

УДК: 633.14:631.559(470.342)

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ РЖИ В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Парфенова Е.С., научный сотрудник, к. с.-х. н.

ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока

E-mail: [elka1745@yandex.ru](mailto:elka1745@yandex.ru)

Аннотация. В статье представлены результаты оценки экологической пластичности и стабильности урожайности сортов озимой ржи в 2003-2015 гг. условиях Кировской области. Обоснована актуальность оценки сортов на экологическую пластичность и стабильность. Выделено 6 сортов с наилучшим значением параметра стабильности. Оптимальным сочетанием урожайности и параметра стабильности отличались 4 сорта. Дана оценка условий выращивания по индексу среды.

Ключевые слова: озимая рожь, сорт, экологическая пластичность, стабильность, урожайность, условия среды.

Введение. Озимая рожь возделывается в разнообразных почвенно-климатических условиях, что доказывает высокий уровень адаптивности этой культуры. Устойчивость к действию абиотических стрессоров у озимой ржи можно считать эволюционно обусловленной [1]. В России основное производство ржи (более 70% посевных площадей) сосредоточено в Приволжском федеральном округе. В Кировской области озимая рожь всегда занимала важно место среди зерновых культур. Однако, за период 1997-2017 гг. площади посева этой культуры сократились с 312 до 77 тыс. га, что обусловлено, среди прочих факторов, недостаточно высоким уровнем урожайности возделываемых сортов [8]. Рост урожайности и стабильность валовых сборов зерна ржи связаны с адаптивностью сортов, то есть с приспособленностью их к условиям среды. Для условий Кировской области, входящей в Северо-Восточный регион РФ, сорта должны характеризоваться высокой зимостойкостью, устойчивостью к снежной плесени и хорошей весенней регенерацией, толерантностью к эдафическому стрессу.

Таким образом, вопрос адаптивности в селекции озимой ржи является актуальным. Адаптивная селекция направлена на выведение сортов, приспособленных для возделывания в конкретном регионе [6]. Адаптивные сорта должны обеспечивать достаточно высокую урожайность в благоприятных условиях, и стабильную – в стрессовых. Необходимо оценивать соответствие сорта экологическим условиям данной местности, то есть проводить оценку его экологической пластичности и стабильности. Экологическая пластичность – это реакция генотипа на изменение условий среды, проявляющаяся в фенотипической изменчивости; стабильность – это способность генотипа поддерживать определенный фенотип в различных условиях среды [3].

Существует ряд методов количественной оценки экологической пластичности и стабильности сортов по различным признакам, в том числе урожайности. Широко распространен метод Eberhart S.A., Russel W.A. [9], который заключается в расчете коэффициента линейной регрессии ( $b_i$ ) и среднего квадратического отклонения от теоретической линии регрессии ( $\sigma_d^2$ ). Метод позволяет оценить, с одной стороны, реакцию сорта, выраженную в изменениях значений признака при изменении условий выращивания, с другой стороны – фактическое отклонение от этой реакции при испытании сорта. Коэффициент линейной регрессии характеризует пластичность сорта, среднее квадратическое отклонение – его стабильность [5]. К достоинствам метода относят универсальность подхода, возможность интегральной оценки среды, проводимой по урожайности (или другому оцениваемому признаку) [7].

Основной характеристикой сорта является его урожайность, поэтому возникает интерес к оценке экологической пластичности и стабильности сортов именно по этому признаку, что определяет актуальность данных исследований.

Цель исследований – оценка экологической пластичности и стабильности сортов озимой ржи отечественной селекции по признаку «урожайность».

Методика исследований. Расчет экологической пластичности и стабильности проведен для данных урожайности сортов озимой ржи отечественной селекции, полученных в период 2003-2015 гг. Сорты проходили изучение в экологическом сортоиспытании ФАНЦ Северо-Востока. Площадь делянки – 5 м<sup>2</sup>, повторность опыта 2-х-кратная. Стандарт – районированный сорт Фаленская 4. Посев сеялкой СКС 6-10, уборка комбайном Сампо-130. В питомнике проводили учет и оценку хозяйственно-ценных признаков и биологических свойств (урожайность, зимостойкость, устойчивость к полеганию, высота растений, анализ структуры урожая, степень поражения листостебельными болезнями).

Статистическая обработка данных проведена методом дисперсионного анализа с применением пакета программ AGROS (версия 2.07, 1998). Показатель силы влияния факторов ( $h_x^2$ ) на результативный признак вычислен по методу Снедекора, изменчивость признаков – по коэффициенту вариации  $V$  в % в изложении Лакина Г.Ф. [4].

Для расчета экологической пластичности и стабильности использовали метод Eberhart S.A., Russel W.A. в изложении Зыкина В.А. и др. [2]. На первом этапе проводится оценка условий среды с помощью индекса  $I_j$ : чем выше значение  $I_j$ , тем благоприятнее условия. Далее рассчитывали коэффициент линейной регрессии ( $b_i$ ) и среднее квадратическое отклонение от теоретической линии регрессии ( $\sigma_d^2$ ). При  $b_i = 1$  (или близком к 1) сорт считается низкопластичным (не реагирует на изменение условий внешней среды); при  $b_i > 1$  сорт высокопластичный, интенсивного типа (сильно отзывается на улучшение условий среды); при  $b_i = 0$  (или близком к 0) сорт слабо реагирует на изменение условий возделывания (сорт экстенсивного типа). Показатель  $\sigma_d^2$  характеризует стабильность признака в различных условиях: чем меньше значение  $\sigma_d^2$ , тем более стабилен признак. По мнению авторов метода, используемого в данном исследовании, стабильным считается сорт с высоким средним значением признака,  $b_i = 1$  и минимально возможным значением  $\sigma_d^2$ . Урожайность такого сорта во всех условиях среды будет выше среднего уровня.

Результаты исследований. Условия проведения исследований были разнообразными, что подтверждают значения индексов условий среды ( $I_j$ ). Наиболее благоприятные условия для признака «урожайность» складываются в годы с наибольшим значением данного индекса (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика условий по индексу среды ( $I_j$ )

Годы исследования												
2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Индексы среды												
0,17	-0,91	-1,96	1,09	-0,77	0,99	1,40	-1,07	2,57	0,58	0,13	-2,47	0,23
Ранг года по убыванию индекса среды												
7	10	12	3	9	4	2	11	1	5	8	13	6

За исследованный период преобладали годы с положительным значением индекса условий среды (8 лет), реже отмечали годы с отрицательным значением индекса (5 лет). Среди лет с положительным значением индекса условий проведено ранжирование показателя в убывающем порядке: 2011 ( $I_j = 2,57$ ), 2009 ( $I_j = 1,40$ ), 2006 ( $I_j = 1,09$ ), 2008 ( $I_j = 0,99$ ), 2012 ( $I_j = 0,58$ ), 2015 ( $I_j = 0,23$ ), 2003 ( $I_j = 0,17$ ), 2013 ( $I_j = 0,13$ ). Таким образом, в 2011 году условия среды были лучшими для формирования урожайности ( $I_j = 2,57$ ).

Наименее благоприятным был 2014 год ( $I_j = -2,47$ ). Также неблагоприятными были 2005 ( $I_j = -1,96$ ), 2010 ( $I_j = -1,07$ ), 2004 ( $I_j = -0,91$ ) и 2007 гг. ( $I_j = -0,77$ ).

Результаты дисперсионного анализа показали, что факторы «сорт», «год», а также взаимодействие «сорт x год» оказывают статистически значимое влияние на урожайность сортов на 5%-ном уровне значимости (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа сортов озимой ржи по признаку «урожайность» (2003-2015 гг.)

Источник варьирования	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub>	Сила влияния фактора ( $h_x^2$ )
Фактор «сорт»	160,623	20	8,031	54,414	1,6	0,10
Фактор «год»	998,203	12	83,184	563,600	1,8	0,65
Взаимодействие «сорт x год»	319,153	240	1,33	9,010	1,3	0,20
Повторение в факторе «год»	5,997	1	5,997	40,629	3,9	-
Варианты	1477,979	272	5,434	36,816	1,3	-
Общее	1524,121	545	-	-	-	-
Остаточное	40,145	272	0,148	-	-	-

Наибольшее влияние на варьирование признака «урожайность» оказал фактор «год» ( $h_x^2 = 0,65$ ). Также значительное влияние оказывало взаимодействие «сорт x год» ( $h_x^2 = 0,20$ ). Фактор «сорт» имел меньшее влияние – значение  $h_x^2$  составило 0,10.

Статистическая значимость влияния изучаемых факторов на признак «урожайность» позволяет провести оценку сортов по параметрам экологической пластичности и стабильности. В таблице 3 представлены показатели пластичности и стабильности за период изучения, а также данные средней урожайности сортов. Лимиты значений признака вычислены как разность между максимальным и минимальным значениями признака.

Таблица 3 – Параметры экологической пластичности и стабильности сортов озимой ржи (2003-2015 гг.)

Сорт	Урожайность, т/га		Пластичность ( $b_i$ )	Стабильность ( $\sigma_d^2$ )
	средняя	лимиты		
Фаленская 4 - стандарт	4,85	4,63	0,74	0,23
Эра	4,67	6,81	1,08	0,86
Рушник	4,64	4,77	0,81	0,44
Волхова	4,57	6,75	1,20	0,52
Снежана	4,19	4,65	0,95	0,34
Дымка	4,14	4,96	1,00	0,53
Татьяна	4,06	7,65	1,55	1,08
Исеть	4,00	5,21	1,05	0,06
Кировская 89	3,98	3,70	0,79	0,18
Чулпан 7	3,98	7,03	1,01	1,24
Радонь	3,86	5,13	0,98	0,63
Вятка 2	3,82	5,03	0,85	0,68
Крона	3,81	5,82	0,84	1,50
Эстафета Татарстана	3,74	6,16	1,07	0,51
Пышма	3,71	3,29	0,63	0,34
Татарская 1	3,64	6,08	1,23	0,46
Антарес	3,37	5,55	0,94	0,72
Безенчукская 87	3,25	6,06	1,12	0,84
Альфа	3,12	5,66	1,12	0,98
Саратовская 7	3,08	5,12	0,93	0,94
Саратовская 5	2,80	5,12	1,06	0,64
Среднее	3,87	5,48	1,00	-
Коэффициент вариации V, %	14,2	-	5,1	9,3

$F_{\text{факт}}$	4,8	-	1,4	-
$F_{05}$	1,6	-	1,6	2,8
$HCP_{05}$	0,67	-	-	-

Изменчивость урожайности сортов была невысокой ( $V = 14,2\%$ ). Наибольший размах варьирования признака отмечен у сорта Татьяна (7,65 т/га), наименьший – у сорта Пышма (3,29 т/га). Оценка частных различий сортов по урожайности показала, что большинство сортов по этому признаку существенно уступали стандарту Фаленская 4. Значение признака на уровне стандарта отмечено у сортов Рушник, Снежана, Эра, Волхова. Достоверно превышали средний уровень урожайности по выборке сорта Фаленская 4, Эра, Рушник, Волхова.

Коэффициент регрессии ( $b_i$ ) варьировал от 0,63 (Пышма) до 1,55 (Татьяна). Изменчивость сортов по коэффициенту регрессии была низкой ( $V=5,1\%$ ). Сорта выборки не имеют статистически значимых различий по коэффициентам регрессии ( $F_{\text{факт.}} 1,4 < F_{\text{теор.}} 1,6$ ). Таким образом, пластичность всех сортов данной выборки практически одинакова.

Значения среднего квадратического отклонения сортов ( $\sigma_d^2$ ) варьировали незначительно ( $V=9,3\%$ ) и находились в пределах 0,06 (Исеть) – 1,5 (Крона). Сравнение значений  $\sigma_d^2$  у сортов с помощью F-критерия позволило выделить сорта с высокой стабильностью: Исеть ( $\sigma_d^2= 0,06$ ), Кировская 89 ( $\sigma_d^2= 0,18$ ), Фаленская 4 ( $\sigma_d^2= 0,23$ ), Снежана ( $\sigma_d^2= 0,34$ ), Пышма ( $\sigma_d^2= 0,34$ ), Рушник ( $\sigma_d^2= 0,44$ ). Эти сорта имеют статистически значимые различия по параметру стабильности с большим количеством сортов данного набора.

В используемой методике оптимальным считается следующее сочетание параметров пластичности и стабильности: значение коэффициента регрессии  $b_i$ , равное или близкое к 1, наибольшее среднее значение признака во всех средах (условиях, годах) и при этом как можно меньшее значение параметра стабильности  $\sigma_d^2$  (минимальное отклонение от теоретической линии регрессии). Такой сорт, по мнению авторов методики, будет считаться однозначно стабильным в проявлении признака (в данном случае, урожайности).

Поскольку сорта в изучаемом наборе не имеют существенных различий по коэффициентам регрессии ( $b_i$ ), то для сравнительной оценки в данном случае используются показатели среднего значения признака и параметра стабильности  $\sigma_d^2$ . Наилучшее сочетание этих показателей (высокое среднее значение урожайности и малое отклонение  $\sigma_d^2$ ) имеется у сортов Фаленская 4, Эра, Рушник, Волхова. Для получения более полной информации об изменении урожайности вышеуказанных сортов в различных условиях среды построен график регрессии урожайности (рисунок 1).

Положение линий регрессии показывает, что урожайность сортов выше среднего уровня во всем диапазоне условий среды (индексы  $I_j$  от -2,47 до 2,57). В неблагоприятных условиях выращивания (индексы среды от -2,47 до 0) представленные сорта имеют примерно одинаковый наклон линий регрессии. Их урожайность в таких условиях изменяется почти параллельно среднему уровню.

При этом сорта Фаленская 4 и Рушник (селекции ФАНЦ Северо-Востока) более урожайны относительно сортов Эра и Волхова (селекции Ленинградского НИИСХ). При улучшении условий выращивания (индексы  $I_j$  от 0 до 2,57) сорта Эра и Волхова сильнее повышают урожайность по сравнению с сортами Фаленская 4 и Рушник.

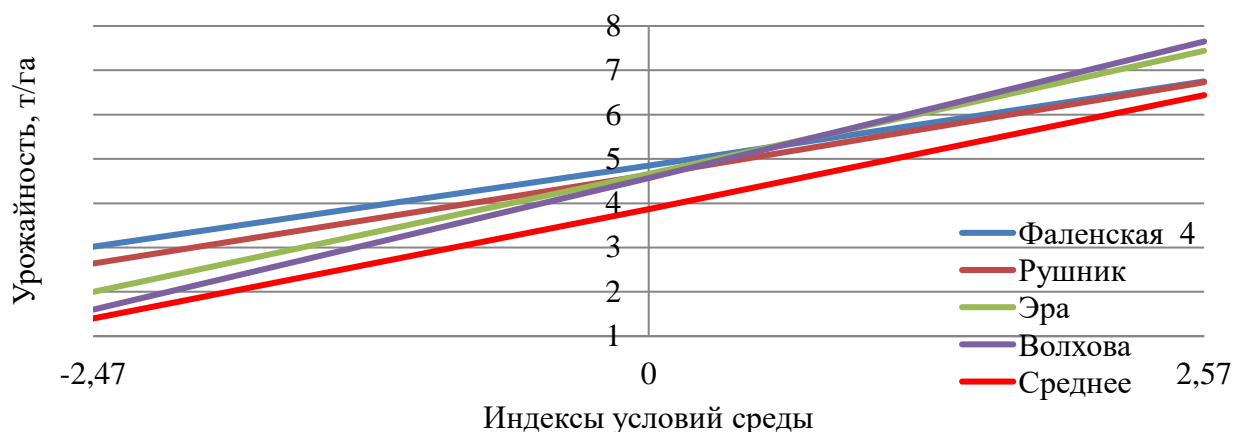


Рисунок 1 – Линии регрессии урожайности сортов на изменение условий среды

Выводы. Таким образом, результаты исследований показали, что пластичность сортов выборки по признаку «урожайность» была практически одинаковой. Показатель стабильности  $\sigma_d^2$  варьировал в пределах 0,06 (Исеть) – 1,5 (Крона). Сорта Фаленская 4, Рушник, Эра и Волхова в условиях Кировской области отличаются стабильностью признака «урожайность». Выделены сорта с достоверно более высокой стабильностью: Исеть ( $\sigma_d^2=0,06$ ), Кировская 89 ( $\sigma_d^2=0,18$ ), Фаленская 4 ( $\sigma_d^2=0,23$ ), Снежана ( $\sigma_d^2=0,34$ ), Пышма ( $\sigma_d^2=0,34$ ), Рушник ( $\sigma_d^2=0,44$ ). Эти сорта имеют статистически значимые различия по параметру стабильности с большим количеством сортов данного набора. За 13-летний период исследований 8 лет были относительно благоприятными (индекс условий среды от 0,13 до 2,57), 5 лет – неблагоприятными (индекс условий среды от -0,77 до -2,47). Разнообразие условий среды способствует более объективной оценке селекционного материала, и в конечном итоге, может повышать адаптивность создаваемых сортов для условий Кировской области и Северо-Восточного региона.

Список литературы.

1. Жученко А.А. Рожь – стратегическая культура в обеспечении продовольственной безопасности России в условиях глобального и локального изменения погодно-климатических условий. Киров: НИИСХ Северо-Востока. 2009. 52 с.
2. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Недорезков В.Д., Исмагилов Р.Р., Кадиков Р.К., Исламгулов Д.Р. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа. 2005. 100 с.
3. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхналогія. 1997. 372 с.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа. 1980. 293 с.
5. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Методы оценки экологической пластичности сортов сельскохозяйственных растений // Итоги работ по селекции и генетике кукурузы: Сб. статей к 80-летию акад. ВАСХНИЛ М.И. Хаджинова. Краснодар. 1979. с.113-120.
6. Пономарева М.Л., Пономарев С.Н., Маннапова Г.С., Гильмуллина Л.Ф. Особенности селекции озимой ржи на адаптивность в Республике Татарстан // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 5. С. 11-14.
7. Потанин В.Г., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т.18. № 3. с. 548-552.
8. Уткина Е.И. Селекция озимой ржи в условиях Волго-Вятского региона: дис. доктора с.-х. наук. М. 2017. 343 с.
9. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability Parameters for Comparing Varieties. Crop Science. 1966. V.6. № 1. P. 36-40.