i = 0,09$), Фаленская 4 ($b_i = 0,75$; $S^2 d_i = 0,03$) и перспективный сорт Батист ($b_i = 0,76$; $S^2 d_i = 0,05$) слабо реагировали на изменения условий выращивания, при этом сохраняли стабильно высокую урожайность. Эти сорта можно использовать на низком агрофоне.

Рыночный спрос на зерно ржи формируется с учетом показателей качества зерна. Исходя из того, что основное направление использования зерна ржи – продовольственное, сорта должны формировать зерно с высокими хлебопекарными свойствами в соответствии с действующими ГОСТами. Одним из ос-

новных показателей хлебопекарной оценки зерна ржи является число падения. Данный показатель – сильно варьирующий признак, который в большей степени зависит от внешних условий (количество осадков и температурный режим), чем от генотипа, и претерпевает значительные изменения в процессе созревания зерна (см. рис.).

Так, в 2019 г. в период налива и созревания зерна озимой ржи выпало осадков 238% от нормы, что повлекло за собой запаздывание с уборкой и привело к прорастанию зерна на корню. Величина числа падения в 2019 г. у всех изучаемых сортов составляла 62 с, поэтому данные этого года в исследованиях не использовали.

В 2015 и в 2017 гг. индекс условий среды для признака «число падения» имел отрицательное значение (–74 и –41 соответственно); в 2016 и в 2018 гг. – положительное (86 и 27). В годы с отрицательным индексом среды число падения у изучаемых сортов варьировало от 82 до 168 с. Наиболее благоприятные условия среды складывались в 2016 г., когда число падения у сортов в среднем составило 256 с. Максимальное среднее значение показателя за годы изучения отмечено у сорта Рушник (195 с), минимальное – у сорта Кипрез (149 с) (табл. 4).

Рис. Число падения в зависимости от количества осадков за весенне-летний период вегетации (2015–2019 гг.)

Fig. A falling number in dependence upon precipitation amount in a spring-summer vegetation period (2015–2019)

4. Оценка адаптивности сортов озимой ржи по числу падения 4. Estimation of winter rye adaptability according to a falling number

Сорт	Годы				Среднее	V, %	b_i	S^2d_i
	2015	2016	2017	2018				
Фаленская 4	97	275	142	201	179	43,3	1,08	212,5
Рушник	109	275	168	229	195	37,0	1,00	59,2
Флора	87	258	148	208	175	42,3	1,02	206,7
Графиня	95	250	109	186	160	45,1	1,00	99,0
Кипрез	85	249	109	153	149	48,6	1,00	411,8
Ниоба	100	246	115	178	160	41,8	0,93	105,9
Батист	100	258	131	204	173	41,2	1,00	9,5
Сара	108	248	117	210	171	40,5	0,95	240,1
Сармат	82	248	120	207	164	46,6	1,06	135,5
Среднее по опыту	96	256	129	197	170	–	–	–
Индекс среды, I_j	–74	86	–41	27	–	–	–	–

Коэффициент вариации числа падения у всех изучаемых сортов имел высокое значение, что говорит о сильном влиянии условий среды на данный показатель.

В группу высоко пластичных сортов по величине числа падения, анализируя все показатели, можно отнести сорта Фаленская 4, Флора, Сармат. Оптимальным сочетанием параметров пластичности и стабильности у адаптивного сорта считается следующее: $b_i = 1$; $S^2d_i = 0$, поэтому по экологической адаптивности признака «число падения» наибольший интерес представляют сорта Батист и Рушник, у которых коэффициент регрессии (b_i) равен единице и стабильность высокая (9,5 и 59,2 соответственно).

Выводы. Анализ экологической пластичности и стабильности сортов озимой ржи конкурсного со-

тоиспытания по признаку «урожайность» позволил выделить наиболее адаптивные сорта для возделывания в условиях Кировской области – Флора, Фаленская 4 и перспективный сорт Батист, которые способны давать достаточно высокую, стабильную урожайность в контрастных условиях. За годы исследований у перспективного сорта Батист отмечены высокая стрессоустойчивость (–2,01 т/га), высокое значение генетической гибкости (5,21 т/га) и наибольшая средняя урожайность (5,15 т/га). По признаку «число падения», который напрямую зависит от метеоусловий, выделен наиболее адаптивный сорт Рушник, у которого самый высокий данный показатель (109–275 с) в различные по погодным условиям годы.

Библиографические ссылки

- Гончаренко А. А. Производство и селекция озимой ржи в Российской Федерации. Саратов: Новый ветер, 2008. С. 8–18.
- Гончаренко А. А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // Зерновое хозяйство России. 2016. № 3. С. 31–37.
- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Кедрова Л. И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 158 с.
- Пакуль В. Н., Плиско Л. Г. Оценка экологической пластичности селекционных линий яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Кузнецкой котловины // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 3. С. 116–120. DOI: 10.18454/IRG.2016.45.075.
- Самофалов А. П., Подгорный С. В. Исходный материал в селекции озимой пшеницы на продуктивность // Аграрный вестник Урала. 2014. № 5. С. 13–16.
- Чайкин В. В., Тороп А. А., Рыльков А. И. Зимо- и засухоустойчивость озимой ржи в условиях Центрально-Черноземного региона // Земледелие. 2017. № 2. С. 32–36.
- Eberhart S. A., Russel W. A. Stability Parameters for Comparing Varieties. Crop Science. 1966. Vol. 6, No. 1. Pp. 36–40.

References

1. Goncharenko A. A. Proizvodstvo i selekciya ozimoy rzhi v Rossijskoj Federacii [Winter rye production and breeding in the Russian Federation]. Saratov: Novyj veter, 2008. S. 8–18.
2. Goncharenko A. A. Ekologicheskaya ustojchivost' sortov zernovykh kul'tur i zadachi selekcii [Ecological sustainability of grain crop varieties and breeding tasks] // Zernovoe hoz'yajstvo Rossii. 2016. № 3. S. 31–37.
3. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
4. Kedrova L. I. Ozimaya rozh' v Severo- Vostochnom regione Rossii [Winter rye in the North-Eastern region of Russia]. Kirov: NIISKH Severo-Vostoka, 2000. 158 s.
5. Pakul' V. N., Plisko L. G. Ocenka ekologicheskoy plastichnosti selekcionnykh linij yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyakh lesostepi Kuznetskoj kotloviny [Estimation of the ecological adaptability of breeding lines of spring bread wheat in the conditions of the forest-steppe of the Kuznetskaya Kotlovina] // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2016. № 3. S. 116–120. DOI: 10.18454/IRG.2016.45.075.
6. Samofalov A. P., Podgornyy S. V. Iskhodnyj material v selekcii ozimoy pshenicy na produktivnost' [The initial material in winter wheat breeding for productivity] // Agrarnyj vestnik Urals. 2014. № 5. S. 13–16.
7. Chajkin V. V., Torop A. A., Ryl'kov A. I. Zimo- i zasuhoustojchivost' ozimoy rzhi v usloviyakh Central'no-Chernozyomnogo regiona [Winter and drought tolerance of winter rye in the conditions of the Central Blackearth region] // Zemledelie. 2017. № 2. S. 32–36.
8. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability Parameters for Comparing Varieties. Crop Science. 1966. Vol. 6, No. 1. Pp. 36–40.

Поступила: 04.03.20; принята к публикации: 26.05.20.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Шляхтина Е. А. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Рылова О. Н., Шляхтина Е. А. – подготовка опыта, выполнение полевых/лабораторных опытов и сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.