

## Параметры адаптивности и стабильности гибридного материала картофеля в агроэкологических условиях Самарской области

*А.Л. Бакунов, к.с.-х.н., С.Л. Рубцов, н.с., А.В. Милехин, к.с.-х.н., Н.Н. Дмитриева, ст.н.с., ФГБНУ Самарский НИИСХ*

Одной из главных характеристик новых сортов сельскохозяйственных растений является их высокая адаптивная способность к конкретным

агроэкологическим условиям выращивания. Так как управление факторами природной среды в настоящее время не представляется возможным, а создание оптимальных условий для возделывания растений техногенными средствами является весьма энергозатратным, при выведении новых

сортов следует уделять основное внимание повышению их адаптивного потенциала. Информацию о потенциальной продуктивности, адаптивности и стабильности сорта, его способности отзываться на факторы интенсификации производства можно использовать для повышения эффективности сорта в различных условиях: при интенсивных технологиях, в широком производстве, на приусадебных участках [1].

Хорошо известна зависимость урожайности и качества продукции от факторов внешней среды. Ещё Н.И. Вавилов писал, что урожай есть производное среды и генотипа и в огромной мере определяется условиями культуры, условиями района возделывания [2].

Адаптация – процесс или результат процесса любых изменений в организме, которые обеспечивают способность к существованию в конкретной среде [3]. Её критериями служат способность к выживанию и развитию в изменяющихся условиях среды. Разные признаки и виды обладают неодинаковым потенциалом модификационной и генотипической изменчивости. Для его характеристики используются термины пластичность (способность к изменчивости признаков) и стабильность (стабильное поведение в изменяющихся условиях среды). Пластичность и стабильность являются основными приспособительными свойствами живых организмов. При этом различают общую и специфическую адаптацию [4]. Специфическая адаптация характеризует возможность растения максимально использовать благоприятные условия среды и в то же время противодействовать существующим в данной окружающей среде стрессовым факторам: болезням, вредителям, повышенной или пониженной температуре. Она обеспечивает генотипу высокую продуктивность в специфических условиях [1]. Общая адаптивная способность характеризует возможность образовывать фенотипы, адаптированные к различным средам, и позволяет сорту максимально реализовывать потенциальную продуктивность при изменениях агроклиматических условий.

В настоящее время разработаны различные способы оценки адаптивности и стабильности генотипов [5–10].

Методика А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой [6] основана на испытании генотипов в различных средах и позволяет выявить общую и специфическую адаптивную способность генотипов и их стабильность. При этом общая адаптивная способность (ОАС) характеризует среднее значение признака в различных условиях среды, специфическая адаптивная способность (САС) – отклонение от ОАС в определённой среде. В качестве меры стабильности используется дисперсия САС ( $\sigma^2 \text{САС}_i$ ). Под стабильностью понимается способность генотипа в результате регуляторных механизмов поддерживать определённый фенотип в различных

условиях среды. Также авторами используется понятие селекционной ценности генотипа – СЦГ<sub>i</sub>. Этот критерий характеризует сочетание в генотипе продуктивности и стабильности и позволяет вести отбор на ОАС с учётом стабильности.

Существующие сорта картофеля чаще всего имеют невысокую устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Поэтому на современном этапе основной задачей селекции этой важнейшей культуры является повышение адаптивного потенциала новых перспективных сортов. Для создания пластичных сортов необходима проверка исходных форм и гибридного материала в различных экологических условиях [3].

З.Ф. Сергеева [11] установила, что использование метода определения адаптивной способности по А.В. Кильчевскому и Л.В. Хотылевой позволяет получить значительно больше информации о генотипах картофеля и средах по сравнению с методикой Эберхарта и Рассела. Критерий стабильности  $\sigma^2 \text{САС}_i$  тесно коррелирует с показателем пластичности  $b_i$ . Возможность расчёта СЦГ позволяет отобрать высокопродуктивные генотипы со стабильным проявлением этого показателя.

Изучение воздействия метеорологических факторов среды на урожайность и количество клубней картофеля проводилось О.А. Кузьминовой и др. [12] в условиях Республики Татарстан. Установлен высокий вклад факторов среды в формирование урожайности, количество формируемых клубней преимущественно зависело от генотипа и взаимодействия генотипа – среды.

**Цель работы** – определить параметры адаптивной способности и стабильности по урожайности и её компонентам (средний вес клубня и количество клубней на один куст) у перспективных гибридов картофеля в различные по агроклиматическим условиям годы возделывания для выявления среди них генотипов, наиболее адаптированных к агроклиматическим условиям Самарской области, и последующего создания на их основе новых сортов картофеля.

**Материал и методы исследования.** Объектом исследования являлись девять перспективных гибридов картофеля конкурсного испытания. Гибридный материал был отобран из одноклубневых гибридов, полученных от ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха». В качестве стандарта использовался сорт Ароза.

Исследование проводилось в 2014–2017 гг. в ФГБНУ «Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.М. Тулайкова» (пос. Безенчук, Самарская обл.). Площадь делянки составляла 22,4 м<sup>2</sup>, количество повторений – четыре, размещение гибридного материала в повторностях рендомизированное. Опыты закладывали на селекционном участке. Почва опытного участка представлены чернозёмом террасовым,

обыкновенным, малогумусным, среднемощным, тяжелосуглинистым. Предшественником была яровая пшеница.

2014–2017 гг. характеризовались контрастными климатическими условиями. Условия 2014 и 2017 г. были достаточно благоприятными для роста и развития растений картофеля, тогда как в 2015 и в 2016 гг. в период вегетации отмечались повышенные температуры воздуха, а также почвенная и воздушная засуха.

Указанные метеорологические условия способствовали массовому лёту вьюнковой цикады – переносчика столбура, что привело к развитию эпифитотии этого фитоплазменного заболевания и существенному снижению урожайности картофеля. Кроме того, условия способствовали широкому распространению альтернариоза.

Посадка, фенологические наблюдения, оценка поражённости, уборка и учёт урожайности селекционного материала картофеля проводились согласно методическим указаниям по технологии селекционного процесса картофеля [13].

Параметры адаптивной способности и стабильности гибридного материала определяли по А.В. Кильчевскому и Л.В. Хотылевой [10]. Факторами среды при этом служили условия года выращивания. Для оценки существенности различий по урожайности проводили обработку данных методом двухфакторного дисперсионного анализа по Доспехову [14].

**Результаты и исследования.** Дисперсионный анализ показателей общей урожайности картофеля, количества клубней на одно растение и средней массы одного клубня в различные по агроклиматическим условиям годы показал, что эффекты генотипов, сред и взаимодействий генотипа – среды различались между собой с высокой степенью достоверности. Это дало возможность определить следующие параметры генотипов: ОАС – эффект общей адаптивной способности,  $\sigma$ САС – эффект специфической адаптивной способности и СЦГ – селекционная ценность генотипа – критерий, который позволяет отбирать генотипы по адаптивности с учётом стабильности.

Установлено, что показатели ОАС по урожайности у группы изученных генотипов варьировали от 5,6 до – 5,9. В среднем за четыре года максимальными показателями урожайности и общей адаптивной способности по этому признаку характеризовались гибриды 4550-4, 4550-2, 1604-21/141 и 1600-6/6П. В группе генотипов с высокой общей адаптивной способностью по урожайности лишь гибрид 1600-6/6П имел высокие показатели стабильности (варианса  $\sigma$ САС = 6,4), также довольно высокая стабильность генотипа отмечена у гибрида 1603-18/63П (варианса  $\sigma$ САС = 8,0). Остальные генотипы этой группы отличались низкой стабильностью признака с вариансой  $\sigma$ САС от 13,1 до 16,0 (табл. 1).

Урожайность картофеля является совокупным признаком, формирующимся за счёт средней массы одного клубня и количества клубней на один куст. Максимальным показателем ОАС по средней массе клубня также характеризовался гибрид 4550-4, однако стабильность этого генотипа по данному признаку была одной из самых низких ( $\sigma$ САС = 44,8). Гибрид 1600-6/6П можно охарактеризовать как имеющий оптимальное сочетание общей адаптивной способности и стабильности генотипа по средней массе клубня (ОАС = 8,2,  $\sigma$ САС = 27,9) (табл. 1). Минимальные значения вариансы  $\sigma$ САС по средней массе клубня отмечены у гибридов 1604-21/141 и 4550-29 (24,0 и 24,7 соответственно), однако эти формы имели также и минимальные показатели ОАС, а значит, и наиболее низкий вес клубня.

Высокую общую адаптивную способность по количеству клубней на один куст имели гибриды 4550-29, 4550-4 и 1604-24/141, которые в среднем за четыре года исследования формировали максимальное количество клубней. Однако из них лишь гибрид 4550-4 характеризовался достаточно низким показателем варьирования этого признака ( $\sigma$ САС = 1,5). Высокая стабильность генотипа по количеству клубней на одно растение выявлена у гибридов 1600-17/27П и 1600-6/6П ( $\sigma$ САС = 0,7 и 1,0 соответственно), однако ОАС этих форм находилась на достаточно низком уровне (табл. 1).

Таким образом, выявлена следующая закономерность: генотипы с высокой ОАС по урожайности в целом и по её компонентам, как правило, отличаются низкой стабильностью и, напротив, стабильные генотипы имеют низкую ОАС. Образцы из первой группы способны формировать фенотипы, адаптированные к различным средам, реализовывать потенциальную продуктивность при ежегодных изменениях почвенно-климатических условий, однако не могут обеспечивать постоянный гарантированно высокий урожай в каждой конкретной среде. Такие сорта можно отнести к интенсивному типу, они положительно реагируют на улучшение условий выращивания и факторы интенсификации. В неблагоприятные годы или на низком агрофоне урожайность резко снижается.

Сорта с низкими значениями вариансы  $\sigma$ САС можно отнести к нейтральному типу с низкой экологической пластичностью. Они слабо отзываются на изменение факторов среды, в условиях интенсивного земледелия не могут достигать высоких урожаев, но при неблагоприятных условиях у них меньше снижаются показатели по сравнению с интенсивными сортами.

Важный показатель, характеризующий ценные генотипы, – стабильность формирования урожайности в контрастные по метеоусловиям годы. В качестве критерия отбора генотипов, сочетающих продуктивность и стабильность, нами использован показатель селекционной ценности

1. Параметры адаптивной способности и стабильности гибридного материала картофеля по урожайности и её компонентам, 2014–2017 гг.

Селекционный номер гибрида	Общая урожайность			Средняя масса 1 клубня			Количество клубней на 1 куст		
	т/га	ОАС	$\sigma$ САС	г	ОАС	$\sigma$ САС	шт.	ОАС	$\sigma$ САС
4550-4	29,4	5,6	16,0	71,9	8,7	44,8	10,1	1,5	1,5
4550-2	28,4	4,6	13,1	69,0	5,8	28,8	9,7	1,1	2,3
1604-21/141	26,2	2,4	15,5	54,1	-9,2	24,0	10,1	1,5	2,7
1600-6/6П	25,3	1,5	6,4	71,4	8,2	27,9	8,6	-0,01	1,0
1603-18/63П	23,3	-0,4	8,0	65,3	2,1	28,5	9,2	0,6	1,9
1600-17/27П	22,6	-1,1	11,0	68,5	5,3	39,6	7,7	-0,8	0,7
4550-29	22,4	-1,4	13,8	49,9	-13,2	24,7	10,3	1,7	2,7
Ароза, ст.	21,7	-2,1	11,2	55,5	-7,7	37,8	6,1	-2,5	2,9
4547-4	20,4	-3,4	16,3	65,3	0,8	37,8	7,3	-1,3	1,8
46-2м/40К	17,9	-5,9	11,3	62,7	-0,4	45,5	6,9	-1,7	1,1

2. Значения показателя селекционной ценности генотипа по урожайности и её компонентам и ранги генотипов по этому показателю

Селекционный номер гибрида	Общая урожайность		Средний вес 1 клубня		Количество клубней на 1 куст	
	СЦГ	ранг	СЦГ	ранг	СЦГ	ранг
1600-6/6П	19,1	1	45,4	1	6,3	2
4550-2	15,8	2	42,2	2	4,4	5
1603-18/63П	15,6	3	38,8	3	4,8	4
4550-4	14,0	4	30,2	6	6,6	1
1600-17/27П	12,0	5	31,7	5	6,1	3
1604-21/141	11,3	6	31,8	4	3,9	8
Ароза	10,9	7	20,3	10	0,6	10
4550-29	9,1	8	26,9	8	4,1	7
46-2м/40К	7,0	9	20,4	9	4,4	5
4547-4	4,7	10	28,8	7	3,2	9

генотипа (СЦГ), который является интегральным и позволяет отобрать высокопродуктивные генотипы со стабильным проявлением этого признака.

На основе определения СЦГ выявлены генотипы, сочетающие высокие показатели урожайности и её компонентов со стабильностью этих признаков в различные по агроклиматическим условиям годы. Установлено, что гибриды 1600-6/6П и 4550-2 характеризовались максимальной селекционной ценностью генотипа по урожайности и среднему весу одного клубня за счёт высокой стабильности этих признаков (табл. 2).

При этом гибрид 1600-6/6П имел четвёртый показатель ОАС по общей урожайности и второй по среднему весу клубня, а гибрид 4550-2 – второй и третий соответственно. Гибрид 1603-18/63П с пятью показателями ОАС по урожайности и среднему весу клубня имел 3-й ранг по СЦГ. Напротив, гибрид 4550-4 с лучшими показателями ОАС по двум признакам характеризовался лишь 4-м рангом СЦГ по общей урожайности и 6-м – по среднему весу клубня за счёт низких показателей стабильности этих признаков (табл. 2).

Максимальным показателем СЦГ по количеству клубней на один куст характеризовался гибрид 4550-4, превзошедший остальные изученные формы по средней продуктивности за четыре года исследования.

Таким образом, этот генотип имел наименьшую вариабельность количества клубней на один куст в

контрастные по агроклиматическим условиям годы и формировал общую урожайность в основном за счёт этого компонента, при этом в неблагоприятных условиях наблюдалось существенное снижение веса одного клубня.

Количество клубней также было определяющим в формировании урожайности у гибрида 1600-17/27П (третий показатель СЦГ по этому компоненту). Гибрид 4550-2, напротив, формировал урожайность преимущественно за счёт высокого среднего веса клубня, имея лишь 5-й ранг СЦГ по второму компоненту урожайности.

Гибрид 1600-6/6П можно считать оптимальным по соотношению компонентов урожайности. Он характеризовался достаточно высокими и стабильными показателями компонентов в годы исследования и за счёт этого показал максимальную селекционную ценность генотипа по общей урожайности.

Согласно результатам анализа взаимодействия генотипов и условий среды установлено, что определяющее воздействие на формирование урожайности в целом и на средний вес одного клубня оказали метеорологические условия возделывания. Так, вклад условий года в варьирование признака общей урожайности составил 80,8%, тогда как вклад генотипа – лишь 8,0%, а на взаимодействие генотипа – среда приходилось 11,2% (табл. 3).

Доля влияния факторов среды на варьирование веса клубня составляла 86,2%, вклад генотипа –

### 3. Действие факторов среды и генотипа на варьирование признаков урожайности и её компонентов

Источник варьирования	Вклад в варьирование признака, %		
	урожайность	вес клубня	количество клубней
Среда (условия года)	80,9	86,2	16,9
Генотип	7,9	5,1	42,6
Взаимодействие генотип – среда	11,2	8,7	40,5

лишь 5,1%, а на взаимодействие генотипа – среды приходилось 8,7%.

Варьирование количества клубней на один куст, напротив, преимущественно зависело от генотипических особенностей (42,6%) и их взаимодействия с факторами среды (40,5%). На воздействие средовых факторов приходилось только 16,9% варьирования признака (табл. 3).

Установлено, что снижение продуктивности гибридного материала картофеля в неблагоприятные по агрометеорологическим условиям годы происходило преимущественно за счёт снижения среднего веса одного клубня. У генотипов с высокой СЦГ этот показатель был менее подвержен влиянию отрицательных средовых факторов.

**Выводы.** Исследование параметров адаптивной способности и стабильности генотипа у группы потенциальных новых сортов картофеля выявило формы, сочетающие высокие показатели продуктивности и её компонентов с их стабильностью в изменяющихся условиях среды: 1600-6/6П, 4550-2, 1603-18/63П. Гибрид 4550-4 идентифицирован как интенсивный, имеющий высокую общую адаптивную способность, но существенно снижающий продуктивность в неблагоприятные по метеорологическим условиям годы.

В целом снижение продуктивности гибридного материала в неблагоприятных условиях происходило преимущественно за счёт снижения среднего веса одного клубня. Таким образом, при создании новых сортов картофеля для возделывания в агроклиматических условиях Самарской области можно рекомендовать отбор генотипов с высо-

кими значениями адаптивности и стабильности по среднему весу одного клубня.

### Литература

1. Добруцкая Е.Г., Пивоваров Е.Ф. Экологическая роль сорта в XXI веке // Селекция и семеноводство. 2000. № 1. С. 3–5.
2. Вавилов Н.И. Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям. М.: Сельхозгиз, 1935. 212 с.
3. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений. Кишинев: Штиинца, 1980. С. 239–326.
4. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений. Кишинев: Штиинца, 1988. С. 26–36.
5. Островерхов В.О. Сравнительная оценка экологической пластичности сортов сельскохозяйственных растений // Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений. М.: Наука, 1978. С. 128–136.
6. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды // Генетика. 1985. Т. 21. № 9. С. 1481–1497.
7. Rao A.R. Prabhakaran V.T. Use of AMMI in simultaneous selection of genotypes for yield and stability. Ind. Soc. Agric. Statist. 2005; 59(1): 76–82.
8. Moreno-Gonzalez J., Crossa J., Cornelius P.L. Genotype × environment interaction in multi-environment trials using shrinkage factors for AMMI models. Euphytica. 2004; 137: 119–127.
9. Mortazavian S. M. M., Nikkhan H. R., Hassani F. A., Sharif-al-Hosseini M., Taheri M., Mahlooji M. GGE biplot and AMMI analysis of yield performance of barley genotypes across different environments in Iran. J. Agr. Sci. Tech. 2014; 16: 609–622.
10. Solonechnyi P., Vasko N., Naumov O., Solonechnaya O., Vazhenina O., Bondareva O., Logvinenko Yu. GGE biplot analysis of genotype by environment interaction of spring barley varieties. Zemdirbyste-Agriculture. 2015; 102(4): 431–436.
11. Сергеева З.Ф. Оценка и подбор исходных форм для селекции фитогоро- и нематоустойчивых сортов картофеля: дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1995.
12. Кузьминова О.А. Вклад признака устойчивости к Y-вирусу картофеля в формирование продуктивности у гибридной популяции картофеля / О.А. Кузьминова, С.Г. Вологин, Е.А. Пимаева [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 10. С. 20.
13. Симаков Е.А., Склярва Н.П., Яшина И.М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. М.: ООО Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2006.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985.