

ВЫДЕЛЕНИЕ АДАПТИВНЫХ ФОРМ АБРИКОСА ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ ЛИСТА

Щеглов С.Н.¹, д-р биол. наук, Кузнецова А.П.², канд. биол. наук, Шклярова Т.В.¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет»
(Краснодар)

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»
(Краснодар)

Реферат. Показаны результаты анализа изменчивости 8 форм абрикоса по 10 биохимическим признакам листа. Установлена степень влияния генотипа, зоны выращивания, места происхождения. Выявлены наиболее засухоустойчивые и зимостойкие генотипы. Предложен способ прогнозирования адаптивности форм по биохимическим признакам листа.

Ключевые слова: абрикос, зимостойкость, засухоустойчивость, биохимические признаки листа, прогнозирование устойчивости, абиотические факторы среды

Summary. The results of the variability analysis of 8 apricot forms on 10 biochemical characteristics of the leaf. The influence degree of genotype, growing area, place of origin is shown. The most drought-resistant and winter-hardy forms are revealed. A method for predicting the adaptability of forms on biochemical characteristics of the leaf is offered.

Key words: apricot, winter hardiness, drought resistance, biochemical characteristics of leaf, prediction of resistance, abiotic factors

Введение. На Северном Кавказе абрикос – одна из самых незаменимых плодовых культур. Абрикос обладает ценными биологическими и хозяйственными особенностями: быстрый рост дерева, скороплодность, склонность к ежегодному плодоношению, регулярная урожайность и высокая восстановительная способность деревьев [1].

Причиной, сдерживающей расширение площадей под абрикосом в промышленных садах, является его нерегулярное плодоношение, связанное с гибелью цветковых почек при резких колебаниях температуры в зимне-весенний период, а также с неблагоприятными погодными условиями во время цветения [2, 3]. Деревья абрикоса подвержены гибели вследствие инфекционных болезней [4]. Разработка методов, ускоряющих процесс выделения адаптивных форм в зонах Северного-Кавказа, является актуальным направлением исследований [5-8].

Цель нашей работы – выделение перспективных сортов абрикоса по адаптивности, определяемой по биохимическим признакам листа, и разработка метода прогнозирования засухоустойчивости и зимостойкости. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: выявление влияния генотипа сорта в эколого-географической зоне выращивания на биохимические признаки листа; проведение сравнительной оценки сортов абрикоса по засухоустойчивости и зимостойкости, и разработка методов оценки их устойчивости к абиотическим факторам среды.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в различных почвенно-климатических условиях: на базе ООО «ОПХ им. К.А. Тимирязева» (Краснодарский край, Усть-Лабинский район, х. Безлесный), на опытном участке хутора Копанской, в ЗАО «Плодовод» (г. Краснодар). Материалом для исследования послужили 8 форм абрикоса: Арзами, Верный, Гибрид Петросяна, форма абрикоса 1-22, Мелитопольский ранний, Нью Джерси, Олимп, Краснощёкий.

Измерению подлежали 10 биохимических признаков: содержание калия, натрия, магния, кальция, аскорбиновой, хлорогеновой, кофейной, яблочной, янтарной и лимонной кислот в экстрактах листьев [9]. Статистическая обработка данных проводилась с использованием дисперсионного анализа и t-критерия Стьюдента [10]. Также применялся метод многомерной статистики – дискриминантный анализ. Расчёты выполнялись с помощью пакета статистических программ StatSoft Statistica 10.0 [11].

Обсуждение результатов. В силу своих генетических различий и разных условий выращивания сорта абрикоса должны показывать различия по набору биохимических признаков. Для выявления закономерностей при количественной оценке такого рода изменчивости нами был использован дисперсионный анализ (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты дисперсионного анализа изменчивости содержания биохимических веществ в листовых экстрактах разных сортов абрикоса

Признак	Доля влияния генотипа, %	Доля влияния условий выращивания, %
Содержание калия	0,0	37,0
Содержание натрия	0,0	34,6
Содержание магния	45,6	0,0
Содержание кальция	40,4	0,0
Содержание аскорбиновой кислоты	33,4	43,5
Содержание хлорогеновой кислоты	0,0	35,0
Содержание кофейной кислоты	0,0	0,0
Содержание яблочной кислоты	0,0	46,6
Содержание янтарной кислоты	0,0	0,0
Содержание лимонной кислоты	0,0	0,0

Из таблицы 1 видно, что генотип сорта оказывает статистически достоверное влияние на 3 из 10 биохимических признаков. Наибольшее действие в наших исследованиях этот фактор оказал на содержание магния (45,6 %), далее – на содержание кальция (40,4 %) и аскорбиновой кислоты (33,4 %). Отсутствие различий между сортами по остальным биохимическим признакам можно объяснить длительной селекционной работой, в результате которой биохимические показатели сортов могут выравниваться.

Не менее важное влияние на биохимические показатели оказывают эколого-географические условия выращивания, они повлияли на половину изученных признаков – 5 из 10. Доля соответствующей дисперсии колебалась от 34,6 (содержание натрия) до 46,6 % (содержание яблочной кислоты).

Сравнение средних значений биохимических показателей сортов абрикоса, выращенных в разных условиях, с помощью t-критерия Стьюдента приведено в таблице 2. В нашем исследовании было три таких зоны. К самой северной можно условно отнести ООО «ОПХ им. К.А. Тимирязева», к самой южной – ЗАО «Плодовод», опытный участок в хуторе Копанской на юго-западе относительно Краснодара.

Установлено, что в экстрактах листьев деревьев разных сортов абрикоса, выращенных в ЗАО «Плодовод», по сравнению с растениями из ООО «ОПХ им. К.А. Тимирязева», содержалось большее количество хлорогеновой кислоты, натрия – в 2-3 раза, кофейной кислоты – в 5 раз и янтарной кислоты – в 25 раз.

Сорта абрикоса, произрастающие на опытном участке хутора Копанской, значительно превосходили растения из ООО «ОПХ им. К.А. Тимирязева» по содержанию кофейной кислоты (выше в 5 раз), натрия, калия, яблочной и янтарной кислот (больше в 1,5-3 раза), при этом содержание аскорбиновой кислоты было ниже в 4 раза (табл. 2).

Таблица 2 – Сравнение концентрации веществ в листовых экстракта сортов абрикоса, выращенных в разных эколого-географических условиях

Показатель	Первое среднее	Второе среднее	t-критерий
ЗАО «Плодовод» – ООО ОПХ им. К.А. Тимирязева			
Содержание калия	8662,40	11947,57	1,14
Содержание натрия	139,00	50,76	2,64*
Содержание магния	846,20	739,12	1,40
Содержание кальция	23,44	28,82	0,80
Содержание аскорбиновой кислоты	318,36	495,10	1,30
Содержание хлорогеновой кислоты	13671,40	6793,29	3,00*
Содержание кофейной кислоты	311,16	59,20	4,60*
Содержание яблочной кислоты	10,65	16,73	3,80*
Содержание янтарной кислоты	2,78	0,11	2,10*
Содержание лимонной кислоты	1,54	1,45	0,30
Опытный участок хутор Копанской – ООО «ОПХ им. К.А. Тимирязева»			
Содержание калия	18144,12	11947,57	3,20*
Содержание натрия	142,92	50,76	4,50*
Содержание магния	895,98	739,12	1,50
Содержание кальция	43,05	28,82	1,60
Содержание аскорбиновой кислоты	115,83	495,10	5,70*
Содержание хлорогеновой кислоты	5633,83	6793,29	1,50
Содержание кофейной кислоты	305,53	59,20	1,80*
Содержание яблочной кислоты	21,46	16,73	3,30*
Содержание янтарной кислоты	0,31	0,11	2,20*
Содержание лимонной кислоты	1,27	1,45	1,10
Опытный участок хутор Копанской – ЗАО «Плодовод»			
Содержание калия	18144,42	8662,40	6,70*
Содержание натрия	142,92	139,00	0,07
Содержание магния	895,98	846,20	0,23
Содержание кальция	43,05	23,44	1,20*
Содержание аскорбиновой кислоты	115,83	318,36	1,70*
Содержание хлорогеновой кислоты	5633,83	13671,40	2,80*
Содержание кофейной кислоты	305,53	311,16	0,02
Содержание яблочной кислоты	21,46	10,65	3,40*
Содержание янтарной кислоты	0,31	2,78	1,50
Содержание лимонной кислоты	1,27	1,54	0,70
Примечание. * – различия достоверны на 5%-ном уровне значимости.			

Сорта абрикоса, выращенные в ЗАО «Плодовод», имели большее содержание калия, кальция, кофейной и яблочной кислоты (в 1,5-3 раза) относительно сортов, произрастающих на опытном участке хутора Копанской, однако содержание аскорбиновой и хлорогеновой кислот у них в листовом экстракте было ниже в 2,5 раза чем во втором варианте.

На вкусовые и технологические качества плодов, раннее вступление деревьев в плодоношение, диапазон созревания плодов, урожайность и биохимические показатели может также влиять происхождение сортов абрикоса. В наших исследованиях участвуют 2 сорта среднеазиатского происхождения, 4 сорта европейского происхождения, 2 сорта ирано-кавказского происхождения. Сравнение биохимических показателей сортов абрикоса разного происхождения проводилось с помощью t-критерия Стьюдента (табл. 3).

Таблица 3 – Сравнение концентраций биохимических веществ в листовых экстрактах сортов абрикоса разного происхождения

Показатель	Первое среднее	Второе среднее	t-критерий
Европейское – среднеазиатское			
Содержание калия	13321,10	11676,33	0,70
Содержание натрия	91,98	57,08	1,40
Содержание магния	889,13	793,23	1,00
Содержание кальция	44,12	22,28	2,50*
Содержание аскорбиновой кислоты	338,41	395,33	0,50
Содержание хлорогеновой кислоты	6684,43	7227,67	0,60
Содержание кофейной кислоты	212,02	71,27	0,90*
Содержание яблочной кислоты	16,98	16,31	0,40
Содержание янтарной кислоты	0,85	0,15	0,70
Содержание лимонной кислоты	1,38	1,63	1,00
Среднеазиатское – ирано-кавказское			
Содержание калия	11676,33	15889,25	1,70
Содержание натрия	57,08	128,83	1,60*
Содержание магния	793,23	586,68	1,70*
Содержание кальция	22,28	13,98	2,60*
Содержание аскорбиновой кислоты	395,33	339,25	0,40
Содержание хлорогеновой кислоты	7227,67	9150,00	0,60
Содержание кофейной кислоты	71,27	171,42	1,50*
Содержание яблочной кислоты	16,31	19,82	1,30
Содержание янтарной кислоты	0,15	0,10	0,90
Содержание лимонной кислоты	1,63	1,20	1,60
Европейское – ирано-кавказское			
Содержание калия	13321,10	15889,25	0,90
Содержание натрия	91,98	128,83	0,90*
Содержание магния	889,13	586,68	2,50*
Содержание кальция	44,12	13,98	3,20*
Содержание аскорбиновой кислоты	338,41	339,25	0,00
Содержание хлорогеновой кислоты	6684,43	9150,00	1,10
Содержание кофейной кислоты	212,02	171,42	0,20
Содержание яблочной кислоты	16,98	19,82	1,10
Содержание янтарной кислоты	0,85	0,10	0,70
Содержание лимонной кислоты	1,38	1,20	0,90

Из таблицы 3 видно, что листья абрикоса, имеющие европейское происхождение, по сравнению со среднеазиатским, содержат в экстракте в 2,5 раза больше кальция и кофейной кислоты. У сортов абрикоса среднеазиатского происхождения выше в 1,5 раза концентрация магния и кальция и в 2,5 раза ниже натрия и кофейной кислоты относительно ирано-кавказской группы.

Сорта абрикоса ирано-кавказской группы имеют повышенное содержание натрия и магния в – 1,5 раза, относительно европейской группы, и кальция – в 3 раза меньше.

Так как измерения проводились в разные сроки (июль и август), влияние этого фактора оценивалось в дисперсионном анализе. Сроки измерения статистически достоверно влияют на значения 5 биохимических признаков из 10 изученных. Соответствующая дисперсия колебалась от 21,3 % (содержание калия) до 59,1 % (содержание натрия). Для более точного сравнения средних значений признаков был использован t-критерий Стьюдента (табл. 4).

Таблица 4 – Сравнение средних значений содержания веществ в листовых экстрактах сортов абрикоса в различные стадии вегетации растений, 2018 г.

Показатель	Среднее за июль	Среднее за август	t-критерий
Содержание калия	14905,00	9955,36	2,40*
Содержание натрия	56,74	176,73	5,30*
Содержание магния	732,68	974,73	2,60*
Содержание кальция	30,70	37,27	0,80
Содержание аскорбиновой кислоты	398,75	237,49	1,60*
Содержание хлорогеновой кислоты	6193,37	10127,36	2,60*
Содержание кофейной кислоты	58,09	445,17	3,20*
Содержание яблочной кислоты	18,72	14,23	2,50*
Содержание янтарной кислоты	0,18	1,37	1,50
Содержание лимонной кислоты	1,30	1,67	1,90

Из таблицы 4 видно, что по сравнению с июлем, в августе в 1,5 раза снижалось содержание калия, аскорбиновой и яблочной кислот в экстрактах листьев. В то же время в 1,5 раза увеличилось содержание магния, в 3 раза содержание натрия и почти в 8 раз содержание кофейной кислоты. Таким образом, показана динамика изменения биохимических показателей в листьях сортов абрикоса.

Установленные различия в содержании биохимических веществ у сортов абрикоса с разной степенью зимостойкости и засухоустойчивости дают возможность предложить способ определения зимостойкости и засухоустойчивости сортов абрикоса с помощью специальных уравнений, построенных по данным многомерного статистического метода – дискриминантного анализа. Такие уравнения, построенные с помощью функций классификации, и представлены ниже.

Высокая засухоустойчивость = содержание калия \times 0,0006 + содержание натрия \times (-0,0003) + содержание магния \times 0,0282 + содержание кальция \times (- 0,4388) + содержание аскорбиновой кислоты \times 0,0371 + содержание хлорогеновой кислоты \times 0,0002 + содержание кофейной кислоты \times 0,0150 + содержание яблочной кислоты \times 3,4217 + содержание янтарной кислоты \times 6,3280 + содержание лимонной кислоты \times 15,3964 – 70, 1591.

Высокая зимостойкость = содержание калия \times 0,0006 + содержание натрия \times (- 0,0003) + содержание магния \times 0,0282 + содержание кальция \times (- 0,4388) + содержание аскорбиновой кислоты \times 0,0371 + содержание хлорогеновой кислоты \times 0,0002 + содержание кофейной кислоты \times 0,0150 + содержание яблочной кислоты \times 3,4217 + содержание янтарной кислоты \times 6,3280 + содержание лимонной кислоты \times 15,3964 – 70,1591.

При подстановке значений биохимических показателей в уравнения не исследованный сорт будет относиться к классу, для которого получившийся результат будет максимальным.

Анализ исходных данных подтвердил высокую зимостойкость и засухоустойчивость форма абрикоса 1-22 (как наиболее приспособленной формы), а также высокую засухоустойчивость сорта Арзамы. Сорта Гибрид Петросяна и Мелитопольский ранний можно отнести к среднеустойчивым по зимостойкости и засухоустойчивости.

Выводы. В результате проведённой работы установлено, что генотип сорта абрикоса, условия зон выращивания и происхождение сортов абрикоса оказывают значительное влияние на биохимический состав листьев. Разница в этих показателях – от 1,5 до 25 раз.

Подтверждены высокая зимостойкость и засухоустойчивость формы абрикоса 1-22 и высокая засухоустойчивость сорта Арзамы. Сорта Гибрид Петросяна и Мелитопольский ранний показали среднюю зимостойкость и засухоустойчивость.

Функции классификации, рассчитанные с помощью дискриминантного анализа, позволяют построить уравнения, при подстановке в которые биохимических признаков не исследованных сортов абрикоса можно прогнозировать степень их засухоустойчивости и зимостойкости

Литература

1. Бахтеев Ф.А. Важнейшие плодовые растения: пособие для учителей. М.: Просвещение, 1970. 351 с.
2. Драгавцева И.А., Кузнецова А.П., Савин И.Ю., Прудникова Е.Ю. Пути обеспечения стабильности плодоношения сортов плодовых культур на основе оценки их адаптационного потенциала в изменяющихся условиях среды // Садоводство и виноградарство. 2019. № 3. С. 34-42.
3. Драгавцева И.А., Моренц А.С., Савин И.Ю., Кузнецова А.П. Влияние изменений климата на проявление стресс-факторов зимне-весеннего периода для абрикоса в Прикубанской зоне Краснодарского края // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 1. С. 25-28.
4. Смыков В.К. Абрикос. М.: Агропромиздат, 1989. 240 с.
5. Щеглов С.Н., Кузнецова А.П., Моренц А.С. Выделение адаптивных сортов абрикоса в условиях Краснодарского края [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2015. № 36(6). С. 57-66. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/15/06/06.pdf>. (дата обращения: 02.09.2019).
6. Кузнецова А.П., Ленивецова М.С., Маслова М.В., Еремина О.В. Иммунологический подход к созданию высокоадаптивных форм косточковых культур [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2011. № 10(4). С. 42-48. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/11/04/04.pdf>. (дата обращения: 02.09.2019).
7. Кузнецова А.П., Якуба Ю.Ф. Методика ускоренного выделения иммунных и высокоустойчивых форм рода *Cerasus mill* к коккомикозу по электрофореграммам фенольных соединений // Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству. Краснодар, 2010. С. 236-241.
8. Юрченко Е.Г., Кузнецова А.П., Якуба Ю.Ф., Шестакова В.В. Изучение механизмов физиолого-биохимического барьера к вредителю альтернариоза (*Alternaria tenuissima* kunze ex pers.) у растений рода *vitis* // Идеи Н.И. Вавилова в современном мире: тезисы докладов III Вавиловской международной конференции (Санкт-Петербург, 06-09 ноября 2012 г.). Санкт-Петербург: ГНУ ВИР Россельхозакадемии, 2012. С. 117-125.
9. Якуба Ю.Ф., Кузнецова А.П., Ложникова М.С. Применение капиллярного электрофореза и экстракции в поле СВЧ для анализа растительного сырья // Материалы III Всероссийского симпозиума «Разделение и концентрирование в аналитической химии и радиохимии». 2011. С. 153.
10. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
11. Халафян А.А. Статистический анализ данных STATISTICA 6. М.: ООО Бином-Пресс, 2008. 512 с.