DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-30-147-153
УДК 633.656:631.526.32:631.524.85**А. А. Козлов**

Kozlov A. A.

ОЦЕНКА АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ СОРТОВ ЗЕРНОВОГО ГОРОХА И ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СРЕДЫ

EVALUATION OF ADAPTIVE ABILITY OF THE GRADES OF GRAIN PEA AND DIFFERENTIATING ABILITY OF THE ENVIRONMENT

Современное растениеводство связано с изменением климата, ухудшением экологической обстановки, деградацией почвенного покрова, появлением новых рас фитопатогенов и т. д. Только сорта сельскохозяйственных растений с высокой экологической устойчивостью могут гарантировать стабильное производство растениеводческой продукции в таких условиях.

В условиях Приазовской агроклиматической зоны на протяжении пяти лет было проведено испытание сортов зернового гороха отечественной и зарубежной селекции. Для обработки и интерпретации полученных данных был использован метод А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой (1985).

В результате исследований удалось обнаружить значительные различия между испытанными сортами. Наиболее высокими эффектами специфической и общей адаптивной способности обладают сорта Кадет, Альянс, Фараон, Стабил, Темп, Атаман и Фокор. Наиболее высокая способность к взаимодействию «генотип – среда» присуща сортам Кемчуг, Орловчанин 2, Визир, Флагман 10, Ямал, Аксайский усатый 5, наиболее низкая – Таловец 70, Аргон, Аксайский усатый 10, Аксайский усатый 55, Спартак, Альянс. Наиболее стабильными сортами, судя по параметру «относительная стабильность генотипа», оказались Фараон, Вельвет, Дударь, Лавр, Готик и Кадет. По комплексному показателю «селекционная ценность генотипа» преимущество имеют сорта Фараон, Кадет, Альянс, Вельвет и Готик. Они представляют интерес в качестве исходного материала для селекции.

Метод А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой позволяет дать характеристику средам, в которых осуществлялось изучение генотипов. Наиболее высокая продуктивность среды отмечена в условиях 2015 года, низкая – в 2013 году. Установлено, что лучше всего набор сортов оказывается дифференцирован в средах со средним уровнем продуктивности.

Рассмотрение коэффициентов корреляции между параметрами сред и метеорологическими условиями указывает на значительное участие суммы осадков, температуры и влажности воздуха в формировании таких параметров среды, как продуктивность, способность к взаимодействию «генотип – среда» и дифференцирующая способность.

Ключевые слова: горох, сорт, генотип, среда, адаптивность, стабильность, селекционная ценность, взаимодействие «генотип – среда», дифференцирующая способность, метеорологические условия.

Modern crop production is associated with climate change, environmental degradation, soil degradation, the emergence of new races of phytopathogens, etc. Only varieties of agricultural plants with high ecological sustainability can guarantee stable production of crop products in such conditions.

In the conditions of the Azov agro-climatic zone for five years, a research of varieties of grain peas of domestic and foreign selection was carried out. The method of A. V. Kilchevsky and L. V. Khotyleva (1985) was used for processing and interpretation of the obtained data.

As a result of research it was possible to find significant differences between the researched varieties. The highest effects of specific and general adaptive abilities belong to the variety of Kadet, Alyans, Faraon, Stabil, Temp, Ataman and Fokor. Most high ability of interaction «genotype – environment» is inherent in the varieties of Kemchug, Orlovchanin 2, Vizir, Flagman 10, Yamal, Aksayskiy usatyy 5, the lowest – Talovets 70, Argon, Aksayskiy usatyy 10, Aksayskiy usatyy 55, Spartak, Alyans. The most stable varieties, according to the parameter «relative stability of the genotype», were Faraon, Velvet, Dudar, Lavr, Gotik and Kadet. According to the complex indicator «breeding value of genotype» the advantage belongs to the varieties: Faraon, Kadet, Alyans, Velvet and Gotik. They are of interest as a source material for selection.

The method of A. V. Kilchevsky and L. V. Khotyleva allows characterizing of the environment in which the study of genotypes was carried out. The highest productivity of the environment was noted in 2015, the lowest – in 2013. It is found, that the set of varieties is best differentiated in environments with an average level of productivity.

Review the correlation coefficients between the parameters of environment and meteorological conditions indicates a significant participation of the amount of rainfall, temperature and humidity of air in the formation of environmental parameters such as productivity, the ability to interact «genotype – environment» and differentiating ability.

Key words: peas, variety, genotype, environment, adaptability, stability, breeding value, interaction of genotype-environment, differentiating ability, meteorological conditions.

Козлов Александр Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Научно-исследовательский центр ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» пос. Рассвет, Ростовская область
Тел.: 8-928-147-16-13
E-mail: kozlov86@bk.ru

Kozlov Aleksander Aleksandrovich – Ph.D of Agricultural Sciences, Senior Researcher
Research Institute Centre
FSBSI «Federal Rostov Agricultural Research Centre» v. Rassvet, Rostov region
Tel.: 8-928-147-16-13
E-mail: kozlov86@bk.ru

Центральной задачей селекции сортов гороха является неуклонный рост продуктивности этой культуры в разнообразных экологических условиях нашей

страны за счёт создания новых высокопродуктивных сортов. Однако продуктивность генотипа является сложным, многокомпонентным признаком. Ещё Джироламо Ацци

писал: «Необходимо рассматривать урожай не как абсолютное целое, а как производное двух компонентов – продуктивности и устойчивости». Он же отмечал, что: «в целях получения максимального урожая признаки продуктивности и устойчивости должны быть выбраны и отрегулированы так, чтобы в каждом отдельном случае они наилучшим образом соответствовали условиям внешней среды» [1].

Высокий потенциал продуктивности создаваемых сортов зачастую не может быть реализован без оглядки на действие условий внешней среды. Из-за чего рост урожайности будет происходить за счёт повышения устойчивости растений к стресс-факторам и повышения адаптации сортов к конкретным агроэкологическим условиям [2]. Обнаружить, оценить силу и направленность взаимодействия «генотип – среда» становится возможным в случае смены рангов продуктивности при испытании сортов в различающихся экологических условиях [3]. Для установления способности генотипа вступать во взаимодействия «генотип – среда» белорусскими учеными А. В. Кильчевским и Л. В. Хотылевой разработан метод генетического анализа, позволяющий выявить ценные для селекции на адаптивность генотипы, а также позволяющий дать характеристику среде как фону для отбора [4, 5, 6].

Таким образом, скрининг сортов и селекционного материала с целью поиска высокоадаптивных ген-источников, обеспечивающих высокую продуктивность в широком градиенте экологических условий, изучение специфики взаимодействий «генотип – среда» могут значительно улучшить качества создаваемых сортов. Поэтому работы в данном направлении актуальны для современной селекции.

Цель исследований заключалась в оценке набора сортов зернового гороха по адаптивной способности, стабильности и селекционной ценности, а также определении параметров среды как фона для отбора.

Исследования проводились на полях ФГБНУ «ДЗНИИСК», расположенных в Приазовской зоне Ростовской области, в 2011–2015 гг. Материалом исследований послужили результаты экологического испытания набора сортов различных селекционных учреждений России и зарубежья [7]. Экологическими фонами служили разные годы испытаний – различающиеся метеорологические условия при единообразной агротехнике и технологии закладки опытов. Для вычисления параметров, характеризующих генотипы и среды, по методу А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой и дальнейшей статистической обработки использовали пакет программ прикладной статистики BIOGEN 2.05 [8].

Анализ параметров адаптивной способности сортов позволил выявить сортоспецифичную их реакцию на изменение условий среды. Главная роль в оценке адаптивной способности сортов отведена эффектам специфической и об-

щей адаптивной способности. САС – эффект специфической адаптивной способности ($u+v_i$), фактически средняя урожайность за ряд лет. ОАС – эффект общей адаптивной способности (v_i), характеризует среднее значение признака в различных условиях среды. Оба этих параметра в равной степени характеризуют сорта, различаясь на величину u – общую среднюю всей совокупности сортов. Среди изученного набора сортов по данным параметрам лидировали сорта Кадет, Альянс, Фараон, Стабил, Темп, Атаман и Фокор (табл. 1). Наиболее низкие значения у сортов Губернатор, Немчиновский 100, Аргон, Варис и Мультик.

$\sigma^2(G \times E)_{gi}$ – варианса взаимодействия, она даёт оценку способности сорта вступать во взаимодействие со средами. Наиболее высокой такая способность оказалась у сортов Кемчуг, Орловчанин 2, Визир, Флагман 10, Ямал, Аксайский усатый 5. Наименьшая способность вступать во взаимодействие со средами отмечена у сортов Таловец 70, Аргон, Аксайский усатый 10, Аксайский усатый 55, Спартак, Альянс. Следует отметить отсутствие достоверной корреляционной связи $\sigma^2(G \times E)_{gi}$ с эффектами САС и ОАС ($r=-0,23$), что свидетельствует об относительной независимости показателей продуктивности сортов, и их способностью вступать во взаимодействие со средами.

Варианса $\sigma^2 CAC_i$ предложена авторами методики в качестве меры стабильности генотипа, т. е. его способности в результате регуляторных механизмов поддерживать определённый фенотип в различных условиях среды. Наименьшие значения вариансы $\sigma^2 CAC_i$, а следовательно, и наивысшая способность сохранять уровень продуктивности в условиях различных сред установлены у сортов Лавр, Дударь, Орловчанин 2, Мультик, Вельвет. Наименьшая способность сохранять уровень продуктивности в условиях различных сред характерна для сортов Аксайский усатый 5, Ямал, Агроинтел, Фокор, Губернатор, Аудит. При этом варианса $\sigma^2 CAC_i$ слабо, хотя и достоверно коррелирует с эффектами САС и ОАС ($r=+0,33^*$). Более того, эта связь положительная, а значит, что по мере роста показателей продуктивности наблюдается тенденция к снижению стабильности сортов. В то же время обнаружены сорта, эффективно сочетающие высокие значения эффектов САС и ОАС и низкие значения вариансы $\sigma^2 CAC_i$ – это такие сорта, как Фараон, Кадет и Альянс.

Другим существенным показателем, характеризующим адаптивную способность сортов, является I_{gi} – показатель нелинейности ответа генотипа на среду. У большинства испытанных сортов $I_{gi} \rightarrow 0$, т. е. можно утверждать, что в большинстве случаев наблюдается линейная реакция генотипов на среду. Относительно высокое значение ($I_{gi} \rightarrow 1$) только у сорта Кемчуг, для него в значительной мере свойственна нелинейность ответа на среду. Показатель I_{gi} обнаруживает тесную положительную зависимость с вариансой взаимодействия $\sigma^2(G \times E)_{gi}$ ($r=+0,93^*$),

Таблица 1 – Параметры адаптивной способности и стабильности сортов зернового гороха

Сорт	$u+v_i$	v_i	$\sigma^2(G \times E)_{i_{50}}$	$\sigma^2 CAC_i$	σCAC_i	$I_{i_{50}}$	$S_{i_{50}}$	$CIP_{i_{50}}$	$K_{i_{50}}$
Сармат	22,06	0,51	4,70	39,28	6,27	0,12	28,4	11,03	1,16
Аксайский усатый 5	21,30	-0,25	6,41	63,56	7,97	0,10	37,4	7,27	1,87
Аксайский усатый 7	20,16	-1,39	2,28	38,70	6,22	0,06	30,9	9,21	1,14
Аксайский усатый 10	21,00	-0,55	0,58	41,34	6,43	0,01	30,6	9,69	1,22
Аксайский усатый 55	21,54	-0,01	0,70	41,00	6,40	0,02	29,7	10,27	1,21
Фокор	23,68	2,13	1,95	48,25	6,95	0,04	29,3	11,46	1,42
Альянс	26,12	4,57	0,95	46,08	6,79	0,02	26,0	14,18	1,36
Атаман	24,04	2,49	1,67	45,30	6,73	0,04	28,0	12,20	1,33
Кадет	26,44	4,89	1,19	42,14	6,49	0,03	24,6	15,02	1,24
Лавр	19,66	-1,89	5,47	21,30	4,62	0,26	23,5	11,54	0,63
Аргон	19,04	-2,51	0,38	30,74	5,54	0,01	29,1	9,29	0,91
Старт	20,28	-1,27	3,42	35,66	5,97	0,10	29,4	9,77	1,05
Батрак	20,60	-0,95	3,11	38,59	6,21	0,08	30,2	9,67	1,14
Орлус	23,56	2,01	1,64	46,01	6,78	0,04	28,8	11,62	1,36
Орловчанин	22,40	0,85	5,81	39,91	6,32	0,15	28,2	11,28	1,18
Мультик	19,48	-2,07	3,55	25,14	5,01	0,14	25,7	10,66	0,74
Орловчанин 2	19,70	-1,85	7,77	24,33	4,93	0,32	25,0	11,02	0,72
Визир	22,92	1,37	6,90	42,04	6,48	0,16	28,3	11,51	1,24
Фараон	25,26	3,71	3,10	26,77	5,17	0,12	20,5	16,16	0,79
Спартак	23,04	1,49	0,72	42,58	6,53	0,02	28,3	11,56	1,25
Темп	24,16	2,61	3,92	44,33	6,66	0,09	27,6	12,44	1,31
Флагман 10	19,66	-1,89	6,90	35,56	5,96	0,19	30,3	9,17	1,05
Дударь	20,48	-1,07	5,70	22,40	4,73	0,25	23,1	12,15	0,66
Таловец 70	21,04	-0,51	0,30	28,64	5,35	0,01	25,4	11,62	0,84
Немчиновский 100	18,60	-2,95	2,63	29,01	5,39	0,09	29,0	9,12	0,85
Варис	19,08	-2,47	4,15	26,66	5,16	0,16	27,1	10,00	0,79
Венец	20,24	-1,31	3,98	30,57	5,53	0,13	27,3	10,51	0,90
Фаленский усатый	20,76	-0,79	1,52	36,94	6,08	0,04	29,3	10,07	1,09
Губернатор	17,50	-4,05	5,18	47,52	6,89	0,11	39,4	5,37	1,40
Ямальский	20,26	-1,29	2,24	42,90	6,55	0,05	32,3	8,73	1,26
Ямал	21,28	-0,27	6,82	50,90	7,13	0,13	33,5	8,73	1,50
Агроинтел	21,70	0,15	3,88	49,69	7,05	0,08	32,5	9,30	1,46
Кемчуг	21,74	0,19	15,17	29,33	5,42	0,52	24,9	12,21	0,86
Светозар	20,92	-0,63	2,04	39,29	6,27	0,05	30,0	9,89	1,16
Яхонт	19,72	-1,83	4,66	28,92	5,38	0,16	27,3	10,26	0,85
Руслан	19,60	-1,95	4,16	41,09	6,41	0,10	32,7	8,32	1,21
Вельвет	22,82	1,27	3,44	26,21	5,12	0,13	22,4	13,81	0,77
Аудит	22,86	1,31	3,01	47,46	6,89	0,06	30,1	10,74	1,40
Стабил	24,28	2,73	1,11	42,14	6,49	0,03	26,7	12,86	1,24
Готик	22,86	1,31	3,23	29,51	5,43	0,11	23,8	13,30	0,87
Коэффициент вариации, C_v , %	9,6	–	75,6	24,7	12,6	90,6	13,2	19,0	24,7

что указывает на то, что линейная реакция генотипа на среду в наборе изученных сортов сопряжена с низкой способностью сорта вступать во взаимодействие со средами. Корреляционная связь I_{gi} с эффектами САС и ОАС слабая и недостоверная ($r=-0,27$).

Относительная стабильность генотипа s_{gi} позволяет сравнивать результаты, полученные в различных опытах, и по существу аналогична коэффициенту вариации при изучении генотипа в ряде сред. Корреляционная связь s_{gi} с эффектами САС и ОАС слабая ($r=-0,39^*$), что согласуется с данными, полученными в ходе экологического сортоиспытания твёрдой пшеницы [9]. Она довольно тесно связана с дисперсией стабильности $\sigma^2 \text{CАС}_i$ ($r=+0,73^*$), но, несмотря на это, различия сортов-лидеров и сортов-аутсайдеров для s_{gi} и $\sigma^2 \text{CАС}_i$ существенно различались. Наиболее низкие значения s_{gi} у сортов Фараон, Вельвет, Дударь, Лавр, Готик и Кадет, высокие – у сортов Губернатор, Аксайский усатый 5, Ямал, Руслан, Агроинтел, Ямалский. Авторами методики отмечается, что при низких значениях s_{gi} будет более интенсивно идти отбор на стабильность, а при высоких – на продуктивность. Однако нельзя не заметить, что усреднённая продуктивность сортов в первой группе составила 22,9 ц/га, а во второй – 20,3 ц/га, что ставит под сомнение тезис о целесообразности отбора высокопродуктивных генотипов по высоким значениям s_{gi} .

Селекционная ценность генотипа (СЦГ_i) является интегральным показателем, предназначенным для одновременного отбора генотипов на высокую продуктивность и стабильность урожая. Поэтому СЦГ_i положительно коррелирует с эффектами САС и ОАС ($r=+0,79^*$) и отрицательно с дисперсией стабильности $\sigma^2 \text{CАС}_i$ ($r=-0,32^*$) и относительной стабильностью s_{gi} ($r=-0,87^*$). Наиболее высокие значения СЦГ_i отмечены у сортов Фараон, Кадет, Альянс, Вельвет, Готик. Данные сорта могут представлять интерес в качестве исходного материала для селекции, поскольку на примере овощной фасоли показано наличие мощного гетерозисного эффекта в F_1-F_2 , а также возникновение большего количества трансгрессивных форм у гибридов, родительские образцы которых имели высокую СЦГ_i [10]. Генотипы с высокой СЦГ_i

рекомендуются для включения в межсортовую гибридизацию и для селекции сортов овощного гороха [11].

Значения коэффициента компенсации K_{gi} тождественны дисперсии $\sigma^2 \text{CАС}_i$. Однако для коэффициента компенсации установлена граница $K_{gi}=1$, когда эффекты компенсации и дестабилизации примерно равны. У 14 сортов в изученном наборе $K_{gi}<1$, т. е. преобладает компенсирующий эффект взаимодействия «генотип – среда». Ещё у 26 сортов $K_{gi}>1$, что указывает на наличие дестабилизирующего эффекта. При отборе стабильных генотипов авторы методики предлагают отдавать предпочтение генотипам с $K_{gi}<<1$.

Совокупность характеристик фона, на котором ведётся селекция, оказывает колоссальное значение на объективность учётов и измерений, на эффективность браковок и отборов и в конечном счёте влияет на качества создаваемых сортов и в первую очередь на параметры их адаптивности. Метод, разработанный А. В. Кильчевским и Л. В. Хотылевой, позволяет дать характеристику, не только генотипам, испытанным в различных средах, но и средам, в которых был испытан набор генотипов. Данный метод оценки среды как фона для отбора применялся на различных культурах, в том числе и на овощном горохе [12, 13].

Параметры $u+d_k$ и d_k характеризуют продуктивность среды. Из их значений следует, что наибольшую продуктивность изученному набору сортов среда обеспечила в 2015 году (табл. 2). Наиболее низкой продуктивности изучаемых сортов гороха способствовали условия 2013 года.

Варианса взаимодействия $\sigma^2(\text{GxE})_{\text{ек}}$ характеризует способность среды вызывать взаимодействие «генотип – среда». Как можно видеть, в наиболее благоприятных условиях 2015 года способность среды вызывать генотип-средовые взаимодействия наименьшая. В сравнительно благоприятных условиях 2011 и 2012 годов, а также экстремальных условиях 2013 года она находится на несколько более высоком уровне. Относительно неблагоприятные условия 2014 года приводят к максимальному взаимодействию генотип-среда. Формально коэффициент корреляции между $\sigma^2(\text{GxE})_{\text{ек}}$ и продуктивностью среды ($u+d_k$ и d_k) составил $r=-0,56$.

Таблица 2 – Параметры среды как фона для отбора сортов зернового гороха

Среда (Год)	$u+d_k$	d_k	$\sigma^2(\text{GxE})_{\text{ек}}$	$\sigma^2 \text{ДСС}_k$	ДСС_k	$I_{\text{ек}}$	$s_{\text{ек}}$	$K_{\text{ек}}$
2011	25,17	3,63	2,51	7,86	2,80	0,32	11,14	1,86
2012	25,11	3,56	2,79	7,28	2,70	0,38	10,75	1,73
2013	13,47	-8,07	2,82	3,09	1,76	0,91	13,06	0,73
2014	17,25	-4,29	4,93	11,38	3,37	0,43	19,55	2,70
2015	26,72	5,17	1,90	6,78	2,60	0,28	9,75	1,61
Коэффициент вариации, C_v , %	27,1	–	38,3	40,6	21,9	55,0	30,6	40,6

Чем выше дифференцирующая способность среды $\sigma^2\text{ДСС}_k$, тем сильнее выявляется полиморфизм в популяции по изучаемому признаку. $\sigma^2\text{ДСС}_k$ уже практически не связана с параметрами продуктивности среды ($r=+0,23$), однако связана с $\sigma^2(\text{GxE})_{\text{ек}}$ ($r=+0,66$). Наивысшая дифференцирующая способность среды отмечена в 2014 году, наиболее низкая – в экстремальном 2013 году.

Значения коэффициента нелинейности ответа генотипа на среду $l_{\text{ек}}$ оказались наиболее приближены к нулю в 2011, 2012 и 2015 годах, следовательно, изменчивость в среде в эти годы носит преимущественно линейный характер. Наивысшая нелинейность изменчивости в среде ($l_{\text{ек}} \rightarrow 1$) достигнута в экстремальных условиях 2013 года. Коэффициент нелинейности $l_{\text{ек}}$ отрицательно коррелирует с параметрами продуктивности среды $u+d_k$ и d_k ($r=-0,88$), а также дифференцирующей способностью среды $\sigma^2\text{ДСС}_k$ ($r=-0,66$).

Относительная дифференцирующая способность среды $s_{\text{ек}}$ позволяет сопоставлять результаты исследований, полученных в разных условиях и на различном материале. $s_{\text{ек}}$ даёт во многом сходное с $\sigma^2\text{ДСС}_k$ представление о дифференцирующей способности среды. Принципиальное отличие кроется в характеристике наименее продуктивного 2013 года. Если величина $s_{\text{ек}}$ для 2013 года была близка к среднеарифметической для всего набора сред (годов), то $\sigma^2\text{ДСС}_k$ для 2013 года составляла менее половины к таковой же. Иначе говоря, если по величине $\sigma^2\text{ДСС}_k$ дифференцирующая способность среды в 2013 году явно отличается от 2011 и 2012 годов, то при оценке по $s_{\text{ек}}$ это различие нивелируется. $s_{\text{ек}}$ очень сильно коррелирует с $\sigma^2(\text{GxE})_{\text{ек}}$ ($r=+0,97^*$), обнаруживает связь с параметрами $u+d_k$ и d_k ($r=-0,66$) и $\sigma^2\text{ДСС}_k$ ($r=+0,58$).

Ещё одним показателем, характеризующим условия среды как фона для отбора, является $K_{\text{ек}}$ – коэффициент компенсации среды. По мнению авторов используемого метода, как провокационный фон для отбора предпочтительней среды, в которых преобладают эффекты дестабилизации ($K_{\text{ек}} > 1$). Такие условия среды складывались в течение четырёх лет из пяти. Исключение составляет 2013 год ($K_{\text{ек}} < 1$), когда для среды было характерно преобладание эффектов компенсации. Значения коэффициента компенсации среды идентичны $\sigma^2\text{ДСС}_k$ ($r=+1,0^*$) и вместе с тем практически не связаны с продуктивностью среды ($r=+0,22$).

Исходя из выявленных в ходе исследования значительных различий параметров среды в условиях разных лет возникает закономерный вопрос о причинах их возникновения. Поскольку методика закладки опытов, агротехника, система удобрений и защиты растений, парк используемых сельхозорудий и т. п. за всё время не претерпели существенного изменения, различия в параметрах сред следует отнести в первую очередь на разницу в метеорологических условиях, сопровождающих рост и развитие

растений. Для оценки этого влияния были рассчитаны коэффициенты корреляции между параметрами среды как фона для отбора и основными метеорологическими показателями в годы исследований за период с апреля по июль ежемесячно. Поскольку количество пар для расчёта коэффициента корреляции было довольно малым, далеко не все связи, даже довольно сильные, оказались значимы на уровне 5 %. Тем не менее наиболее тесные зависимости всё-таки дают общее представление о характере связей между параметрами среды и метеоусловиями.

На продуктивность среды ($u+d_k$ и d_k) оказывает негативное влияние высокая среднемесячная температура воздуха в мае ($r=-0,79$). Наиболее сильные положительные влияния отмечены со стороны среднемесячной влажности воздуха в июне ($r=+0,91^*$), суммы осадков за четыре месяца ($r=+0,81$), гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) за весь период ($r=+0,75$).

Варианса взаимодействия $\sigma^2(\text{GxE})_{\text{ек}}$ находится в отрицательной зависимости от среднемесячных температур воздуха июня и июля ($r=-0,70$ и $r=-0,78$ соответственно). Следовательно, высокие температуры воздуха в летние месяцы ограничивают возможность возникновения генотип-средовых взаимодействий в среде. Высокая влажность воздуха в летние месяцы оказывает такое же действие ($r=-0,63$ и $r=-0,89^*$ для июня и июля соответственно). Сумма осадков и ГТК на вариансу $\sigma^2(\text{GxE})_{\text{ек}}$ влияют слабо. Характер связей метеоусловий с вариансой взаимодействия $\sigma^2(\text{GxE})_{\text{ек}}$ во многом идентичен связям с относительной дифференцирующей способностью среды $s_{\text{ек}}$.

Дифференцирующая способность среды $\sigma^2\text{ДСС}_k$ снижается на фоне высоких температур июня и всего периода ($r=-0,93^*$ и $r=-0,57$ соответственно) и увеличивается при обильных осадках июня и всего периода ($r=+0,62$ и $r=+0,63$ соответственно). ГТК июня и всего периода оказывает влияние аналогично осадкам ($r=+0,68$ и $r=+0,65$ соответственно). Коэффициент компенсации среды $K_{\text{ек}}$ находится в тех же зависимостях от метеоусловий, что и $\sigma^2\text{ДСС}_k$.

Коэффициент нелинейности ответа генотипа на среду $l_{\text{ек}}$ положительно коррелирует со среднемесячной температурой мая ($r=+0,76$), это означает, что при повышенных температурах в этом месяце нарастает нелинейный характер изменчивости в среде. Повышенная влажность воздуха в период с апреля по июнь ведёт к увеличению линейности изменчивости в среде ($r=-0,52 \dots -0,80$). Подобное влияние оказывает и повышенная сумма осадков в эти же месяцы ($r=-0,50 \dots -0,73$) и сумма осадков за весь период ($r=-0,95^*$). Вполне ожидаемо $l_{\text{ек}}$ коррелирует с ГТК апреля – июня ($r=-0,51 \dots -0,70$) и ГТК за все четыре месяца ($r=-0,92^*$).

Таким образом, в результате изучения сортов зернового гороха установлено значительное их разнообразие по параметрам адаптивной способности. По результирующему показателю –

селекционной ценности генотипа (СЦГ) наиболее позитивно проявили себя сорта Фараон, Кадет, Альянс, Вельвет, Готик. Эти сорта представляют интерес для включения в гибридизацию в качестве родительских форм. Условия сред (лет), в которых велись испытания, оказались различны как по уровню продуктивности,

так и по параметрам генотип-средового взаимодействия. Судя по установленным корреляционным зависимостям, такие метеорологические условия, как сумма осадков, температура и влажность воздуха, оказывают существенное влияние на параметры среды как фона для отбора.

Литература

1. Ацци Дж. Сельскохозяйственная экология. М. : Изд-во иностран. лит., 1959. 284 с.
2. Баталова Г. А. Селекция растений в условиях нестабильности агроклиматических ресурсов // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012. № 3. С. 20–25.
3. Драгавцева И. А., Драгавцев В. А. Взаимодействие «генотип – среда» как важнейший рычаг повышения продуктивности и урожая растений в процессе селекции // Научные труды ГНУ СКЗНИИСиВ. 2013. Т. 1. С. 58–65.
4. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение I. Обоснование метода // Генетика. 1985. Т. XXI, № 9. С. 1481–1490.
5. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение II. Числовой пример и обсуждение // Генетика. 1985. Т. XXI, № 9. С. 1491–1498.
6. Кильчевский А. В. Генетико-экологические основы селекции растений // Вестник ВОГиС. 2005. Т. 9, № 4. С. 518–526.
7. Агроэкологическая оценка сортов гороха в условиях Приазовья / А. А. Козлов, Ю. В. Шапошникова, Н. А. Коробова, А. П. Коробов // Проблемы устойчивого сельскохозяйственного производства растениеводческой продукции в различных агроэкологических условиях : материалы / Всерос. науч. конф. молодых учёных (заочной) (пос. Рассвет, 27–28 февраля 2017 г.) Ростов н/Д ; Таганрог : Изд-во ЮФУ, 2017. С. 48–54.
8. Мартынов С. П., Сорокин О. Д. Пакет программ прикладной статистики «BIOGEN» для обработки данных, полученных в селекционно-генетических экспериментах // Международная конференция «АГРОИНФО 2003» : сб. науч. тр. / ГНУ СибФТИ Россельхозакадемии. Краснообск, 2003. С. 132–133.
9. Оценка в эколого-географическом эксперименте адаптивности генотипов твердой пшеницы и дифференцирующей способности условий среды (годы, пункты) / П. Н. Мальчиков, В. С. Сидоренко, М. Г. Мясникова, Д. В. Наумкин, Т. В. Ога-

References

1. Attsi Dzh. Agricultural ecology. M. : Publishing house of foreign literature, 1959. 284 p.
2. Batalova G. A. Plant breeding in the conditions of instability of the agro-climatic resources // Leguminous and Cereal Crops. 2012. № 3. P. 20–25.
3. Dragavtseva I. A., Dragavtsev V. A. Interaction of «genotype – environment» as the most important lever for improving the productivity and harvest of plants in the process of selection // Scientific Paper of SSI North-Caucasus Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture. 2013. Vol. 1. P. 58–65.
4. Kilchevsky A.V., Khotyleva L. V. Method of estimation of adaptive capacity and stability of genotypes, differentiating capacity of environment. I. Justification of the method // Genetics. 1985. V. XXI, № 9. P. 1481–1490.
5. Kilchevsky A. V., Khotyleva L. V. Method of estimation of adaptive capacity and stability of genotypes, differentiating capacity of medium. II. Numerical example and discussion // Genetics. 1985. V. XXI, № 9. P. 1491–1498.
6. Kilchevsky A. V. Genetic and ecological bases of plant breeding // VOGIS Herald. 2005. Vol. 9, № 4. P. 518–526.
7. Agro-ecological assessment of varieties of peas in the conditions of the Azov region / A. A. Kozlov, Yu. V. Shaposhnikova, N. A. Korobova, A. P. Korobov // Problems of sustainable agricultural crop production in various agro-ecological conditions : materials of the All-Russian scientific conference of young scientists (part-time) (Rassvet, 27–28 February 2017) Rostov-on-don ; Taganrog : Publisher SFU, 2017. P. 48–54.
8. Martynov S. P., Sorokin O. D. Applied statistics software Package «BIOGEN» for processing of data received in breeding and genetic experiments // International conference «AGROINFO 2003»: a collection of scientific works / SSI Siberian Institute of physics and technology of agrarian problems of the RAAS. Krasnoobsk, 2003. P. 132–133.
9. Evaluation of eco-geographical experiment, the adaptability of durum wheat genotypes and differentiating ability of the environmental conditions (years, sites) / P. N. Malchikov, V. S. Sidorenko, M. G. Myasnikova, D. V. Naumkin, T. V. Oganyan // Legumes

- нян // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № (18). С. 120–126.
10. Анохина В. С., Мазука Е. С. Характеристика межсортных гибридов овощной фасоли в связи с адаптивным потенциалом исходных сортов // Вестник БГУ. Сер. 2. Химия. Биология. География. 2006. № 2. С. 44–48.
 11. Анохина В. С., Марченко О. В., Саук И. Б. Сравнительная характеристика коллекционных образцов овощного гороха по адаптивному потенциалу // Вестник БГУ. Сер. 2. Химия. Биология. География. 2007. № 3. С. 66–71.
 12. Пивоваров В. Ф., Котляр И. П. Оценка среды как фона для отбора при селекции гороха овощного на адаптивность // Овощи России. 2012. № 1. С. 26–29.
 13. Характеристика среды Тюменской области как фона для отбора гороха овощного на стабильно высокую семенную продуктивность / Н. С. Цыганок, Л. В. Кривенков, О. И. Бежанидзе, В. Н. Ушаков // Селекция и семеноводство овощных культур. 2011. № 44. С. 162–170.
 - and Cereal Crops. 2016. № 2 (18). P. 120–126.
 10. Anokhina V. S., Mazuka E. S. Characterization of intervarietal hybrids of vegetable beans in the adaptive potential of source varieties // Vestnik BGU. Series. 2. Chemistry. Biology. Geography. 2006. № 2. P. 44–48.
 11. Anokhina V. S., Marchenko O. V., Sauk I. B. Comparative characteristics of collection samples of vegetable pea on adaptive potential // Vestnik BGU. Series. 2. Chemistry. Biology. Geography. 2007. № 3. P. 66–71.
 12. Pivovarov V. F., Kotlyar I. P. Assessment of the environment as a background for selection of vegetable peas for adaptability // Vegetables of Russia. 2012. № 1. P. 26–29.
 13. Characteristics of the environment of the Tyumen region as a background for the selection of vegetable peas on consistently high seed productivity / N. S. Tsyganok, L. V. Krivenkov, O. I. Bezhanidze, V. N. Ushakov // Selection and Seed Growing of Vegetable Crops. 2011. № 44. P. 162–170.