

признаков. Их родительские компоненты будут пригодны для создания новых систем ЦМС (МС-форма + ЗС + ВФ).

Таблица 4 – Характеристика гибридов F₁, полученных при скрещивании МС-тестеров с индуст-линиями, проявившими себя как аналоги восстановителя фертильности (2014 г.)

Образец	Зимостой- кость, %	Болезнь, балл				Высота расте- ний, см	Масса 1000 семян, г (при свободном опылении)	Главный колос			
		снежная плесень	мучнистая роса	бурая ржавчина	Высота расте- ний, см			масса зерна, г	завязывае- мость при самоопы- лении, %	фертиль- ность, балл	
МС-5 x In-377	76,0	1	2	2	75	25,24	1,61	87,2	9		
МС-7 x In-241	70,0	1	2	3	82	24,60	1,59	82,1	9		
МС-7 x In-536	83,8	1	2	3	100	23,52	1,46	76,4	8		
МС-16 x In-1103	60,0	1	2	2	90	24,00	0,61	35,9	7		
МС-17 x In-345	100,0	1	2	2	117	27,48	1,64	81,9	9		
МС-24 x In-1939	69,8	1	3	2	92	27,24	0,63	36,1	7		
МС-24 x In-2518	85,3	1	3	2	113	29,54	1,8	83,3	9		
МС-86 x In-377	88,0	1	2	3	93	24,33	0,66	31,2	7		
37 гибридных комбинаций	50,0- 100,0	1	2-3	2-3	82-125	19,16-31,65	0,25- 0,64	13,8-32,6	4-6		

Литература

1. Melz, G. Genetics of a male-sterile rye of „G-type“ with results of the first F₁ hybrids / G. Melz, Gu. Melz, F. Hartmann // In proc. Int. symp. on rye breed. and gen. EUCARPIA. – 2001. – P. 43-50.
2. Кобылянский, В.Д. Состояние селекции гибридной ржи и ее перспективы в России / В.Д. Кобылянский, Н.С. Лапиков, А.Г. Катерова // Аграр. наука Евро-Северо-Востока. – 2003. – №4. – С. 6-11.
3. Geiger, H.H. Hybrid rye and Heterosis / H.H. Geiger, T. Miedaner // Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. – Madison, Wisconsin, USA: Crop Sci. Soc. America, 1999. – P. 439-450.
4. Гончаренко, А.А. Селекционная оценка инбредных линий озимой ржи / А.А. Гончаренко, В.А. Трикозюк // Селекция и семеноводство. – 2004. – №1. – С. 13-17.

USE OF DIFFERENT CMS SYSTEMS IN WINTER RYE BREEDING FOR HETEROISIS D.Y. Artyukh

The collection of CMS forms and inbred lines was studied. 30 best genotypes with a high degree of total combining ability were identified. Their morphological and agronomic characters were determined. Pair crossings of 20 MS-testers with 30 identified inbred lines were carried out. Sufficient quantities of hybrid combinations in breeding for heterosis were obtained. There were 30 sterile and 45 fertile combinations with a complex of agronomic characters among them. Their parental forms would be suitable for the development of new CMS systems such as MS-form + sterility fixing agent + fertility restorer.

УДК 633.14:581.1:632.526

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ

*Т.В. Бирюкович, кандидат с.-х. наук, Д.Ю. Артюх
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию*

(Поступила 25.03.2015 г.)

Аннотация. Проведено сравнительное изучение параметров адаптивности различных сортов озимой ржи, проходивших государственное испытание в 2009-2013 гг. Выявлены специфические реакции отдельных сортов в динамике этого свойства, а также перспективные сорта, обладающие комплексом ценных адаптивных свойств: Дива, Веснянка, Лобел-103.

Введение. В последние годы основные усилия в селекции озимой ржи направлены на создание сортов интенсивного типа. В результате создавались короткостебельные сорта, более устойчивые к полеганию, обладающие высокой потенциальной урожайностью, но со сравнительно низким гомеостазом, о чем свидетельствует узкий ареал их районирования (нередко 2-3 области). В производственных условиях генетический потенциал урожайности таких сортов ржи используется не более чем на 50%. Причина не только в недостаточно высоком уровне агротехники, но и в их селекционной недоработке. Для более полной реализации достижений селекции сорт должен быть пластичен по отношению к конкретным условиям среды. Тем более что в любой почвенно-климатической зоне ежегодно меняется спектр лимитов экологических факторов.

Селекционная практика показывает, что создаваемые сорта могут различаться своей адаптивностью к смене лимитирующих факторов внешней среды, т.е. иметь относительно широкую или узкую экологическую пластичность. Понятие «адаптивность» определяет способность сорта обеспечивать высокую и устойчивую продуктивность в меняющихся условиях внешней среды [1].

В процессе естественного и искусственного отборов, которые проводят по всему генотипу растения, а не по отдельным признакам, неизбежна их сопряженная изменчивость. Это положение, в первую очередь, реализуется для таких интегрированных компонентов урожайности, как потенциальная продуктивность и экологическая устойчивость. Поэтому проблема соотношения потенциальной продуктивности и экологической устойчивости сортов приобретает все большее теоретическое и практическое значение [1].

Задача решается на различных этапах селекционного процесса, но наиболее обширная информация о норме реакции генотипа может быть получена на заключительных этапах в Государственном сортоиспытании, где генотипы изучаются в регионе предполагаемого использования в течение ряда лет [2].

В Государственный реестр Республики Беларусь на 2014 г. включено 33 сорта озимой ржи, из них 29 сортов – селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Большинство этих сортов, как правило,

интенсивного типа, требующие для полной реализации потенциальной продуктивности высоких доз минеральных удобрений, широкого применения химических средств защиты, постоянного совершенствования технологий возделывания. Однако приемы интенсификации, усиливающие рост растений, одновременно способствуют и уменьшению их устойчивости к экологическим стрессам. Расхождение между их фактической и потенциальной урожайностью во многом связано с тем, что в хозяйствах часто выращивают «популярные» сорта без учета их приспособленности к местным почвенным условиям. Широко адаптированным сортом можно считать такой сорт, который будет иметь преимущество в абсолютном большинстве сред обитания. Это сорт, сочетающий в себе генетически детерминированную высокую потенциальную продуктивность с устойчивостью к лимитирующим факторам среды [1].

Понятия «стабильность» и «пластичность» в отечественной и зарубежной литературе трактуются по-разному. Причина расхождения трактовок заключается в наличии ряда методов оценки и их селекционных интерпретаций. Методы оценки отличаются как по степени сложности вычислений, так и по применяемым подходам (пластерный, дисперсионный, регрессионный и др.).

Пластерный метод оценки позволяет сгруппировать генотипы по их реакции на среду по однотипности, идентифицировать общие и специфические различия между генотипами и средами (W.T. Williams, Byth). Дисперсионный метод оценки предполагает разделение эффекта взаимодействия генотип–среда для i -того генотипа на два компонента генотипической стабильности: линейный ответ на средовые эффекты и отклонение от линейного ответа (G.C.C. Tai, Q. Thang, S. Geng). Регрессионный метод оценки параметров пластичности и стабильности основан на вычислении коэффициента линейной регрессии урожайности сортов на градации экологических условий, представленных средней урожайностью всех изучаемых сортов. Коэффициент показывает на сколько единиц изменится урожайность сорта при изменении индекса среды на единицу. Этот метод был предложен K.W. Finlay, G.N. Wilkinson, дополнен S.A. Eberhart, W.A. Russell [2].

Цель наших исследований состояла в оценке параметров адаптивности сортов озимой ржи, проходивших испытания в ГСИ.

Материал и методика проведения исследований. Исходным материалом для исследований послужили 10 сортов озимой ржи, из которых 4 диплоидных, 3 тетраплоидных, 3 гибридных, проходивших Государственное испытание в 2009-2011 гг. и 2011-2013 гг. на 11 сортоучастках Республики Беларусь.

Погодные условия в годы исследований значительно различались, что позволило всесторонне и объективно оценить изучаемый материал. Крайне неблагоприятные, даже экстремальные, условия перезимовки сложились в 2011 г. и 2013 г. Снег выпал на непромерзшую почву и сохранялся в течение 100 дней в 2011 г. и 140 дней – в 2013 г. Высота снежного покрова доходила до 40 см при температуре почвы на глубине узла кущения от 0 до +1 °С. Такие условия способствовали сильному развитию снежной плесени и выпреванию посевов. Погодные условия в период весенне-летней вегетации в 2010 г., 2011 г. и 2013 г.

также резко отличались от среднесезонных значений. Так, дожди, прошедшие в первой декаде июня 2010 г., сопровождавшиеся шквалистым ветром, вызвали полегание отдельных сортов ржи еще до цветения, а жара, длившаяся более 30 дней (температура воздуха превысила среднесезонные значения на 6,5 °С), привела к сбросу продуктивных стеблей, снижению фертильности колоса и массе тысячи зерен. Погодные условия во время цветения (очень высокая температура воздуха – на 6 °С выше нормы при недостатке влаги в 2011 г. и ее избытке в 2013 г.) были крайне неблагоприятны для формирования урожая зерна озимой ржи. Условия осенней вегетации и перезимовки в 2009 г. и в 2012 г. сложились в целом достаточно благоприятно. Температурный режим и количество осадков в эти годы соответствовали норме. Исключение составил июнь 2012 г., в котором количество осадков превысило среднесезонные значения в 1,8 раза, что несколько негативно сказалось на устойчивости к полеганию.

Статистическую обработку данных проводили по методике Е.А. Эберхарта и У.А. Рассела, изложенной В.В. Пакудиным [3]. Для расчета коэффициента регрессии использовали формулу:

$$b_i = \frac{\sum_j x_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}, \text{ где } x_{ij} - \text{урожайность } i\text{-сорта в } j\text{-х условиях; } I_j - \text{индекс условий среды для } j\text{-го пункта (года испытания);}$$

$$I_j = \frac{(\sum_i x_{ij} / v) - (\sum_i \sum_j x_{ij} / v_n) \sum_i x_{ij}}{\sum_i \sum_j x_{ij}}, \text{ где } \sum_i \sum_j x_{ij} - \text{сумма урожайности всех сортов в } j\text{-й год}$$

испытания; v – число испытываемых сортов; n – число лет испытаний; $\sum_i \sum_j x_{ij}$ – сумма урожайности всех сортов по всем годам.

Теоретические показатели рассчитывали по формуле: $\hat{x}_{ij} = \bar{x}_i + b_i I_j$, где \bar{x}_i – средний урожай i -го сорта за годы испытаний; b_i – коэффициент регрессии; I_j – индекс условий среды.

Коэффициент стабильности $S_i^2 = \sum_j d_{ij}^2 / n - 2$ определяли как сумму квадратов отклонений (d_{ij}^2) теоретических показателей урожайности от фактических, деленную на число степеней свободы.

Результаты исследований и их обсуждение. Параметры пластичности (коэффициент регрессии) и стабильности (среднее квадратическое отклонение от линии регрессии) дают возможность предвидеть поведение сорта в производственных условиях.

Сорта, коэффициент регрессии у которых значительно ниже единицы, относятся к нейтральному типу (с низкой экологической пластичностью). Они слабо отзываются на изменения факторов среды, в условиях интенсивного земледелия не могут достигать высоких результатов, но при плохих условиях у них меньше снижаются показатели в сравнении с сортами интенсивного типа.

Сорта, коэффициент регрессии у которых выше единицы, относятся к интенсивному типу. Они обладают высокой пластичностью и специфической адаптацией, т.е. при оптимальных условиях формируют высокую урожайность.

Однако в неблагоприятные по погодным условиям годы, а также при недостаточно высоком уровне агрофона у них резко падает продуктивность.

При коэффициенте регрессии, равном или близком к единице (высокая экологическая пластичность), изменение показателей у сорта соответствует изменению условий: на хорошем агрофоне они высокие, на низком – незначительно снижаются.

Нулевое или близкое к нулю значение коэффициента регрессии показывает, что сорт не реагирует на изменение условий среды. Чем меньше квадратическое отклонение фактических показателей от теоретически ожидаемых (коэффициент стабильности), тем стабильнее сорт.

Полученные данные показывают, что урожайность у изучаемых сортов колебалась от 58,9 до 70,3 ц/га в благоприятном 2009 г., от 45,4 до 69,8 ц/га – в неблагоприятных 2011 г. и 2012 г. Наиболее урожайными были все гибридные сорта, диплоидный сорт Зарница, тетраплоидный сорт Зазерская-3. Однако сорта различались по уровню урожайности. Размах варьирования урожайности у сорта Зарница составил 8,5 ц/га, у сорта Зазерская-3 – 7,1 ц/га. У гибридных сортов варьирование урожайности было незначительным. Изучаемые сорта ржи проявили также специфические реакции на изменения условий выращивания. На наличие определенной специфичности величины урожайности указывает коэффициент регрессии (v_i), определяющий степень экологической пластичности сорта (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность и параметры экологической адаптивности сортов озимой ржи (по данным ГСИ)

Сорт	Урожайность, ц/га				Коэффициент регрессии (v_i)	Варианса стабильности (s^2)
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	X_i		
Диплоидные сорта						
Зарница (<i>стандарт</i>)	60,5	56,5	52,0	56,3	1,1	8,8
Дива	59,7	54,4	53,2	55,7	1,2	1,7
Тетраплоидные сорта						
Верасень (<i>стандарт</i>)	59,7	53,0	45,4	52,7	1,8	24,4
Белая Вежа	60,0	50,8	55,5	55,4	1,1	12,7
Веснянка	60,2	50,9	51,8	54,3	1,5	0,85
Зазерская-3	58,9	51,8	57,5	56,0	0,7	10,6
Гибридные сорта						
Лобел-103 (<i>стандарт</i>)	64,4	57,8	57,6	59,9	1,1	0,1
Агроном	69,9	69,1	67,2	68,7	0,3	1,6
Фестус	70,3	68,4	69,8	69,4	1,0	15,9
\bar{x}_j	62,6	56,9	56,6	58,7		
li	3,9	-1,8	-2,1			

Как видно из таблицы 1, наибольшей реакцией на условия года отличались два сорта тетраплоидной ржи – Верасень ($v_i = 1,8$) и Веснянка ($v_i = 1,5$) – и дипло-

идный сорт Дива ($v_i = 1,2$), которые можно отнести к сортам интенсивного типа. Из этих сортов наиболее стабильные прибавки или снижение урожайности в зависимости от условий года отмечены у сортов Веснянка ($s^2 = 0,85$) и Дива ($s^2 = 1,7$). Как самый нестабильный характеризовался сорт Верасень ($s^2 = 24,4$). Равными коэффициентами регрессии ($v_i = 1,1$) и примерно равной урожайностью характеризовались пластичные сорта Зарница и Белая Вежа при большей стабильности урожайности сорта Зарница ($s^2 = 8,8$). Такой же коэффициент регрессии был и у двух гибридных сортов – Лобел-103 и Фестус. Однако, несмотря на то, что урожайность сорта Фестус была выше, чем у гибридного стандарта, на 9,5 ц/га, она оказалась очень нестабильной ($s^2 = 15,9$ против $s^2 = 0,1$ у стандарта).

Сорт Зазерская-3 с коэффициентом регрессии ($v_i = 0,7$) можно отнести к сортам нейтрального типа (низкая экологическая пластичность). Самое низкое значение ($v_i = 0,3$) было характерно для гибридного сорта Агроном. Этот сорт имел стабильно ($s^2 = 1,6$) высокую урожайность (67,2-69,9 ц/га) и не реагировал на изменение условий выращивания.

Имея показатели коэффициента регрессии и средней урожайности, можно прогнозировать ранги сортов в лучших или худших условиях. Например, в благоприятном 2009 г. (индекс среды $li = 3,9$) среднюю урожайность (62,6 ц/га) по опыту не превысили ни диплоидные, ни тетраплоидные сорта. Превышение средней урожайности гибридными сортами составило 1,8-7,7 ц/га. В самом неблагоприятном 2011 г. (индекс среды $li = -2,1$) более низкий рейтинг по урожайности имели сорта Верасень (45,7 ц/га), Веснянка (51,8 ц/га), Зарница (52,0 ц/га). Кроме того, сорт Верасень, имея самую низкую урожайность среди всех изучаемых сортов (на 12,6 ц/га ниже средней в опыте), показал и самую низкую стабильность ($s^2 = 24,4$), что указывает на трудность прогнозирования урожайности у этого сорта. Сорт Веснянка в неблагоприятных условиях 2010-2011 гг. занимал предпоследнее место по урожайности среди всех сортов, но второе место среди популяционных сортов в благоприятном для проявления потенциальных возможностей 2009 г. Будучи сортом интенсивного типа ($v_i = 1,5$) с высоким показателем стабильности ($s^2 = 0,85$), он будет хорошо отзываться на улучшение условий выращивания и при соответствующей селекционной доработке в будущем может быть районирован. Что касается другого перспективного сорта Дива, то его урожайность в среднем за 3 года находилась на уровне стандарта. При его хорошей пластичности и лучшей по сравнению со стандартом стабильности он также может быть в перспективе районирован.

На основании коэффициента регрессии были рассчитаны теоретические показатели урожайности, позволяющие также иметь представление о характере связи между условиями выращивания (индекс среды) и урожайностью.

Теоретически прогнозируемая урожайность в год с лучшим индексом среды ($li=3,9$) была на уровне фактической. Исключение составил гибридный сорт Фестус, который сформировал урожайность гораздо ниже теоретически предполагаемой. При худших условиях ($li = -1,8$) в 2010 г. меньше всего прогнозируемая урожайность сортов снижалась в следующем порядке: Зазерская-3, Белая Вежа, Веснянка, в 2011 г. ($li = -2,1$) – Верасень, Зарница, Агроном, Дива.

Таблица 2 – Теоретическая урожайность сортов, рассчитанная на основании коэффициента регрессии, ц/га

Сорт	Урожайность, ц/га			Варианса ста- бильности (s^2)
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	
Зарница (<i>стандарт</i>)	60,6	54,3	54,0	8,8
Дива	60,4	53,5	53,8	1,7
Верасень	59,7	49,5	48,9	24,4
Белая Вежа	59,7	53,4	53,1	12,7
Веснянка	60,2	51,6	51,2	0,85
Зазерская-3	58,7	54,7	54,5	10,6
Лобел	64,2	58,0	57,6	0,1
Агроном	69,8	68,2	68,1	1,6
Фестус	73,3	67,6	67,3	15,9

Между тем следует учитывать и тот факт, что пластичными могут быть сорта как с высокой, так и низкой продуктивностью. Так, оценив оба показателя (пластичность и продуктивность), можно сказать, что все тетраплоидные сорта, обладая высоким и средним показателем пластичности ($v_i = 1,8-0,7$) при лучшем индексе среды уступали по урожайности диплоидным и гибридным сортам. Такая же тенденция сохранилась и в 2010 г. ($li = -1,8$). Однако в самом неблагоприятном 2011 г. два тетраплоидных сорта (Белая Вежа и Зазерская-3), имея теоретическую урожайность на уровне стандартного диплоидного сорта Зарница, превзошли его фактическую урожайность на 3,5-5,5 ц/га. Это говорит о том, что трудно предсказать поведение этих сортов, особенно в неблагоприятные по погодным условиям годы.

В Государственный реестр под урожай 2014 г. внесен новый сорт озимой диплоидной ржи Голубка. Государственное сортоиспытание (2011-2013 гг.) на 11 сортоучастках показало его преимущество (+6,7 ц/га) над стандартами Зарница и Офелия в неблагоприятном 2011 г. ($li = -4,8$) и +2,9 ц/га – в благоприятном 2012 г. ($li = +5,9$). Показатель пластичности, равный единице, и стабильности ($s^2 = 18,0$) говорит о его высокой экологической пластичности и средней стабильности. Так, в 2011 г. фактическая урожайность сорта Голубка была выше теоретически рассчитанной на 2,9 ц/га, в 2012 г. показатели урожайности были равными, в 2013 г. фактическая урожайность оказалась ниже теоретической на 3,1 ц/га. В целом прибавка урожайности над стандартами за 3 года в Государственном сортоиспытании составила 2,5 ц/га.

Таким образом, передавая сорта в ГСИ, необходимо наряду с традиционной оценкой дополнять их характеристику уровнем экологической адаптивности, максимально учитывающей биоклиматические ресурсы региона. Это позволит внедрить в производство сорта с наибольшей степенью приспособленности к условиям произрастания, тем более что особую ценность в последнее время представляют сорта с меньшей потенциальной урожайностью, но способные обеспечить стабильность урожая за счет лучшей защиты от экологических стрессов.

Выводы

1. Изученные сорта различаются параметрами экологической пластичности. К сортам интенсивного типа относятся Верасень, Веснянка, Дива; к пластичным сортам – Фестус, Лобел-103, Зарница, Белая Вежа, Голубка; к нейтральному типу – Зазерская-3; к сортам, не реагирующим на изменения условий выращивания, – гибридный сорт Агроном.

2. Высокой стабильностью обладают Лобел-103, Веснянка, Агроном, Дива; средней – Зарница, Зазерская-3; низкой – Верасень, Фестус, Белая Вежа.

3. Наиболее ценными по комплексу параметров были Дива, Веснянка, Лобел-103.

Литература

1. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика / А.А. Жученко. – 2008. – Т. 2. – С. 220.
2. Кильчевский, А.В. Экологическая селекция растений / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Мн.: Тэхналогія, 1997. – 372 с.
3. Пакудин, В.З. Оценка экологической пластичности сортов / В.З. Пакудин // Генетический анализ количественных и качественных признаков с помощью математико-статистических методов. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1973. – С. 40-44.

ESTIMATION OF ADAPTABILITY PARAMETERS OF WINTER RYE VARIETIES N.V. Biryukovich, D.Y. Artyukh

Comparative study of adaptability parameters of different winter rye varieties passed state variety trials in 2009-2013 was conducted. Specific reactions of some varieties in the dynamics of that feature were revealed. Such appreciable varieties as Dива, Vesnyanka, LoBel-103 possessing a complex of valuable qualities of adaptability were identified.

УДК 633.16:631.527:631.524.84/.85

ОЦЕНКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В СЕЛЕКЦИИ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО

В.Н. Гудзенко, кандидат с.-х. наук

Мироновский институт пшеницы им. В.Н. Ремесло НААН Украины

(Поступила 25.03.2015 г.)

Аннотация. Приведены результаты многолетних исследований генофонда ячменя ярового в Мироновском институте пшеницы им. В.Н. Ремесло НААН Украины. Сформирована коллекция ячменя ярового (1408 образцов) происхождением из 52 стран мира. Выделены новые источники повышенного продуктивного и адаптивного потенциала, устойчивости к абиотическим и биотическим факторам. Показано, что при выведении сортов ячменя ярового эффективными были как простые, так и сложные скрещивания коллекционных образцов, созданных на их основе сортов, а также сочетание гибридизации и химического мутагенеза.