

## Белковые маркёры ряда видов миндаля. Секция настоящих миндалей – *Amygdalus*

**В.И. Авдеев**, д.с.-х.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Виды миндаля (*Amygdalus* L.), относящиеся к подсемейству сливовых (*Prunoideae* Focke) семейства розанных (*Rosaceae* Juss.), произрастают только в Евразии и составляют, по последним данным [1], 23 ботанических вида. В ряде работ [2, 3] в их состав не включают практически исчезнувший в природе миндаль Вавилова (*Amygdalus vavilovii* M. Pop.), но подробные исследования показали на самостоятельность этого вида миндаля [1, 4, 5]. Миндаль Вавилова стал серьёзным затруднением для систематиков, так как по морфологическим признакам к нему близок целый ряд культивируемых гибридных миндалей [5].

Род миндаль в Евразии в основном распространён в природе в аридных регионах Азии, прежде всего в Средней и Передней Азии [1, 2 и др.]. Здесь же располагается ареал подрода и секции настоящих миндалей – *Amygdalus* [2], в которую, по нашим подсчётам, входят 11 видов [1]. Из них наиболее крупные виды – миндали обыкновенный (*Amygdalus communis* L.), бухарский (*Amygdalus bucharica* Korsh.), Фенцля [*Amygdalus fenzliana* (Fritsch) Lipsky] и ряд др. [1, 6, 7]. Первые два вида подробно изучены ранее, в т.ч. по белковым маркёрам, в природной обстановке, а миндаль Фенцля – в коллекции Туркменской опытной станции (ТОС) ВНИИР им. Н.И. Вавилова [1]. В этой статье приведены самые полные данные по этим маркёрам, полученные на основе международной методики, разработанной в названном выше ВНИИР (см. [8]). Затем уже по составу электрофоретических белковых спектров особей природных популяций (миндали обыкновенный, бухарский, Вавилова), особей из коллекций ТОС ВНИИР (миндаль Фенцля) и Института ботаники АН ТаджССР (миндаль Вавилова) определяли степень их близости по белкам путём вычисления доли

общих электрофоретических компонентов. Сами местонахождения изученных популяций в Средней Азии (южная часть Узбекистана, Центральный и Южный Таджикистан, Восточный Туркменистан) и на севере Передней Азии (Юго-Западный Туркменистан) указаны ниже (табл. 1–3).

Полученные данные показывают на значительные различия по белкам отдельных особей в одной и разных популяциях миндаля обыкновенного (табл. 1). Так, в популяции «Чорбаг» у единственной сладкосемянной формы нет в спектре компонента 20, но есть компоненты 42 и 71, отсутствующие у формы с горьким семенем. В ущелье Айдере, где изучены лишь горькосемянные формы, различия связаны с компонентами 9, 20 (это вицилиноподобные глобулины), 42, 61, 71, 77 (кислые легиминоподобные глобулины) и мн. др. Очевидно, что три названных компонента (20, 42, 71) прямо не взаимосвязаны со сладким вкусом семени, а являются следствием случайных процессов, возникших в этих двух соседних популяциях. Не было обнаружено связи признаков косточки (эндокарпия) и с её окраской, формой, размером, характером поверхности. Сладкосемянные особи миндаля Вавилова отличаются тем, что у особи из северных склонов хребта Сурхо нет компонента 46; у обеих этих особей сладкосемянность можно связать с названным компонентом 71 (табл. 1).

Столь же различны по белкам популяции миндаля бухарского (табл. 2). Эти различия также отражают случайные генетические процессы, так что нет серьёзных различий между южными и северными популяциями. Есть только расхождения по разным популяциям, не связанные географически. Так, лишь в популяции «Сариджар» из Центрального Таджикистана найден компонент 40; здесь основная часть особей имеет зумеланическую («оржавленную») окраску косточки. У миндаля



Продолжение таблицы 1

	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	90	92	93	95	98	100	103
A. communis L. (там же)	1	1			1		1		2		1		2	2	1		1	2	1	
	1	1			1		1		2		1		2	2	1		1	2	1	
			1		2		1		2		1		2	2	1		1	1	1	
			1		2		1		2		1		2	2	1		1	1	1	
			1		2		1		2		1		2	2	1		1	1	1	
			1		2		1		2		1		2	2	1		1	1	1	
			1		2		1		2		1		2	2	1		1	1	1	
			1		2		1		2		1		2	2	1		1	1	1	
			1		2		1		2		1		2	2	1		1	1	1	
			1		2		1		2		1		2	2	1		1	1	1	
A. vavilovii M. Pop. (там же)		1		1		1		1		2	1	1	2	1		1		1	2	1
		1		1		1		1		2	1	1	2	1		1		1	2	1

Примечание: для краткости в спектрах *Amygdalus vavilovii* не приведены компоненты в позициях 105 и 112 (интенсивность – по 1 баллу). В спектрах *Amygdalus communis* содержатся 43–48 компонентов, *Amygdalus vavilovii* – 50 или 51 компонент

2. Типы полипептидных спектров глобулинов семян у миндалей Фенцля и бухарского

Позиции полипептидных компонентов по шкале (1 балл – слабой, 2 балла – сильной интенсивности)																							
7	8	9	11	12	14	15	16	17	19	20	21	22	23	25	26	27	28	29	31	32	33	34	35
		1			1		1			1		1				1	1						
		1			1		1			1		1				1	1						
Миндаль Фенцля, Армения (Закавказье)																							
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	50	51	52	53	54	55	57	58	59	60	61	62
Миндаль Фенцля, Армения (Закавказье)																							
1		2			2							1	1	1		1	1	1				1	1
1		2			2							1	1	1		1	1	1				1	1

Продолжение таблицы 2

Миндаль бухарский, Узбекистан и Таджикистан (юг Средней Азии)																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17								
1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1								
1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1								
2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
64	65	66	67	68	69	70	71	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	86	87	89	90	
Миндаль Фендя, Армения (Закавказье)																								
											1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1
											1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1
Миндаль бухарский, Узбекистан и Таджикистан (юг Средней Азии)																								
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2

Примечание: в спектрах не приведены общие для обоих видов компоненты в позициях 1, 3, 4, 6 (интенсивностью в 1 балл) и компоненты в позициях 92, 95, 98, 100, 103 (интенсивностью в 1 балл) для миндаля Фендя. В спектрах *Amygdalus fenzliana* содержатся 36–38 компонентов, *Amygdalus bicharica* – 46–51 компонент. Изученные популяции *Amygdalus bicharica* (номера строк сверху вниз) следующие: сырдарьинская (юг Узбекистана); нимичакская, сариджарская, чекурракская, дарипонская (Центральный Таджикистан); дехская (Западный Памир); кугитангская (Восточный Туркменистан); тереклигауская и панджская (Южный Таджикистан). Миндаль Фендя изучен по образцам 1989 г., миндаль бухарский – в разных районах за 1977–1984 гг.

3. Степень близости видов *Amygdalus* L. по полипептидным компонентам (число компонентов в шт. и %)

Миндаль обыкновенный	шт.	Миндаль обыкновенный		Миндаль Вавилова		Миндаль Фенцля		Миндаль бухарский	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
		–	–	–	37	73	26	70	48
	%	–	–	60	–	42	–	77	–
Миндаль Вавилова	шт.	–	–	–	–	19	51	26	39
	%	–	–	–	–	38	–	50	–
Миндаль Фенцля	шт.	–	–	–	–	–	–	22	36
	%	–	–	–	–	–	–	37	–
Миндаль бухарский	шт.	–	–	–	–	–	–	–	–
	%	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечание: прочерк означает отсутствие излишних расчётных данных

Фенцля различия связаны с компонентами 28, 31; у него нет, кстати, компонентов 42, 71, но они есть у миндаля бухарского. Миндали обыкновенный, Фенцля отличают наличие компонента 92 из зоны основных легиуминоподобных глобулинов (их нет у миндалей бухарского, Вавилова). Из этих же глобулинов миндаль Фенцля выделяется также за счёт компонентов 98, 103, а компонент 89 имеется лишь у миндаля бухарского (табл. 1, 2).

Такое сочетание компонентов приводит к тому, что наиболее близкими являются миндали обыкновенный, бухарский, Вавилова, содержащие 37–48 шт. общих компонентов, или 60–77% (табл. 3). Близость первого вида с миндалём Фенцля составляет 70%, или 26 компонентов (табл. 3). Она отражалась на морфологических признаках, так что миндаль Вавилова посчитали гибридом миндалей обыкновенного и бухарского, возникшим в культуре [3]. Но миндаль Вавилова имеет отличие от этих двух «предковых видов», группу компонентов 81, 83, 86 (табл. 1 и 2), что сближает древнейшие миндали Вавилова и Фенцля, имеющие также чёткую рельефную поверхность косточки [4]. Что же касается общности миндаля Вавилова с миндалями бухарским, обыкновенным (табл. 3), то это обусловлено их былым совместным произрастанием на юге Средней Азии, неизбежной при этом интрогрессии генов за счёт гибридизации. Как уже отмечено, миндаль Вавилова за последние полвека в природе почти исчез, а его последним спутником оставался миндаль бухарский [1, 4, 5]. Сам же миндаль бухарский сохраняет чуть более 50% общих с миндалём Вавилова компонентов спектра (табл. 3).

Из приведённых выше данных следует, что изученные виды миндаля из секции *Amygdalus* достаточно чётко различаются по белковым маркерам как между собой, так и на уровне популяций. Различия между особями хорошо выражены в зонах вицилиноподобных и особенно кислых легиуминоподобных глобулинов. Видовые же различия (так называемый химический радикал, по Н.И. Вавилову) имеются среди основных легиуминоподобных глобулинов (это компоненты 80 и более). Часть белковых маркёров связана с их эволюционным прошлым, общностью происхождения, другая же часть – с интрогрессивной гибридизацией, возникшей при наложении их ареалов.

**Литература**

1. Авдеев В.И. Плодовые растения Средней Азии, их происхождение, классификация, исходный материал для селекции: дисс. ... докт с.-х. наук. СПб.: ВНИИР им. Н.И. Вавилова, 1997. 326 с.
2. Browicz K. *Amygdalus* // Flora des iranischen Hochlandes und der umramenden Gebirge. Persien, Afghanistan. Teile von West-Pakistan, Nord-Iraq, Azerbaidjan, Turkmenistan. Wien: Akademische Druck-Verlagsanstalt Granz-Austria. 1969. № 66 / 30, S. 187–204.
3. Ерёмин Г.В. Отдалённая гибридизация косточковых плодовых растений. М.: Агропромиздат, 1985. 280 с.
4. Авдеев В.И. Абрикосы Евразии: эволюция, генофонд, интродукция, селекция. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2012. 408 с.
5. Авдеев В.И. «Загадочный» миндаль Вавилова // Роль Варзобской горно-ботанической станции «Кондара» в развитии экспериментальной ботаники, лесоводства и плодоводства в Таджикистане: матер. юбилейной науч. конф. Душанбе: Дониш, 2014. С. 4–11.
6. Денисов В.П., Рихтер А.А., Ядров А.А. Дикие миндали Армении // Труды по прикладной ботанике, генетики и селекции. 1978. Т. 62. Вып. 3. С. 83–92.
7. Денисов В.П. Распространение и изменчивость дикорастущих миндалей Азербайджана // Бюллетень ВНИИР им. Н.И. Вавилова. 1982. Вып. 126. С. 39–43.
8. Авдеев В.И. Белковые маркёры в систематике и селекции двудольных растений / под грифом МСХ РФ. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2012. 56 с.