

Научная статья

УДК 631.52:633.853.494

DOI: 10.25230/2412-608X-2023-2-194-34-39

Оценка экологической пластичности и стабильности генотипов рапса ярового в различных зонах возделывания

¹Дарья Владимировна Старикова

¹Людмила Анатольевна Горлова

²Раиса Сергеевна Полякова

²Галина Николаевна Кузнецова

¹ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17

Тел.: (861) 275-79-10

raps@vniimk.ru

²Сибирская опытная станция – филиал ФГБНУ
ФНЦ ВНИИМК

Россия, 646025, Омская обл., г. Исилькуль,

ул. Строителей, д. 2

Тел.: (38173) 214-13

sosvniimk@mail.ru

Аннотация. Целью исследований являлась сравнительная оценка адаптивного потенциала новых сортов и перспективных сортообразцов рапса ярового селекции ЦЭБ (центральная экспериментальная база) ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. В 2021–2022 гг. проведена экологическая оценка новых сортов: Баланс, Кенар, Таврион, и перспективных сортообразцов: ВН-ПР, ВН-2478, ВН-ДЛ, ВН-417, ВН-Д5065, в полевых севооборотах Краснодарского края, а также в Липецкой, Московской, Омской и Ленинградской областях. Показатели экологической пластичности и стабильности рассчитывали по методике Eberhart S.A., Russell W.A. в редакции Зыкина В.А. Стрессоустойчивость и среднюю урожайность в контрастных условиях определяли по уравнению Rossille A.A., Hamblin J. в изложении Гончаренко А.А. Выявление потенциальной продуктивности и адаптивности проводили по методике Животкова Л.А. Наиболее благоприятные условия для роста и развития растений рапса ярового складывались в Омской области, средняя урожайность генотипов составила 2,06 т/га, а индекс среды – 4,08. Удовлетворительные условия сложились в Липецкой области

($I_j = 0,14$), где была отмечена средняя урожайность 1,66 т/га. Перспективные сортообразцы рапса ярового ВН-ПР и ВН-417 проявили себя как высокопластичные к изменяющимся условиям в регионах возделывания – b_i был равен 1,2 и 1,1 соответственно. Сорт Таврион (0,10) и сортообразцы ВН-ПР и ВН-ДЛ (0,27) характеризовались высокой стабильностью, обладали лучшей приспособленностью к ухудшению погодных условий. Высокую устойчивость к стрессу показали сорт Баланс (-0,55) и сортообразец ВН-Д5065 (-0,56). Сорт Баланс (1,79) и сортообразец ВН-417 (1,80) обладали высоким генетическим потенциалом. Наибольшими показателями (выше 100 %) коэффициента адаптивности характеризовались Баланс, ВН-2478, ВН-ДЛ и ВН-417.

Ключевые слова: рапс яровой, сорта, регионы возделывания, пластичность, стабильность, адаптивность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость

Для цитирования: Старикова Д.В., Горлова Л.А., Полякова Р.С., Кузнецова Г.Н. Оценка экологической пластичности и стабильности генотипов рапса ярового в различных зонах возделывания // Масличные культуры. 2023. Вып. 2 (194). С. 34–39.

UDC 631.52:633.853.494

Estimation of environmental plasticity and stability of spring rapeseed genotypes in the different zones of cultivation

¹Starikova D.V., researcher

¹Gorlova L.A., head of the department, leading researcher, PhD in biology

²Polyakova R.S., researcher

²Kuznetsova G.N., head of the lab., PhD in agriculture

¹V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

Tel.: (861) 275-79-10

raps@vniimk.ru

²Siberian experimental station – a branch of the V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops 2, Stroiteley str., Isilkul, Omsk region, 646025, Russia

Tel.: (38173) 214-13

sosvniimk@mail.ru

Abstract. The purpose of the research was a comparative estimation of adaptive potential of new cultivars and promising variety samples of spring rapeseed bred at the V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, Krasnodar. In 2021–2022, the environmental estimation of the new cultivars Balans, Kenar, and Tavrion and promising variety samples

VN-PR, VN-2478, VN-DL, VN-417, and VN-D5065 was conducted in field crop rotations in the Krasnodar, Lipetsk, Moscow, Omsk, and Leningrad regions. Indicators of the environmental plasticity and stability were calculated due to methods by Eberhart S.A., Russell W.A. as published by Zykin V.A. The stress resistance and an average yield in contrast conditions were determined due to the equation by Rossille A.A., Hamblin J. as expounded by Goncharenko A.A. The potential productivity and adaptability were determined due to methods by Zhivotkov L.A. The most favorable conditions for growth and development of spring rapeseed plants formed in the Omsk region, an average yield of genotypes was 2.06 t/ha, and an environmental index was 4.08. The satisfactory conditions formed in the Lipetsk region ($I_j = 0.14$) where the average yield was 1.66 t/ha. The promising variety samples of spring rapeseed VN-PR and VN-417 appeared to be highly flexible to the changing conditions in the cultivation zones – b_i was equal to 1.2 and 1.1, respectively. The cultivar Tavrion (0.10) and variety samples BN-PR and VN-DL (0.27) are characterized with the high stability, have the best adaptability to the decline of weather conditions. The cultivar Balans (-0.55) and variety sample VN-D5065 (-0.56) demonstrated the high stress resistance. The cultivar Balans (1.79) and variety sample VN-417 (1.80) possess the high genetic potential. The cultivar Balans and samples VN-2478, VN-DL, and VN-417 were characterized with the highest indicators (higher than 100%) of a coefficient of the adaptability.

Key words: spring rapeseed, cultivars, regions of cultivation, plasticity, stability, adaptability, stress resistance, genetic flexibility

Введение. Рапс яровой в России возделывают практически во всех регионах, в 2022 г. его выращивали на площади 1771 тыс. га. Лидерами по производству рапса ярового являлись Западно-Сибирский и Восточно-Сибирские регионы. В Республике Татарстан этой культурой засеивались 143 тыс. га. В Центральном регионе рапс яровой был наиболее популярен в Тульской и Рязанской областях с посевными площадями 82,2 и 69,6 тыс. га соответственно. В Липецкой области рапс яровой занимал 60,3 тыс. га.

Современные сорта рапса ярового имеют высокий потенциал урожайности – около 35–40 ц/га, который реализуется

только наполовину. У рапса ярового имеется большой разброс значений урожайности в основных регионах-производителях, варьируя в 2021 г. от 6,9 ц/га в Республике Татарстан до 22,5 ц/га в Орловской области и в 2022 г. от 11,7 ц/га в Омской области до 22,8 ц/га в Орловской. Природно-климатические условия выращивания являются существенным, но не решающим фактором, определяющим продуктивность рапса. Ведь даже в соседних регионах разница в урожайности культуры может достигать 3,4 ц/га (республики Башкортостан и Татарстан) и даже 8,5 ц/га (республики Татарстан и Мордовия). Большую роль в повышении продуктивности играет использование в производстве передовых технологий, применение современных высокоурожайных сортов [1].

Одни из основных факторов увеличения производства маслосемян рапса в России – это создание и внедрение в сельхозпроизводство новых адаптивных высокопродуктивных и технологичных, безэруковых и низкоглюкозилатных сортов [2].

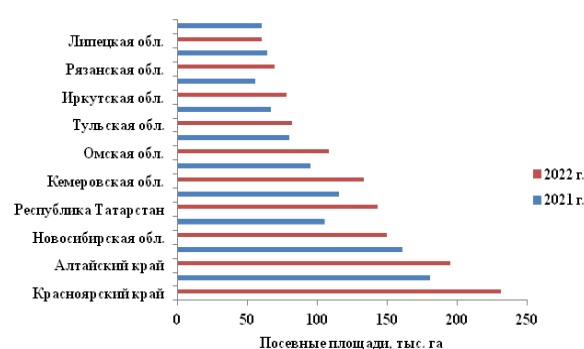


Рисунок 2 – ТОП-10 регионов РФ по посевным площадям рапса ярового в 2021–2022 гг. (данные Росстат)

Главная особенность селекции рапса ярового на адаптивность – это контроль экологической пластичности и стабильности создаваемых сортов. Экологическая пластичность – реакция генотипа на из-

менение условий среды, проявляющаяся в фенотипической изменчивости; стабильность – это способность генотипа поддерживать определенный фенотип в различных условиях среды [3; 4].

Целью наших исследований являлась сравнительная оценка адаптивного потенциала новых сортов и перспективных сортообразцов рапса ярового селекции ЦЭБ ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК на основе показателей адаптивности, стабильности, пластичности, стрессоустойчивости и генетической гибкости в различных зонах возделывания.

Материалы и методы. В 2021–2022 гг. проведена экологическая оценка новых сортов: Таврион, Баланс, Кенар, и перспективных сортообразцов: ВН-ПР, ВН-2478, ВН-ДЛ, ВН-417, ВН-Д5065, рапса ярового селекции ВНИИМК в различных почвенно-климатических зонах возделывания. Исследования проводили в полевых севооборотах Краснодарского края, а также в Липецкой, Московской, Омской и Ленинградской областях. Посев, фенологические наблюдения, учёты, уборку проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [5].

Показатели экологической пластичности и стабильности рассчитывали по методике Eberhart S.A., Russell W.A. в редакции Зыкина В.А. Методика основана на вычислении коэффициента линейной регрессии b_i (экологическая пластичность) и среднего квадратического отклонения от линии регрессии (S_i^2). Для вычисления коэффициента линейной регрессии определяли индексы условий среды (I_j), характеризующие изменчивость условий, в которых выращивали сорт [6]. Стрессоустойчивость и среднюю урожайность в контрастных условиях определяли по уравнению Rossille A.A., Hamblin J. в изложении Гончаренко А.А. [7]. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности основана

на сравнении общей видовой адаптивной реакции на конкретные условия вегетации, которая реализована и отнесена к средней для сравниваемых сортов урожайности [8].

Результаты и обсуждение. Результаты экологического сортоиспытания в различных зонах возделывания показали, что урожайность рапса ярового в зависимости от сорта и региона возделывания варьировала от 1,19 т/га (Кенар в условиях Краснодарского края) до 2,15 т/га (ВН-417 в условиях Омской области) (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность, экологическая пластичность и стабильность генотипов рапса ярового селекции ЦЭБ ВНИИМК в различных зонах возделывания, 2021–2022 гг.

Генотип	Средняя урожайность семян по регионам, т/га					$\sum Y_i$	Y_i	b_i	S_i^2
	Краснодарский край	Липецкая область	Московская область	Омская область	Ленинградская область				
Таврион	1,45	1,55	1,54	2,02	1,36	7,91	1,58	1,0	0,10
Баланс	1,62	1,60	1,63	2,06	1,51	8,42	1,68	0,8	0,50
Кенар	1,19	1,49	1,82	2,00	1,59	8,07	1,61	0,9	6,27
ВН-ПР	1,45	1,70	1,63	2,10	1,32	8,18	1,64	1,2	0,27
ВН-2478	1,57	1,85	1,66	2,05	1,36	8,48	1,70	1,0	1,22
ВН-ДЛ	1,62	1,74	1,65	2,11	1,44	8,55	1,71	1,0	0,27
ВН-417	1,63	1,80	1,58	2,15	1,45	8,60	1,72	1,1	0,64
ВН-Д5065	1,44	1,58	1,34	1,98	1,42	7,75	1,55	1,0	1,29
$\sum Y_j$	11,95	13,3	12,82	16,46	11,43	65,95	-	-	-
Y_j	1,49	1,66	1,60	2,06	1,43	-	1,65	-	-
I_j	-1,56	0,14	-0,46	4,08	-2,2	-	-	-	-

Примечание: $\sum Y_i$ – сумма урожайности по регионам и генотипам; Y_i – средняя урожайность по регионам и генотипам; b_i – коэффициент регрессии (пластичность); S_i^2 – стабильность; I_j – индекс среды

Для определения реакции сортов и сортообразцов рапса ярового на условия регионов возделывания был рассчитан индекс условий среды (I_j), который представляет собой отношения среднего урожая по генотипам в конкретном регионе возделывания к среднему урожаю по сортам по всем регионам. Этот показатель

может быть как отрицательным, так и положительным. Если индекс среды положительный, то сорт или сортообразец более полно может реализовать свой генетический потенциал в конкретном регионе возделывания, а если коэффициент отрицательный, то генотип не имеет достаточно возможностей для демонстрации адаптивного потенциала. Чем выше данный показатель, тем более благоприятные условия возделывания рапса ярового отмечаются в конкретном регионе.

Наиболее благоприятные условия для роста и развития растений рапса ярового складывались в Омской области, средняя урожайность генотипов составила 2,06 т/га, а индекс среды равнялся 4,08. Удовлетворительные условия сложились в Липецкой области ($I_j = 0,14$), где отмечена средняя урожайность 1,66 т/га. Условия таких регионов возделывания, как Краснодарский край и Ленинградская область, можно характеризовать как не удовлетворительные за период 2021–2022 гг., поскольку индекс среды был отрицательным ($I_j = -1,56$ и $-2,2$), средняя урожайность составила 1,49 и 1,43 т/га соответственно. Снижение урожайности в условиях Краснодарского края происходило по причине высокого поражения посевов рапса ярового капустной молью. Не совсем благоприятные условия возделывания генотипов рапса ярового сложились в Московской области ($I_j = -0,46$), урожайность семян в этом регионе не превысила 1,60 т/га.

Изучив индекс условий среды по каждому региону возделывания рапса ярового, можно рассчитать коэффициенты экологической пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2). Коэффициент экологической пластичности генотипа или коэффициент регрессии урожая генотипов на изменение условий показывает, насколько отзывчив генотип на улучшение условий произрастания. Также этот

коэффициент может быть как отрицательным, так и положительным.

Расчет коэффициента линейной регрессии показал, что перспективные сортообразцы рапса ярового ВН-ПР и ВН-417 высокопластичны к изменяющимся условиям роста в регионах возделывания, так как b_i равен 1,2 и 1,1 соответственно. У сортов Таврион, Баланс, Кенар и сортообразцов ВН-2478, ВН-ДЛ и ВН-Д5065 показатель нормы реакции b_i близок к единице и варьировал в пределах от 0,8 до 1. Эти генотипы относятся к нейтральному типу, и изменение урожайности соответствует изменениям условий выращивания.

Второй показатель – экологическая стабильность (S_i^2), то есть отклонение фактического урожая от теоретического, рассчитанного на основе средней урожайности и индекса среды. Чем выше этот показатель, тем более не стабилен сорт. Из изученных генотипов рапса ярового самым нестабильным по урожайности был сорт Кенар ($S_i^2 = 6,27$), который относится к нейтральному типу. Самый низкий показатель S_i^2 отмечен у сорта Таврион (0,10) и сортообразцов ВН-ПР и ВН-ДЛ (0,27); можно предположить, что данные сортообразцы обладают лучшей приспособленностью к ухудшению погодных условий.

Важным показателем, характеризующим адаптивный потенциал, является устойчивость к стрессовым условиям среды, которая определяется отклонением урожайности. Этот параметр ($Y_{\min} - Y_{\max}$) имеет отрицательное значение, и чем он меньше, тем выше стрессоустойчивость сорта. В нашем опыте высокую устойчивость к стрессу показали сорт Баланс (-0,55) и сортообразец ВН-Д5065 (-0,56). Показатели устойчивости к стрессам у сортов Таврион, Кенар и сортообразцов ВН-ПР, ВН-2478, ВН-ДЛ и ВН-417 были

ниже и находились в диапазоне от -0,66 до -0,81 (табл. 2).

Таблица 2

Стрессоустойчивость и генетическая гибкость генотипов рапса ярового селекции ВНИИМК в различных зонах возделывания, 2021–2022 гг.

Генотип	Урожайность, т/га		Стрессоустойчивость, $(Y_2 - Y_1)$	Генетическая гибкость, $(Y_2 + Y_1)/2$
	max (Y_1)	min (Y_2)		
Таврион	2,02	1,36	-0,66	1,69
Баланс	2,06	1,51	-0,55	1,79
Кенар	2,00	1,19	-0,81	1,59
ВН-ПР	2,10	1,32	-0,78	1,71
ВН-2478	2,05	1,36	-0,69	1,71
ВН-ДЛ	2,11	1,44	-0,67	1,77
ВН-417	2,15	1,45	-0,71	1,80
ВН-Д5065	1,98	1,42	-0,56	1,70

Генетическая гибкость сорта – это компенсаторная способность, которая отражает среднюю урожайность сорта в контрастных условиях. Чем выше степень соответствия между генотипом сорта и факторами среды, тем выше эта величина. В наших исследованиях этот показатель возрастал от 1,59 до 1,80. Следовательно, сорт Баланс (1,79) и сортообразец ВН-417 (1,80) обладают высоким генетическим потенциалом.

Для получения объективной информации об адаптивности сортов рапса ярового был рассчитан коэффициент адаптивности (КА) по методу Животкова Л.А. [8]. Средний КА показывает продуктивные возможности сорта. В наших исследованиях он варьировал от 94 до 104 % (рис. 2). За период 2021–2022 гг. по различным регионам возделывания у сорта Баланс и сортообразцов ВН-2478, ВН-ДЛ и ВН-417 коэффициент адаптивности превысил 100 %. Наибольший показатель адаптивности отмечается у сортообразца рапса ярового ВН-417 – 104 %.

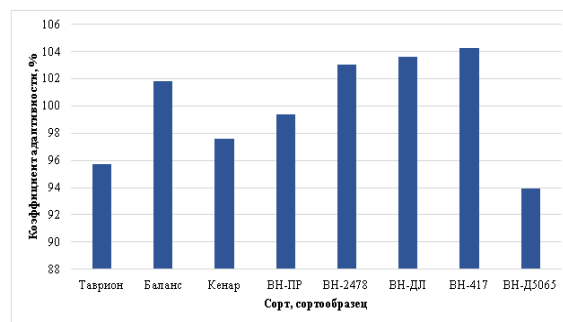


Рисунок 2 – Коэффициент адаптивности изучаемых генотипов рапса ярового селекции ВНИИМК в различных зонах возделывания, 2021–2022 гг.

Заключение. Результаты проведенных исследований за 2021–2022 гг. показали, что наиболее благоприятным регионом для возделывания рапса ярового в соответствии с индексом среды является Омская область – 4,08.

Самыми пластичными и стабильными в условиях различных регионов возделывания оказались сортообразцы ВН-ПР и ВН-417 с показателями экологической пластичности 1,2 и 1,1 и стабильности 0,27 и 0,64 соответственно. Эти сортообразцы обладают лучшей приспособленностью к ухудшению погодных условий произрастания.

Высокую устойчивость к стрессу показали сорт Баланс (-0,55) и сортообразец ВН-Д5065 (-0,56). Наибольшей компенсаторной способностью обладали сорт рапса ярового Баланс (1,79) и сортообразец ВН-417 (1,80). Наибольшим показателем коэффициента адаптивности характеризовались Баланс, ВН-2478, ВН-ДЛ и ВН-417.

Список литературы

1. Бушнев А.С., Орехов Г.И., Горлова Л.А. Потенциал производства рапса озимого на юге России // Агрофорум. – 2020. – № 5. – С. 31–34.
2. Горшков В.И., Карначев В.В. Адаптивные свойства сортов ярового рапса в условиях ЦЧР России // Селекция і насінництво. – 2012. – № 102. – 79–84 с.

3. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений. – Минск: Тэхналогія, 1997. – 372 с.

4. Пономарёва С.В. Оценка урожайности, экологической пластичности и стабильности сортообразцов гороха в условиях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований сельскохозяйственные науки. – 2018. – № 12. – С. 293–297.

5. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под ред. В.М. Лукомца. – Краснодар, 2010. – 327 с.

6. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Корнева С.П. Методики расчёта экологической пластичности сельскохозяйственных растений по дисциплине «Экологическая генетика». – Омск. – 2008. – 36 с.

7. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49–53.

8. Животков Л.А. Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. – 1994. – № 2. – С. 3–6.

References

1. Bushnev A.S., Orekhov G.I., Gorlova L.A. Potentsial proizvodstva rapsa ozimogo na yuge Rossii // Agroforum. – 2020. – № 5. – С. 31–34.

2. Gorshkov V.I., Karpachev V.V. Adaptivnye svoystva sortov yarovogo rapsa v usloviyakh TsChR Rossii // Seleksiya i nasinnitstvo. – 2012. – № 102. – С. 79–84.

3. Kil'chevskiy A.V., Khotyleva L.V. Ekologicheskaya seleksiya rasteniy. – Minsk: Tekhnologiya, 1997. – 372 s.

4. Ponomareva S.V. Otsenka urozhaynosti, ekologicheskoy plastichnosti i stabil'nosti sortoobraztsov gorokha v usloviyakh Nizhegorodskoy oblasti // Mezhdunarodnyy zhur-

nal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy sel'skokhozyaystvennyye nauki. – 2018. – № 12. – С. 293–297.

5. Metodika provedeniya polevykh agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami / Pod red. V.M. Lukomtsa. – Krasnodar, 2010. – 327 s.

6. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Korneva S.P. Metodiki rascheta ekologicheskoy plastichnosti sel'skokhozyaystvennykh rasteniy po distsipline «Ekologicheskaya genetika». – Omsk. – 2008. – 36 s.

7. Goncharenko A.A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh kul'tur // Vestnik RASKhN. – 2005. – № 6. – С. 49–53.

8. Zhivotkov L.A. Morozova Z.A., Sekatueva L.I. Metodika vyyavleniya potentsial'noy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoy pshe-nitsy po pokazatelyu «urozhaynost'» // Seleksiya i semenovodstvo. – 1994. – № 2. – С. 3–6.

Сведения об авторах

Д.В. Старикова, науч. сотр.

Л.А. Горлова, зав. отд., вед. науч. сотр., канд. биол. наук

Р.С. Полякова, зав. лаб., науч. сотр.

Г.Н. Кузнецова, зав. лаб., канд. с.-х. наук

Получено/Received

05.04.2023

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

12.04.2023

Получено после доработки/Manuscript revised

13.04.2023

Принято/Accepted

26.04.2023

Manuscript on-line

30.06.2023