

## АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОРТООБРАЗЦОВ И ГИБРИДОВ F<sub>1</sub> ОЗИМОЙ РЖИ

*В.В. Чугаева, научный сотрудник, А.С. Будько, кандидат с.-х. наук  
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»  
(Дата поступления статьи в редакцию 02.05.2024)*

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

***Аннотация.** В статье изложены результаты оценки перспективных сортообразцов и гибридов F<sub>1</sub> озимой ржи по урожайности и параметрам адаптивности. Установлен уровень их экологической пластичности и стабильности. Дана оценка агроклиматическим условиям, в которых произрастали изучаемые сортообразцы. Рассчитан уровень стрессоустойчивости и генетической гибкости озимой ржи. Выделены наиболее урожайные сортообразцы с высоким адаптивным потенциалом для включения в селекционные программы на высокую устойчивость к абиотическим стрессорам.*

### Введение

В последние годы селекция сельскохозяйственных культур, в том числе и озимой ржи, во многом переориентировалась на экологическую стабильность – способность устойчиво формировать высокий относительно других сортов продуктивный потенциал в различных погодных и агротехнических условиях. Создание сортов, обладающих высоким потенциалом продуктивности для обеспечения стабильных урожаев в годы с различными климатическими условиями периода вегетации, как при экстенсивных, так и при интенсивных технологиях возделывания, а также всесторонняя оценка селекционного материала в различных условиях среды, является одной из ключевых целей современной селекции. Вопросами получения сортов и гибридов с максимальной и устойчивой продуктивностью в условиях предполагаемого региона возделывания занимается адаптивная селекция. Основная ее задача – создание высокопродуктивных сортов, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды [1].

Результаты селекции в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в последнее десятилетие позволили изменить мнение об озимой ржи, как о культуре экстенсивного типа. В настоящее время сохраняется низкий уровень интенсификации технологии возделывания озимой ржи, в отличие от озимой пшеницы, что может быть обусловлено недостаточно полным спектром исследований характера реакций популяционных сортов и гибридов на изменчивость факторов внешней среды. Реакция новых сортов на конкретные агроклиматические условия может зависеть от множества факторов, и задача изучения адаптивного потенциала сортов заключается в том, чтобы приблизить реальную продуктивность сорта к его потенциальной.

Целью данных исследований являлась оценка продуктивного и адаптивного потенциала сортообразцов озимой ржи селекции РУП «Научно-

практический центр НАН Беларуси по земледелию» на разных уровнях технологии возделывания для включения в селекционные программы на высокую устойчивость к абиотическим стрессорам.

### Методика и условия проведения исследований

Научно-исследовательская работа выполнялась в 2020–2023 гг. в Смолевичском районе Минской области в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». В течение трех лет опыты располагались на новом поле в соответствии со схемой чередования культур в севообороте. Почва опытного участка дерново-подзолистая, связносупесчаная. Пахотный горизонт характеризовался следующими агрохимическими показателями: pH – 5,5–5,91, содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 197–219 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 257–278 мг/кг почвы, гумус – 2,46–2,87 %. Предшественник – зернобобовые культуры. Посев проводили кондиционными семенами в третьей декаде сентября сеялкой TRW по методике двухфакторного опыта методом рендомизированных блоков в четырехкратной повторности с площадью учетной делянки 10 м<sup>2</sup>. Норма высева – 4,0 млн всхожих семян на гектар для тетраплоидной ржи, 3,5 млн всхожих семян – для диплоидной, и 3 посевные единицы всхожих семян на 1 гектар для гибридов F<sub>1</sub>. Объектом исследования являлись новые перспективные сортообразцы и гибриды различного генетического происхождения: 7 сортообразцов диплоидной ржи, контроль *Офелия*; 7 тетраплоидной озимой ржи, контроль *Пралеска* и 2 гибрида F<sub>1</sub>: *КВС Боно* и *Белги*.

Исследования проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур и Методическими указаниями по селекции и семеноводству озимой ржи. Все операции по возделыванию озимой ржи проводили в соответствии с организационно-технологическими нормативами. При планировании исследований руководствовались методикой полевого опыта [2, 3]. Сортообразцы изучали на двух уровнях технологии внесения удобрений и средств защиты. Посевной материал обеззараживали протравителем Кинто Дуо в норме 1,5 л/т. Фосфорные удобрения вносили в дозе 80 кг/га д.в., калийные – 90 кг/га д.в. Азотные удобрения вносили в три подкормки: первая – при возобновлении весенней вегетации озимой ржи в дозе 60 кг/га д.в. на обычной технологии возделывания и 70 кг/га – на интенсивной, вторая – в фазу конец кущения – начало выхода в трубку – 30 и 40 кг/га д.в. соответственно и третья (вариант 2) – начало колошения в дозе 40 кг/га д.в. Для защиты посевов от сорной растительности осенью применяли гербицид Алистер гранд, МД (в фазу ДК 11–13) в норме 0,7 л/га. Фунгицидную обработку посевов проводили препаратом Рекс Плюс, КЭ в норме расхода 0,8 л/га в фазу ДК 31–32 и ДК 37–39. В варианте 2 половинную норму (0,5–0,6 л/га) ретарданта ЦеЦеЦе 750, КЭ вносили в фазу ДК 25 и 0,8–1,0 л/га – в ДК 37–39 (конец трубкования). В фазу ДК 31–32 вносили ретардант Мессидор (0,6–0,8 л/га) в варианте 1 и 0,8–1,0 л/га – в варианте 2. Микроэлементы марганец в хелатной форме (0,2–0,3 кг/га) и медь в хелатной форме (0,6 кг/га) в варианте 2 вносили в фазу ДК 31–32 (начало трубкования).

В период осенней вегетации ржи в 2020 г. (сентябрь-октябрь) выпало осадков на 36,6 мм меньше среднего многолетнего. В эти месяцы среднесуточная температура воздуха была выше среднемноголетней на 35,2 %. Сумма средних температур в период апрель-июль была на 12 % выше среднемноголетней нормы. Гидротермический коэффициент апрель-июль в 2021 г. составил 1,62, что свидетельствует о достаточном увлажнении в вегетационный период этого года. Индекс условий среды 2020–2021 года ( $I_j = +0,11$  в варианте 1, и  $I_j = +0,42$  варианте 2) свидетельствует, что условия были наиболее благоприятными для озимой ржи. Осень 2021 г. в Минской области была несколько теплее обычной. По данным метеостанции г. Борисова средняя температура воздуха сентября составила +11,8 °С при климатической норме +10,3 °С и 7,0 °С при норме 6,3 °С, в октябре. Температура воздуха в период посев-всходы была выше нормы на 2 °С при достаточном количестве влаги в почве. Весной 2022 г. температура воздуха была ниже среднемноголетней. В первой декаде апреля 2022 г. среднесуточная температура воздуха была ниже нормы на 2,2 °С, а количество атмосферных осадков – в 6,5 раз выше среднемноголетнего уровня. Во второй декаде апреля среднесуточная температура воздуха была ниже нормы на 1,4 °С во второй декаде и на 2,9 °С в третьей, а осадков в 6,8 и 8,7 раз больше нормы соответственно. В мае также температура воздуха была также ниже нормы на 1,9 °С в первой и второй декаде месяца и на 2,5 °С – в третьей при дефиците осадков в первой декаде мая (23 %) и избытке во второй и третьей декаде (155–247 %). Июнь характеризовался повышением температурного режима, а влагообеспеченность способствовала нарастанию вегетативной массы и формированию колоса. За осенний сезон 2022 г. в среднем по Беларуси выпало 191 мм осадков, что составляет 124 % климатической нормы.

Метеорологические условия в период весенне-летней вегетации растений в 2023 г. также имели свои особенности. В первой декаде апреля 2023 г. среднесуточная температура воздуха была в пределах нормы. Во второй и третьей декаде апреля она превышала норму, а количество осадков было значительно ниже нормы. Май характеризовался экстремально низким уровнем влаги. Количество осадков в среднем составило лишь 13 % от нормы. В июне по-прежнему складывались сложные агрометеорологические условия, наблюдалось сокращение межфазных периодов под влиянием засухи. Вторая и третья декада июня характеризовались повышенной температурой воздуха. Во второй декаде показатель превышал норму на 1,7, а в третьей декаде июня – на 2,0 °С. При этом сумма атмосферных осадков была ниже среднемноголетнего уровня, соответственно 18, 27 и 49 % от нормы. В 2023 г. растения испытывали недостаток влаги в критические фазы роста и развития, условия данного года были менее благоприятными для роста и развития растений озимой ржи. Индекс условий среды в 2023 г. был отрицательным и составил  $I_j = -0,57$  и  $I_j = -0,11$  в первом и втором варианте соответственно.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Существует множество различных методик оценки экологической пластичности и стабильности. Однако при изучении селекционного материала и

новых сортов во времени (разные годы), можно получить информацию о пластичности, которая показывает процесс изменения в структуре и функциях, обеспечивающих выживаемость в варьирующих условиях внешней среды [4].

Анализ данных таблицы 1, которые были получены в результате трехлетних исследований, показал, что урожайность у изучаемых сортообразцов озимой ржи изменялась от 4,43 т/га до 7,83 т/га в 2021 г.; от 4,87 т/га до 8,01 т/га – в 2022 г. и от 4,23 т/га до 7,01 т/га в – 2023 г.

**Таблица 1. Параметры экологической пластичности и стабильности сортообразцов озимой ржи**

Сортообразец, гибрид	Урожайность, т/га						$\sum x_i$	x	$b_i$	$S_i^2$
	2021 г.		2022 г.		2023 г.					
	В. I	В. II	В. I	В. II	В. I	В. II				
Офелия (К)	5,93	6,41	5,87	5,85	5,16	5,73	34,95	5,83	1,03	0,04
21-20	5,76	6,32	5,43	5,95	5,15	5,73	34,34	5,72	1,09	0,02
2-20	6,63	6,94	5,98	6,58	5,54	5,61	37,28	6,21	1,49	0,08
8-20	7,69	7,83	7,76	8,01	6,60	7,01	44,90	7,48	1,33	0,10
Забава	7,22	7,24	6,45	7,33	5,54	6,17	39,95	6,66	1,94	0,07
РПД 19	7,32	7,43	7,13	7,42	5,40	5,74	40,44	6,74	2,17	0,31
РПД 201	6,83	6,93	6,22	6,18	5,88	6,41	38,45	6,41	0,84	0,09
РПД 202	6,97	6,93	6,05	6,23	5,60	6,61	38,39	6,40	1,14	0,15
КВС Боно	5,96	5,99	6,39	7,48	6,56	6,81	39,19	6,53	-0,06	0,40
Белги	6,01	6,48	7,33	7,82	6,51	6,93	41,08	6,85	0,24	0,52
Пралеска (К)	5,74	5,86	4,97	5,20	4,98	5,08	31,83	5,31	0,81	0,09
6-03	5,82	5,89	5,38	6,36	4,99	5,38	33,82	5,64	1,22	0,06
АТ-ПЛ 2	6,20	6,59	4,87	5,85	5,01	5,47	33,99	5,67	1,60	0,16
8-03	5,81	6,20	5,28	5,60	5,53	5,80	34,22	5,70	0,54	0,08
Виксана	5,53	6,22	5,12	5,23	4,23	5,31	31,64	5,27	1,63	0,10
ЖТ 218	5,49	5,89	5,35	5,74	5,02	5,19	32,68	5,45	0,89	0,01
РПТ 20	4,43	5,49	5,03	5,21	5,86	6,13	32,15	5,36	-0,66	0,40
РПТ 21	5,83	5,99	5,94	6,34	5,30	6,07	35,47	5,91	0,76	0,06
$\sum x_i$	111,17	116,63	106,55	114,38	98,86	107,18	$\sum_i \sum_{x_{ij}} = 654,77$			
$x_j$	6,18	6,48	5,92	6,35	5,49	5,95				
$I_j$	0,11	0,42	-0,14	0,29	-0,57	-0,11				

Наибольшую урожайность за период исследований показали сортообразец 8-20 и гибрид F<sub>1</sub> *Белги*, однако наблюдались различия в проявлении этого признака. У сортообразца 8-20 урожайность варьировала от 6,60 т/га до 8,01 т/га, а у *Белги* – от 6,01 т/га до 7,82 т/га. Самую низкую урожайность показали сортообразцы *РПТ 20* (от 4,43 т/га до 6,13 т/га) и *Виксана* (от 4,23 т/га до 6,22 т/га).

Уровень экологической пластичности сортообразцов характеризуется коэффициентом регрессии ( $b_i$ ). Данный показатель отражает отзывчивость на изменения условий выращивания, принимает значения больше, меньше или равное единице. Если коэффициент регрессии выше единицы ( $b_i \geq 1$ ) – сорт отзывчив на улучшение условий произрастания, если ниже единицы ( $b_i \leq 1$ ) – сорт слабо реагирует на изменения условий среды. Неотъемлемым свойством адаптивности является стабильность, которая характеризуется среднеквадратиче-

ским отклонением от линии регрессии ( $S_i^2$ ), показывает уровень устойчивости проявления урожайности в лимитирующих условиях среды. Высокостабильные генотипы проявляют не самую высокую, но постоянную урожайность в различных условиях произрастания. Невысокий показатель среднеквадратического отклонения от линии регрессии свидетельствует о стабильности сорта [5]. Коэффициент регрессии (пластичность) и среднеквадратическое отклонение (стабильность) следует рассматривать в комплексе. Сортообразцы, сочетающие высокий коэффициент регрессии и низкий показатель стабильности, можно отнести к пластичным, они положительно реагируют на улучшение условий произрастания. По нашим расчетам, к таким сортообразцам относятся: из диплоидной группы сортообразцы 8-20 ( $b_i = 1,33, S_i^2 = 0,10$ ); 2-20 ( $b_i = 1,49, S_i^2 = 0,08$ ); *Забава* ( $b_i = 1,94, S_i^2 = 0,07$ ), из тетраплоидной группы – 6-03 ( $b_i = 1,22, S_i^2 = 0,06$ ); *АТ-Пл2* ( $b_i = 1,60, S_i^2 = 0,16$ ); *Виксана* ( $b_i = 1,63, S_i^2 = 0,10$ ). Данные образцы, возделываемые по интенсивной технологии, показали наибольшую продуктивность. Сортообразцы, сочетающие низкий коэффициент регрессии и высокий показатель среднеквадратического отклонения, являются стабильными, они сохраняют продуктивность в различных условиях произрастания. К данному типу относятся сортообразцы *Белги* ( $b_i = 0,24, S_i^2 = 0,52$ ), *КВС Боно* ( $b_i = -0,06, S_i^2 = 0,40$ ), *РПТ 20* ( $b_i = -0,66, S_i^2 = 0,40$ ).

Для более полной оценки адаптивного потенциала сортообразцов озимой ржи были проведены расчеты таких показателей как стрессоустойчивость ( $Y_{\min} - Y_{\max}$ ) и генетическая гибкость ( $(Y_{\max} + Y_{\min}) / 2$ ), которые приведены в таблице 2.

**Таблица 2. Параметры адаптивности по урожайности зерна сортообразцов озимой ржи (среднее за 2021–2023 гг.)**

Сортообразец, гибрид	$Y_{\max}$	$Y_{\min}$	$Y_{\min} - Y_{\max}$ (стрессоустойчивость)	$(Y_{\max} + Y_{\min}) / 2$ (генетическая гибкость)
Офелия (К)	6,41	5,16	-1,25	5,79
21-20	6,32	5,15	-1,17	5,74
2-20	6,94	5,54	-1,40	6,24
8-20	8,01	6,60	-1,41	7,31
Забава	7,33	5,54	-1,79	6,44
РПД 19	7,43	5,40	-2,03	6,42
РПД 201	6,93	5,88	-1,05	6,41
РПД 202	6,97	5,60	-1,37	6,29
КВС Боно	7,48	5,96	-1,52	6,72
Белги	7,82	6,01	-1,81	6,92
Пралеска (К)	5,86	4,97	-0,89	5,42
6-03	6,36	4,99	-1,37	5,68
АТ-Пл 2	6,59	4,87	-1,72	5,73
8-03	6,20	5,28	-0,92	5,74
Виксана	6,22	4,23	-1,99	5,23
ЖТ 218	5,89	5,02	-0,87	5,46
РПТ 20	6,13	4,43	-1,70	5,28
РПТ 21	6,34	5,30	-1,04	5,82

Самую высокую стрессоустойчивость проявили сортообразцы тетраплоидной группы *ЖТ 218* ( $Y_{\min} - Y_{\max} = -0,87$ ), *Пралеска* ( $Y_{\min} - Y_{\max} = -0,89$ ), *8-03* ( $Y_{\min} - Y_{\max} = -0,92$ ). В диплоидной группе по данному показателю выделились сортообразцы *РПД 201* ( $Y_{\min} - Y_{\max} = -1,05$ ) и *21-20* ( $Y_{\min} - Y_{\max} = -1,17$ ). По результатам исследования генотип сортообразцов *8-20*, *Белги* и *КВС Боно* в наибольшей степени соответствовал условиям произрастания. Их показатели генетической гибкости были наибольшими ( $(Y_{\max} + Y_{\min}) / 2 = 6,72-7,31$ ). Согласно данному показателю выделившиеся сортообразцы проявляют наибольшую урожайность в различных условиях произрастания.

### Выводы

1. Индекс условий среды ( $I_j$ ) по годам изменялся от минус 0,57 до плюс 0,42. Гидротермические условия 2021 г. были наиболее благоприятными для озимой ржи, о чем свидетельствует индекс условий среды  $I_j = +0,11$  в варианте 1 и  $I_j = +0,42$  в варианте 2. Индекс условий среды в 2023 г. был отрицательным и составил  $I_j = -0,57$  и  $I_j = -0,11$  в первом и втором вариантах соответственно.

2. К пластичным следует отнести сортообразцы: из диплоидной группы *8-20* ( $b_i = 1,33$ ,  $S_i^2 = 0,10$ ); *2-20* ( $b_i = 1,49$ ,  $S_i^2 = 0,08$ ); *Забава* ( $b_i = 1,94$ ,  $S_i^2 = 0,07$ ), из тетраплоидной группы – *6-03* ( $b_i = 1,22$ ,  $S_i^2 = 0,06$ ); *АТ-Пл2* ( $b_i = 1,60$ ,  $S_i^2 = 0,16$ ); *Виксана* ( $b_i = 1,63$ ,  $S_i^2 = 0,10$ ), они положительно реагируют на улучшение условий произрастания. К генотипам, стабильно сохраняющим продуктивность в различных условиях произрастания, относятся гибриды  $F_1$  *Белги* ( $b_i = 0,24$ ,  $S_i^2 = 0,52$ ), *КВС Боно* ( $b_i = -0,06$ ,  $S_i^2 = 0,40$ ), тетраплоидный сортообразец *РПД 20* ( $b_i = -0,66$ ,  $S_i^2 = 0,40$ ).

3. Самую высокую стрессоустойчивость проявили сортообразцы тетраплоидной группы *ЖТ 218* ( $Y_{\min} - Y_{\max} = -0,87$ ), *Пралеска* ( $Y_{\min} - Y_{\max} = -0,89$ ), *8-03* ( $Y_{\min} - Y_{\max} = -0,92$ ). В диплоидной группе по данному показателю выделились сортообразцы *РПД 201* ( $Y_{\min} - Y_{\max} = -1,05$ ) и *21-20* ( $Y_{\min} - Y_{\max} = -1,17$ ). Самую высокую урожайность проявили сортообразец *8-20*, гибриды  $F_1$  *Белги* и *КВС Боно*, их генотип в наибольшей степени соответствовал условиям произрастания. Показатель генетической гибкости у них были наибольшим ( $(Y_{\max} + Y_{\min}) / 2 = 6,72-7,31$ ).

### Литература

1. Евдокимов, М.Г. Адаптивный потенциал сортов пшеницы (озимой, яровой мягкой и яровой твердой) селекции Омского аграрного научного центра / М.Г. Евдокимов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 10. – С. 9–15.

2. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых и крупяных культур: сборник отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; под ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. – Минск, 2012. – 288 с.

3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований: учебник для студентов высших с.-х. учебных заведений / Б.А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 346 с.

4. Потанин, В.Г. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений / В.Г. Потанин, А.Ф. Алейников, П.И. Степочкин // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Том 18, № 3. – С. 548–552.

5. Мамаев, В.В. Оценка параметров пластичности сортов озимой пшеницы в зависимости от погодных условий Юго-западной части центра России / В.В. Мамаев // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. Т. 48. – С. 165–169.

## **ADAPTIVE POTENTIAL OF WINTER RYE VARIETIES AND $F_1$ HYBRIDS**

**V. V. Chugayeva, A. S. Budko**

*The results of evaluation of the best winter rye varieties and  $F_1$  hybrids by yield and adaptability parameters are described in the paper. The level of their ecological plasticity and stability was established. The agroclimatic conditions under which the studied varieties grew were evaluated. The level of stress tolerance and genetic flexibility of winter rye was calculated. The most productive varieties with high adaptive potential were selected for inclusion in breeding programmes for high tolerance to abiotic stressors.*

УДК 631.52:633.14

## **РЕЗУЛЬТАТЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ САМОФЕРТИЛЬНЫХ ЛИНИЙ ОЗИМОЙ РЖИ**

*Д.Ю. Артюх, ст. научный сотрудник*

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»*

*(Дата поступления статьи в печать 06.05.2024)*

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

**Аннотация.** В статье изложены основные результаты изучения селекционных образцов  $I_1$ - $I_5$  поколений, полученных при скрещивании самофертильных линий и популяционных сортов озимой ржи в процессе создания высокоурожайных гибридов  $F_1$ . Выделены 47 перспективных линий пятого поколения  $I_5$  с высоким уровнем завязываемости зерна от 52,5 до 96,1 % и высокой зерновой продуктивностью от 200,2 до 316,1 г/м.п. Получено 314 новых инцухт-линий на основе 4 гибридов  $F_1$  западно-европейской селекции: КВС Боно, Серафино, Винетто, ЗУ Коссани; 263 из них (или 83,8 %) имели фертильность колоса свыше 40%.

### **Введение**

При селекции самофертильных (инбредных) линий главными критериями отбора в поколении  $I_{1,9}$  являются высокая зимостойкость, жизнеспособность и зерновая продуктивность, короткостебельность, устойчивость к полеганию, озерненность колоса, масса 1000 зерен, устойчивость к грибным болезням и к предуборочному прорастанию. Экспрессия этих признаков у инбредных линий тесно коррелирует с гибридами ( $r=0,7-0,9$ ). В первый тесткросс линии включают как можно раньше (в поколении  $I_2$ ) с тем, чтобы забраковать худшие и только лучшие включить в программу получения инцухт-линий. При селекции ли-