



Стабильность урожайности линий пшеницы, полученных методом клеточной селекции

В.Ю. Ступко*, А.В. Сидоров

Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО
РАН», пр. Свободный, 66, Красноярск, 660041, Россия

*E-mail: stupko@list.ru

Аннотация. Агрономическая стабильность сорта наряду с высокой урожайностью является неперенным условием его районирования в территориях рискованного земледелия, к каковым относится и Красноярский край. Технологии клеточной селекции в условиях индуцированного стресса *in vitro* (засоление, низкий pH) на основе соматоклональной изменчивости могут быть источником генетического разнообразия. Проведена сравнительная оценка стабильности урожайности полученных таким образом линий-регенерантов и их донорных генотипов. Полевые опыты проводили в течении трёх, контрастных по увлажнению, лет в условиях ОПХ «Минино» вблизи г. Красноярск. В качестве критериев оценки использованы, предложенные С.А. Эберхартом и В.А. Расселом коэффициент линейной регрессии (b_i) и квадратичное отклонение (s^2_d). Показаны значительные отличия между донорными генотипами и линиями-регенерантами по уровню фенотипической стабильности. В основном регенеранты отличались в сторону большей приспособленности к низкопродуктивным условиям ($b_i < 0,7$). Однако, обращает на себя внимание наличие ряда регенерантов, демонстрирующие в сравнении с донорным генотипом большую стабильность урожайности ($b_i \rightarrow 1$; $s^2_d \rightarrow 0$) на фоне близкой к исходному генотипу средней урожайности. Это показывает перспективность клеточной селекции для повышения стабильности высокоурожайных линий. В целом большая вариабельность отклонения регенерантов от их донорных генотипов свидетельствует в пользу применимости указанной технологии для генетической диверсификации селекционного материала.

Ключевые слова: параметры стабильности, взаимодействие генотип \times среда, соматоклональная изменчивость, регенеранты, пшеница

Grain yield stability of wheat varieties, developed by cell selection method

V.Yu. Stupko*, A.V. Sidorov

Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture, Federal Research Center 'Krasnoyarsk Scientific Center' SB RAS, 66 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia

*E-mail: stupko@list.ru

Abstract. The agronomic stability of the variety, along with high yields, is an indispensable condition for its zoning in risky farming areas, which include also the Krasnoyarsk Territory. The technology of cell selection under induced stress *in vitro* (salinity, low pH) may produce genetic diversity based on the somaclonal variations. A comparative assessment of the yield stability of the regenerate varieties obtained by this method and of their donor genotypes was carried out. Field experiments were carried out for three years differing by moisture at the experimental production farm "Minino" near Krasnoyarsk city. The linear regression coefficient (b_i) and squared deviation (s^2_d) had suggested by S.A. Eberhart and W.A. Russell were used for the evaluation of varieties. A significant difference in phenotypic stability was revealed between donor varieties and regenerate ones. The regenerate varieties appeared to be better adapted to low-yielding locations ($b_i < 0,7$). However, the presence of a number of regenerate varieties, demonstrating, in comparison with the donor genotype, greater yield stability ($b_i \rightarrow 1$; $s^2_d \rightarrow 0$) with an average yield close to the original genotype, is to be noted. This shows the potential of cell selection for the stability increase of high yield varieties. In general, high variability of regenerate varieties deviation from their donor genotypes argues for the practicality of the above-mentioned technology for increasing genetic diversity of breeding material.

Keywords: stability parameters, genotype \times environmental interaction, somaclonal variability, regenerants, wheat

1. Введение

В условиях Сибири адаптивность сорта является важным направлением в селекции. На фоне того факта, что в этом регионе производится порядка 20% объемов зерна в РФ, урожайность по годам сильно варьирует [6]. Культура изолированных клеток может являться источником новых генотипов за счёт ослабления репарационных механизмов в условиях соматональных вариаций. Наряду с индуцированным мутагенезом [1] такой подход может внести свою лепту в расширение генетического разнообразия селекционного материала. В рамках оценки адаптивности сорта немаловажную роль играет определение его стабильности. Для понимания перспектив использования клеточных технологий селекции необходимо выявить степень отличия фенотипических проявлений получаемых регенерантов от таковых их донорных форм.

2. Постановка задачи

Целью настоящего исследования являлась сравнительная оценка стабильности донорных генотипов яровой мягкой пшеницы и линий-регенерантов, полученных на основе клеточных культур этих образцов.

3. Методы и материалы исследования

В исследовании были задействованы линии-регенеранты яровой мягкой пшеницы, полученные в условиях каллусной культуры на селективных (NaCl, pH 4.0) и оптимальной питательных средах по методике, описываемой авторами в методических рекомендациях [4]. В таблице 1 представлен перечень генотипов, а также направления отбора.

Образцы культивировали в 2008, 2010, 2011 годах на опытных полях, расположенных в центральной части Красноярской лесостепи (ОПХ Минино), согласно методике ГСИ [5]. Сроки высева 20-25 мая. В связи с малым объёмом посевного материала, эксперименты закладывались на делянках площадью 1 м² (n=3). Предшественник – чистый пар, норма высева – 500 всхожих семян/м².

Годы испытаний отличались значительно по обеспеченности посевов влагой: ГТК₂₀₀₈=0,99, ГТК₂₀₁₀=1,30, ГТК₂₀₁₁=1,64.

Для статистической обработки результатов полевых испытаний использовали приложение Microsoft Office Excel (Microsoft Inc., 2010). На основании данных урожайности рассчитывали параметры пластичности сорта по методике Эберхарта и Рассела [2].

Таблица 1. Происхождение и направление отбора линий регенерантов мягкой яровой пшеницы.

Наименование линии-регенеранта	Генотип донорного растения	Направление отбора
РК(Минуса)1.31	Минуса	Низка кислотность почвы, рН 4.0
РС(КС-1607)1.21	КС-1607	Засоленные почвы, NaCl 0,63%
РС(КС-1607)2.9		
РС(КС-1607)3.13		
РС(Новосибирская 15)11.8	Новосибирская 15	
РС(Новосибирская 15)8.13		
РН(КС-1607)3.12	КС-1607	Регенеранты с оптимальной среды
РН(Таежная)1.71	Таежная	

4. Полученные результаты

На основании величин параметра индекс среды (I_j) можно заключить, что для исследуемых генотипов в среднем наиболее благоприятным оказался 2008 год, наименее – 2010 г (таблица 2). Близкая к нулю величина индекса для 2011 года связана с различной реакцией генотипов на условия этого года. Регенеранты с засоленной среды от сорта Новосибирская 15, как и их донорный генотип, в этих условиях имели урожайность выше, чем в 2008 году (рисунок 1). Аналогичные соотношения урожайности имел и регенерант от сорта Таежная, полученный на оптимальной среде. Два регенеранта с засоленной среды и один - с нейтральной от линии КС-1607 имели близкие значения урожайности в 2008 и 2011 годах. В то время как их донорный генотип показал близкие значения урожайности как в условиях оптимального увлажнения 2010 года, так и при переувлажнении в 2011.

Коэффициент линейной регрессии b_i характеризует реакцию генотипа на те или иные условия. Коэффициент ниже единицы говорит о том, что генотип более адаптирован к менее благоприятным условиям среды. Как поясняли Лин и Биннз [3] на заре разработки используемого метода, значения менее 0,7 говорит о лучшей приспособленности генотипа к неблагоприятным условиям среды, в то время как $b_i > 1,3$ характеризует генотип как интенсивный, отзывчивый на улучшение условий. Таким образом, наиболее приспособленным к ухудшению условий оказался регенерант РК(Минуса)1.31. Аналогичным образом реагируют на менее благоприятные условия РС(КС-1607)1.21, РС (Новосибирская 15)8.13, РН(Таежная)1.71.

Таблица 2. Характеристика условий испытаний на основе урожайности линий-регенерантов и донорных генотипов яровой мягкой пшеницы.

№	Генотип	Урожайность, т/га			ΣY_i	Y_i	b_i
		2008 г.	2010 г.	2011 г.			
1	КС-1607	4,07	2,10	2,10	8,27	2,76	2,13
2	РН(КС-1607)3.12	2,88	1,85	2,74	7,47	2,49	1,33
3	РС(КС-1607)3.13	3,68	1,92	2,55	8,15	2,72	2,06
4	РС(КС-1607)1.21	2,61	2,48	2,68	7,77	2,59	0,19
5	РС(КС-1607)2.9	2,70	2,04	2,62	7,35	2,45	0,85
6	Минуса	3,55	2,80	2,62	8,97	2,99	0,77
7	РК(Минуса)1.31	4,28	4,00	3,13	11,40	3,80	0,09
8	Новосибирская 15	1,96	1,27	2,36	5,60	1,87	1,01
9	РС(Новосибирская 15)8.13	1,53	1,46	2,03	5,03	1,68	0,21
10	РС(Новосибирская 15)11.8	1,50	0,64	2,36	4,49	1,50	1,35
11	Таежная	2,34	1,08	1,91	5,34	1,78	1,57
12	РН(Таежная)1.71	1,49	1,27	2,11	4,87	1,62	0,44
Средняя Y_j		2,72	1,91	2,43	Средняя $Y_{ij}=2,35$		
ΣY_j		32,60	22,93	29,20	$\Sigma \Sigma Y_{ij} = 84,72$		
I_j		0,36	-0,44	0,08	$\Sigma I_j^2 = 0,33$		

Донорная линия Минуса, менее пластична. Последним в этом списке является регенерант РС(КС-1607)2.9 ($b_i=0,85$). Чем ближе b_i к единице, тем ближе к общему среднему значению урожайности генотипа, как, например сорт Новосибирская 15. Регенерант от этой линии РС(Новосибирская 15)11.8 отличался от донорного генотипа в сторону большей чувствительности и может быть отнесен к интенсивным. Наряду с РН(КС-1607)3.12, РС(Новосибирская 15)11.8 и сортом Таежная. Наиболее сильно реагирующие на изменение среды генотипы: КС-1607 и РС(КС-1607)3.13.

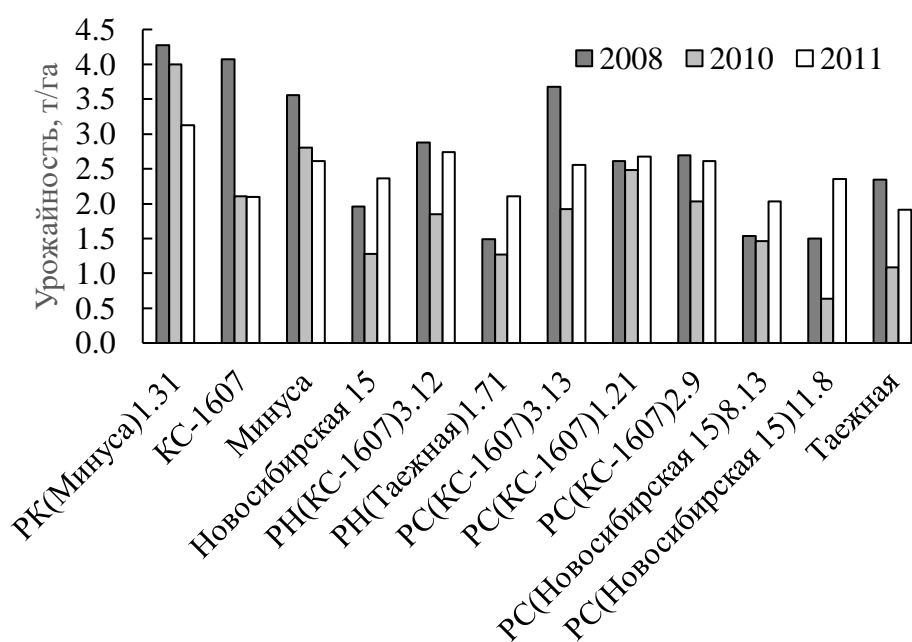


Рисунок 1. Урожайность генотипов яровой мягкой пшеницы в условиях ОПХ «Минино» в 2008, 2011, 2012 гг.

Ещё одним параметром, характеризующим стабильность генотипа является среднеквадратичное отклонение от регрессии (s^2_d), которое у наиболее стабильного генотипа близко к нулю. По мнению Эберхарта и Рассела предпочтительными являются сорта, сочетающие высокую среднюю урожайность (Y_i), близкое к единице значение b_i и нулевое среднеквадратичное отклонение данных от линии регрессии [2]. Наиболее предпочтительными авторы метода считают генотипы, попадающие в пределы одного стандартного отклонения от единицы по параметру b_i , а также имеющего урожайность выше общей средней также в пределах одного стандартного отклонения ($SD(Y_{ij})=0,53$). Этим характеристикам соответствуют РН(КС-1607)3.12 и РС(КС-1607)2.9 (рисунок 2). Их s^2_d близки к нулю, что также характеризует их как стабильные. Близкую урожайность и стабильность имеет линия РС(КС-1607)1.21, характеризующая также высокой чувствительностью к ухудшению условий среды.

Также из диаграммы (рисунок 2) видно, что линии-регенеранты достаточно сильно отличаются от своих донорных генотипов по совокупности характеристик стабильности. При близких значениях урожайности генотипы имеют видимые различия в реакции на изменение условий среды. Это подтверждает формирование в условиях каллусной культуры форм с принципиально отличным от изначального фенотипом.

Обращает на себя факт повышения стабильности линий-регенерантов в сравнении с донорным генотипом КС-1607 с сохранением высокой урожайности.

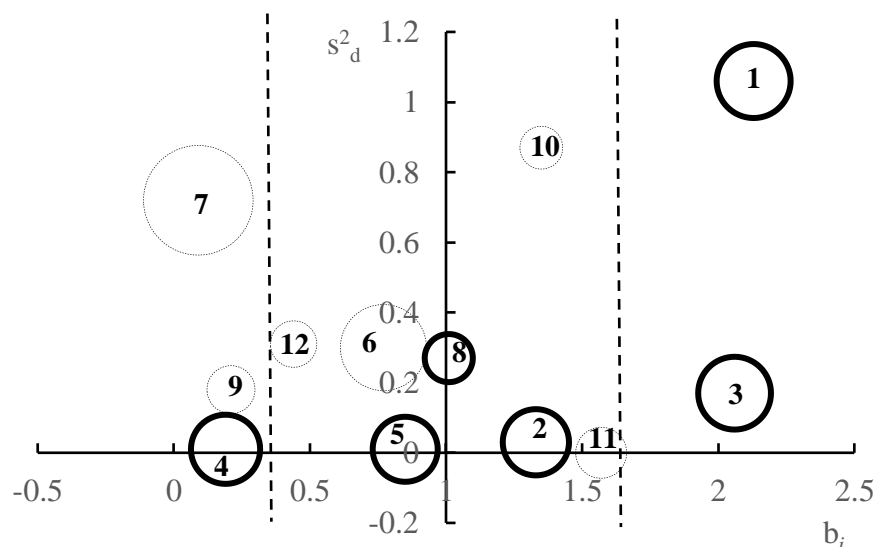


Рисунок 2. Характеристика стабильности и урожайности линий регенерантов яровой мягкой пшеницы. Нумерацию генотипов см. таблицу 2. Вертикальные линии отмечают пределы в одно стандартное отклонение от среднего коэффициента регрессии ($b_i=1.0$). Диаметр кругов на диаграмме соответствует урожайности генотипа. Круги с большей толщиной линии отмечают генотипы с урожайностью, отличающейся от общего среднего урожайности не более чем на одно стандартное отклонение.

Стоит также отметить, что в большинстве своём регенеранты имели сдвиг в сторону адаптированности к неблагоприятным условиям среды. Такие генотипы также могут быть полезны.

5. Выводы

Анализ соотношения параметров стабильности линий-регенерантов и их донорных генотипов показал значительное расхождение в характере реакций на изменение условий культивирования, что подтверждает перспективность технологии клеточной селекции для расширения вариабельности исходного материала для селекции на адаптивность. Сохраняющаяся при этом урожайность на уровне донорного генотипа свидетельствует в пользу и прямого использования каллусной культуры для повышения стабильности уже имеющихся высокоурожайных линий.

Список литературы

1. Поползухина, Н. А. «Омская Юбилейная» – адаптивный сорт яровой мягкой пшеницы для Сибирского региона / Н. А. Поползухина, П. В. Поползухин, А. А. Гайдар [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – № 4. – С. 120-126.
2. Eberhart, S. A. Stability parameters for comparing varieties / S. A. Eberhart, W. A. Russell // Crop science. – 1966. – № 1. – P. 36-40.
3. Lin, C. S. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data / C. S. Lin, M. R. Binns // Canadian Journal of Plant Science. – 1988. – №1. – P. 193-198.
4. Зобова, Н. В. Технология селекционного процесса с включением культуры изолированных тканей растений, позволяющая усиливать устойчивость растений ячменя и пшеницы к стрессовым эдафическим факторам и токсинам корневых гнилей: рекомендации / Н. В. Зобова, В. Ю. Ступко, С. Ю. Луговцова. – Красноярск: Гротеск, 2011. – 17 с.
5. Методика государственного сортоиспытания с.-х. культур. Вып. 1 Общая часть / под ред. М. А. Федина. – Москва: Колос, 1985. – 269 с.
6. Казак, А. А. Селекция адаптивных сортов яровой пшеницы в Сибири / А.А. Казак, Ю.П. Логинов, В.П. Шаманин, А.А. Юдин. // Зерновое хозяйство России. – 2015. – № 1. – С. 54-63.
7. Ступко, В. Ю. Полевая оценка результативности создания *in vitro* стрессоустойчивых форм ячменя и пшеницы / В. Ю. Ступко, С. Ю. Луговцова, Н. В. Зобова // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 6. – С. 11-14.