Н. И. Аниськов

доктор с./х. наук, с. н. с., ФГБНУ ВИР им. Н.И. Вавилова,
г. Санкт-Петербург, РФ

И. В. Сафонова

кандидат с./х., с. н. с., ФГБНУ ВИР им. Н.И. Вавилова,
г. Санкт-Петербург, РФ

E-mail: i.safonova@vir.nw.ru;

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ И АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА.

Аннотация: В статье рассмотрены результаты изучения 8 сортов низкопентозановой озимой ржи. На основании шестилетних результатов испытания (2012-2017г.г.) была дана характеристика и проведен расчет и анализ по признаку «урожайность зерна» параметров адаптивности, пластичности, стабильности и стрессоустойчивости сортов. Параметры адаптивности, пластичности и стабильности определяли по методикам: Животкова Л.А. (1994), Кильчевского А.В., Хотылевой Л. В. (1997), Eberhart S.A., Russell W.A. (1966), стрессоустойчивость по Гончаренко А.А. (2005). Результаты оценки урожайности и адаптивной способности, показали, что наиболее приспособлены для возделывания в с/х производстве сорта: Царскосельская, Новая Эра, Вавиловская они способны давать высокую стабильную урожайность не только в благоприятные годы, но и в контрастных условиях.

Ключевые слова: Озимая рожь, сорт, урожайность, адаптивность, гоместатичность, генотип, среда, условия, потенциал, экологическая пластичность, стабильность, селекция, изменчивость, гомеостаз, максимальная и минимальная продуктивность, условия выращивания, ранг, стрессоустойчивость, факторы среды.

Введение

Озимая рожь – одна из основных продовольственных и кормовых культур мира, особенно значима в России. В настоящее время вопрос возделывания ржи в Северо-Западном регионе становится все более актуальным, так как среди

зерновых колосовых культур она является одним из основных источников продовольственного и фуражного зерна. Одним из факторов, сдерживающим ее распространение, является нестабильность получения урожая по годам, вследствие частичной или полной гибели растений при перезимовке в результате резких изменений метеоусловий, присущих местному климату. Изменить эту ситуацию можно за счет создания, новых сортов озимой ржи, сочетающих высокую продуктивность.

Устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам, хорошо адаптированных к почвенно-климатическим условиям возделывания [1, с. 3-5; 2, с.32-34]. При решении этой задачи необходимы методы математического анализа, позволяющие определить и оценить специфику проявления генотипических различий сорта в разных условиях среды. Оценку экологических параметров можно получить в одном месте за 1 год, но при трех разных сроках посева, а также посев в один срок, но в трех различных местах или за три различных года на одном пункте [3, с.4-6; 4, с.618-619]. Адаптивность сортов, их устойчивость к лимитирующим факторам среды и способность давать высокий и стабильный урожай привлекают все большее внимание селекционеров. К сожалению, вопросы экологической пластичности сортов озимой ржи в условиях Северо-Западного региона изучены недостаточно. В связи с этим была поставлена цель исследований – дать всестороннюю оценку по параметрам урожайности, экологической адаптивности, стабильности, пластичности и стрессоустойчивости низкопентозановых сортов озимой ржи селекции ВИР.

Материал и методы.

Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2012-2017 гг., на опытных полях Пушкинских лабораторий ВИР (научно-производственная база «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»). Было изучено 8 сортов низкопентозановой озимой ржи, селекции ВИР. Сроки посева в период с 28 августа по 11 сентября. Агротехника проведения опыта общепринятая для Северо-Западного региона. Площадь делянки 10 м², повторность трехкратная. Норма высева 350 зерен/ м² или 3,5 млн. всхожих зерен на гектар. Посев проведен

селекционной сеялкой СФФК-7. В течение вегетационного периода проводились фенологические наблюдения. Уборка проводилась в фазу полной спелости селекционно-семеноводческим комбайном Sampo-130. Стандартом служил районированный высокопентозановый сорт озимой ржи Ильмень. Изучение проведено согласно: методическим указаниям по изучению мировой коллекции ржи [5, с. 44]. Математическую обработку с целью выявления существенных различий проводили методом дисперсионного анализа по Доспехову Б.А. [6, с. 294-297]. Расчёт параметров адаптивности, стабильности и пластичности проводили по методикам: Кильчевского А.В. и др. [7, с. 20-25], Животкову Л.А. и др. [8, с. 3-6], Eberhart S.A., Russell W.A. [9, с. 36-40]. Стрессоустойчивость сортов определяли по методике A.A. Rossielle, J. Hemblin (1981) в изложении А.А. Гончаренко [10, с. 49-53].

Результаты исследований.

Продуктивность сортов озимой ржи зависела от особенностей роста и развития, которые определялись погодными условиями выращивания. Метеорологические условия вегетационного периода в годы исследований складывались контрастно как по температуре воздуха, так и по сумме выпавших осадков и довольно полно отражали особенности Северо-Западного региона. На полях Пушкинских лабораторий Ленинградской области погодные условия были благоприятными в 2012 и 2015 годах. В 2012 году урожайность составила 5,2-7,2 т/га, в 2015 году 6,3-7,5 т/га. Неблагоприятные условия сложились в 2013 и 2016 годах, что негативно сказалось на продуктивности сортов, которая менялась от 2,2 до 4,5 т/га (см. табл.1). По результатам анализа средней урожайности исследуемых сортов озимой ржи установлено, что лишь 4 сорта (Новая Эра, Царскосельская, Джин, Рушник 2) из 8-ми превысили урожайность стандарта Ильмень (4,5 т/га), на 0,2-1,0 т/га или на 5-22% (см. табл. 1). Для оценки адаптивной способности и стабильности сортов по результатам экологического испытания существует ряд методов.

Таблица 1. Урожайность зерна сортов низкопентозановой озимой ржи
(Пушкин, 2012-2017 гг.)

Сорт	Урожайность, т/га						Средняя по сорту	В % к стандарту
	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
Ильмень стандарт	5,9	2,8	4,3	6,3	3,3	4,3	4,5	100
Енисейка 2	6,3	3,0	4,6	6,3	2,5	4,2	4,5	100
Царскосельская	6,2	4,5	5,1	6,5	4,1	5,2	5,3	118
Ника 3	5,4	3,0	3,3	6,9	3,4	4,2	4,4	98
Новая Эра	6,3	5,4	4,8	7,5	3,5	5,1	5,4	122
Рушник 2	7,3	2,2	4,2	6,6	3,1	4,3	4,6	105
Вавиловская	5,2	2,6	4,7	6,4	3,7	4,5	4,5	100
Джин	7,2	2,9	6,0	6,4	3,2	5,0	5,1	113
Среднегодовая по году xj	6,2	3,3	4,6	6,6	3,4	4,6	4,8	-
Индексы условий Ij	+1,4	-1,5	-0,2	+1,8	-1,3	-0,2	-	-

Они отличаются как степенью сложности вычисления, так и по применяемым подходам (регрессивный, дисперсионный, кластерный и другие).

На первом этапе, для определения существенности вкладов генотипов, сред и взаимодействий между ними используется дисперсионный анализ. Достоверность различий между этими эффектами определяется по F-критерию (см. табл. 2). Нами выявлена значимость влияния эффектов среды и генотипов на показатель «урожайность зерна». Причем основное влияние на урожайность зерна оказывают условия лет испытания – 79,4 %. Доля сорта составила – 7,4%.

Таблица 2. Дисперсионный анализ урожайности зерна сортов озимой ржи
(Пушкин, 2012-2017 гг.).

Дисперсия	Сумма квадратов	Степень свободы	Среднее квадрат.	F ф	F ₀₅	Доля, %
Общая	98,2	47	-	-	-	-
Годы	77,9	5	15,58	41,8	2,5	79,4
Сорта	7,3	7	1,07	2,9	2,3	7,4
Остаток	12,9	35	0,330	-	-	-

В настоящее время используются разные методы определения реакции сорта на изменения условий среды. Важное место занимает методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов, предложенная Животковым Л.А. (1994), она основана на расчете адаптивного потенциала сортов по варьированию их урожайности с использованием показателя «средне-сортная урожайность года». Расчет этой величины у каждого сорта определялся при сравнении его урожайности со средне-сортной через процентное соотношение (см. табл.3).

Таблица 3. Показатели коэффициента адаптивности сортов озимой ржи
(Пушкин, 2012-2017 гг.).

В %

Сорт	% отклонения от средне- годовой						К.А.
	2012г.	2013г.	2014г.	2015г.	2016г.	2017г.	
Ильмень стандарт	95	84	93,5	95	97	93	93
Енисейка 2	101	90	100	95	73	91	92
Царскосельская	100	136	110	98	120	113	114
Ника 3	87	90	71	104	100	91	91
Новая Эра	101	163	104	113	100	110	116
Рушник 2	117	66	91	100	91	93	93
Вавиловская	83	78	102	96	108	98	95
Джин	116	87	130	96	94	108	106

За годы исследований по показателю адаптивности сорта расположились в следующей очередности: Новая Эра (К.А.= 116%), Царскосельская (К.А.= 114%), Джин (К.А.= 106%), у сортов: Енисейка 2, Ника 3, Рушник 2, Вавиловская адаптивность на уровне стандарта Ильмень.

При изменяемых метеорологических условиях важным показателем сортов является их устойчивость к стрессу, уровень которого определяется по разности между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{\min} - Y_{\max}$). Этот показатель имеет отрицательный знак, и чем он меньше, тем выше стрессоустойчивость сорта. Нами установлено, что самую высокую устойчивость к стрессу имеет сорт озимой ржи Царскосельская (-2,4), у которого

наблюдался самый минимальный разрыв, у остальных сортов этот показатель на уровне стандарта.

Таблица 4. Стрессоустойчивость сортов озимой ржи
(Пушкин, 2012-2017 гг.).

Сорт	Y, т/га	Y min, т/га	Y max, т/га	Y min – Y max	$\frac{Y \min + Y \max}{2}$
Ильмень стандарт	4,5	2,8	6,3	-3,5	4,6
Енисейка 2	4,5	2,5	6,3	-3,8	4,4
Царскосельская	5,3	4,1	6,5	-2,4	5,3
Ника 3	4,4	3,0	6,9	-3,9	5,0
Новая Эра	5,5	3,5	7,5	-4,0	5,5
Рушник 2	4,7	2,2	7,3	-5,1	4,7
Вавиловская	4,5	2,6	6,4	-3,8	4,5
Джин	5,1	2,9	7,2	-4,3	5,1

Характеристику сортов по разности между минимальной и максимальной урожайностью, дополняет величина $\frac{Y \min + Y \max}{2}$, которая отражает среднюю урожайность сортов в контрастных (благоприятных и неблагоприятных) условиях. В условиях Ленинградской области данный показатель был наибольшим у сортов Новая Эра, Царскосельская, Джин, Ника 3, что говорит о высокой степени соответствия между сортами и факторами среды (см. табл.4).

Один из эффективных методов по оценке адаптивности генотипов разработан А.В. Кильчевским и Л.В. Хотылевой, который дает возможность определить общую и специфическую адаптивность сортов. При этом под адаптивной способностью понимают способность сорта поддерживать свойственное ему фенотипическое выражение признака в определенных условиях среды. Общая адаптивная способность генотипа (ОАС) характеризует среднее значение признака в различных условиях среды и позволяет выделить сорта, обеспечивающие максимальный средний урожай. Специфическая адаптивная способность (САС) – это отклонение от общей адаптивной способности в контрастной среде. Под стабильностью в данном случае понимают способность сорта поддерживать определенный фенотип в различных условиях среды. В наших исследованиях по общей адаптивной способности

выделились сорта ржи: Енисейка 2, Новая Эра, Рушник 2, Вавиловская (см. табл.5).

Таблица 5. Оценка адаптивной способности сортов озимой ржи
(Пушкин, 2012-2017 гг.).

Сорт	по А.В. Кильчевскому, Л.В. Хотылевой			по Eberhart S.A., Russell W.A.	
	OAC (Vi)	CACi (σ^2)	Сц Гi	bi	S ² di
Ильмень стандарт	0,05	1,68	2,3	1,1	4,0
Енисейка 2	1,16	1,03	2,3	1,1	4,0
Царскосельская	-0,16	2,72	2,7	0,7	4,0
Ника 3	-0,16	1,31	2,2	1,2	5,1
Новая Эра	0,24	1,81	2,7	0,6	1,8
Рушник 2	0,14	0,29	2,3	1,5	7,8
Вавиловская	0,14	1,92	2,2	1,0	3,5
Джин	-1,06	0,53	2,6	1,2	4,9

Наименее адаптивны сорта: Джин, Царскосельская, Ника 3. Стабильность реакции сорта определяется параметрами специфической адаптивной способности. По нашим расчетам наиболее стабильны сорта: Царскосельская, Вавиловская, Новая Эра, Ильмень, Ника 3, Енисейка 2. Не стабильны сорта: Рушник 2, Джин. Для достижения оптимального баланса при отборе по адаптивности, стабильности и продуктивности используется параметр – селекционная ценность генотипа – Сц Гi. В нашем опыте по этому параметру выделились сорта: Царскосельская, Новая Эра, Джин (см. табл.5).

Широко используемый в настоящее время метод Eberhart S.A., Russell W.A. (1966), показал, что исследуемые сорта по степени реакции на условия среды разделяются на две группы: первая – сорта Царскосельская, Новая Эра, у которых $b_i < 1$, эти сорта слабо отзывчивы на улучшение условий выращивания; вторая – сорта Рушник 2, Джин, Ника 3, Енисейка 2, Ильмень, у которых $b_i > 1$,

интенсивные сорта, которые наиболее отзывчивы на технологические факторы. Высокая степень стабильности отмечена у сортов Новая Эра, Вавиловская, Царскосельская, Енисейка 2, Ильмень.

Большинство исследователей при оценке сортов несколькими методами расчета адаптивности используют ранжировку сортов и окончательную оценку проводят по сумме рангов (см. табл.6).

Таблица 6. Ранжирование сортов озимой ржи по показателям адаптивности определенными разными методами (Пушкин, 2012-2017 гг.).

Сорт	Ранг по								Сумма рангов
	К.А.	$\frac{Y_{\min} - Y_{\max}}{2}$	$\frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2}$	ОАС (Vi)	САСi (б ²)	Сц Gi	bi	S ² di	
Ильмень стандарт	5	2	6	4	4	3	3	3	30
Енисейка 2	6	3	8	1	6	3	3	3	30
Царскосельская	2	1	2	5	1	1	5	3	20
Ника 3	7	4	4	5	5	4	2	5	36
Новая Эра	1	5	1	2	3	1	6	1	20
Рушник 2	5	7	5	3	8	3	1	6	38
Вавиловская	4	3	7	3	2	4	4	2	29
Джин	3	6	3	6	7	2	2	4	33

В данных исследованиях сорта: Царскосельская, Новая Эра, Вавиловская, Енисейка 2, Ильмень, которые набрали меньшую сумму рангов, оказались наиболее адаптивными к условиям возделывания в Ленинградской области.

Заключение

1. Описанные методики позволяют оценить адаптивную способность сортов в экологическом изучении.
2. Эти методы оценивают разные характеристики специфичности проявления сортовых различий на фоне варьирования условий внешней среды. Они имеют определенные достоинства и недостатки.

3. Использование этих методов в комплексе позволяет более обоснованно выбирать адаптивные сорта и получать более полную информацию при анализе результатов экологического испытания.
4. Наиболее адаптивными сортами для возделывания низкопентозановой озимой ржи на зерно в Северо-Западном регионе являются сорта: Царскосельская, Новая Эра, Вавиловская, способные давать высокую и стабильную урожайность в разных условиях выращивания.

Список использованной литературы

1. Кобылянский В.Д. Рожь. Генетические основы селекции / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина. – М.: Колос, 1982. – 271 с.
2. Кобылянский В.Д., Солодухина О.В. Теоретические основы селекции зернофуражной ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов // Сельскохозяйственная биология, №2, 2013, – С. 31-39
3. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) – Кишинев: Штиница, 1990. – 432 с.
4. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология, Т.51, №5, с. 617-626.
5. Кобылянский В.Д., Сафонова И.В., Солодухина О.В., Аниськов Н.И. Изучение и сохранение мировой коллекции ржи // Методические указания // Санкт-Петербург: ВИР, 2015. – С.44
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). – / Б.А. Доспехов. 6 издание дополненное и переработанное. – М., Агропромиздат, 1985. – С.351.
7. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений. Минск: Технология, 1997. 372 с.
8. Животков Л.А. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по

- показателю «урожайности» // Л.А. Животков, З.А. Морозова, Л.И. Секатуева // Селекция и семеноводство. – 1994. №2. – с.3-6.
9. Eberhart S.A. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russell // Crop. sci.-1966. – Vol.6, №1. – P.36-40.
10. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Гончаренко А.А.// Вестник РАСХН. – 2005, №6. – с.49-53.

© Н.И. Аниськов, И.В. Сафонова, 2017