

УДК 634.25:58.036.5:581.134.3

DOI: 10.25684/0513-1634-2023-148-153-160

ОЦЕНКА ИСХОДНОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА И ГИБРИДНОГО ФОНДА ПЕРСИКА И МИНДАЛЯ НА ЗИМОСТОЙКОСТЬ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Александр Михайлович Голубев, Наталья Александровна Алёшина,
Артём Алексеевич Куликов, Наталья Александровна Ефремова,
Владимир Сергеевич Вдовенко

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока»,
410010, г. Саратов, ул. Тулайкова, д. 7
E-mail: biotechnoalgot@mail.ru

Впервые проведены исследования степени вызревания побегов персика и миндаля в Средней Полосе России. Показано, что гистохимические показатели вызревания древесины не могут служить надёжным маркером отбора на морозостойкость. Выявлено, что наиболее уязвимыми звеньями в зимостойкости персика и миндаля является морозостойкость ксилемы во время осенней закалки и морозостойкость цветковых почек после прохождения глубокого покоя. Проведена оценка 38 генотипов персика и миндаля по морозостойкости цветочных почек и древесины. Выявлен универсальный донор морозостойкости для миндаля и персика.

Ключевые слова: *Prunus persica L. Batsch; морозостойкость однолетних побегов; зимостойкость генеративных почек; первый компонент зимостойкости; содержание крахмала; накопление лигнина; накопление липидов; накопление суберина*

Введение

Северная часть Нижнего Поволжья – зона рискованного земледелия, с выраженным континентальным климатом и годовым разбегом температур от +44°C летом до -41°C зимой [6]. Здесь возможно всё – в вегетационный период бывают затяжные дожди и продолжительная засуха, изнуряющая жара и холодные летние месяцы, а зимы могут быть как бесснежные, так и с его метровым слоем, тёплые, когда температура не опускается ниже -25°C и холодные, когда за -35°C. Особенно опасны зимы с многочисленными оттепелями и последующим сильным снижением температур. На выращивание персика в таких условиях отваживаются немногие, а про миндаль вообще никто не помышляет. Тем не менее, климатические показатели вегетационного периода благоприятны для выращивания персика, а суровые зимы не так часто встречаются, такими оказались 2005-2006 гг. и 2022-2023 гг. В такие годы вся надземная часть персиковых деревьев вымерзает по уровень снега. В среднем, продолжительность жизни персиковых деревьев в нашей зоне 5-10 лет, при этом удаётся собрать 3-7 урожаев настоящих спелых персиков непосредственно с дерева, что очень вдохновляет садоводов. По некоторым данным [12] после хорошего вызревания тканей и полноценной закалки, морозостойкость коры персика к февралю может возрасти почти до -50°C, а устойчивость ксилемы увеличиваться до минус 36°C, хотя в августе они могли выдерживать всего лишь -5°C и -11°C соответственно. В реальных климатических условиях редко бывают оптимальные условия для вызревания тканей и закалки, к тому же степень вызревания тканей и генетическая способность к закалке у всех генотипов разная. Для большинства сортов персика предел морозостойкости древесины не превышает -28 ... -30°C [8]. Одним из обязательных условий вызревания тканей является полимеризация простых фенольных соединений в лигнин [16], хотя их роль многогранна, как в регулировании эндогенных процессов, так и защите от различного рода стрессов [9]. В осенне-зимний период глубокие изменения

претерпевает углеводный обмен [4, 11, 19]. Изменяется состав липофильных соединений [20]. С осенним понижением температур в древесине и коре идёт накопление липидовисуберина [2], а на поверхности коры – кутина [18] и воска [15]. Липофильные соединения способствуют вытеснению свободной воды из клеток и предотвращению её проникновения извне [7]. В период вызревания тканей глубокие изменения претерпевают коллоиды протоплазмы клеток – за счёт накопления гидрофильных белков, повышающих долю связанной воды по отношению к свободной, что снижает вероятность образования кристаллов льда внутри клеток [13, 14]. Для защиты тканей от температуры замерзания древесные растения эволюционно выработали две различные модели поведения: стратегию избегания, при которой внутриклеточная вода переохлаждается и стратегию устойчивости, при которой клетки адаптируются к потере воды из-за образования внеклеточного льда [17].

Цель данной работы – изучить степень вызревания древесины и зимостойкость коллекционных генотипов персика и миндаля для выявления перспективных доноров по данным признакам.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования служила коллекция сортов и гибридных форм персика (*Prunus persica* L. Batsch) в ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» и в частном селекционном питомнике Голубевых. Содержание крахмала, общих липидов и суберинаопределяли гистохимически по М.Н. Прозиной, в модификации Г.Г. Фурста [10], Ф-лигнина по А.Н. Бояркину [1]. Оценку в баллах проводили на основании созданных шкал по содержанию лигнина (рис. 1), липидов (рис. 2) и суберина (рис. 3).



Рис. 1 Шкала сравнительной оценки содержания лигнина в тканях однолетних побегов абрикоса, персика и миндаля



Рис. 2 Шкала сравнительной оценки содержания липидов в тканях побегов абрикоса, персика и миндаля

Для анализа брали 3 биологические повторности и 5-6 аналитических. Морозостойкость в гистохимических исследованиях определяли прямым промораживанием побегов в 3-х повторностях, при -18°C , в течение 48 ч., учитывая рекомендации ФГБНУ ВСТИСП [3].



Рис. 3 Шкала сравнительной оценки содержания суберина в тканях побегов абрикоса, персика и миндаля

Зимостойкость генотипов определяли по морозостойкости побегов и цветковых почек в естественных условиях после прохождения морозного периода (конец марта – начало апреля). Степень подмерзания однолетних побегов оценивали по микрофотографиям поперечных срезов сделанных под бинокулярным микроскопом МБС-10 со съёмкой на цифровую камеру «Microscope Digital Camera LevenhukM300 BASE», сравнивая с построенной 10 бальной калибровочной шкалой степени повреждения тканей (рис. 4), где 0 – отсутствие повреждений, 10 – максимальное повреждение и гибель. Эксперимент проводился в 3-х биологических и 2-х аналитических повторностях.



Рис. 4 Степень подмерзания однолетних побегов персика и миндаля

Количество погибших цветковых почек подсчитывали на 3-х ветках по 50 – 100 почек, при продольном срезе лезвием и выражали в процентах к общему числу боковых (цветочных) почек. Все экспериментальные данные обработаны статистически с помощью программы AGROS, версия 2.09.

Результаты и обсуждение

Одной из задач исследований являлось выяснение физиологических и биохимических механизмов подготовки персика к зимнему периоду покоя и связи их со степенью морозостойкости. Вызревание побегов связано, в основном, с процессом лигнификации клеточных оболочек ксилемы. Известна взаимосвязь между степенью лигнификации компонентом «Ф» (фракция лигнина, реагирующая с флюороглицином) и морозостойкостью [2, 3]. Из литературных источников так же известно, что чем раньше и полнее гидролизуется крахмал в тканях, тем больше у растений накапливается веществ, обеспечивающих зимостойкость, тем лучше они будут подготовлены к зиме [3]. Гидрофобные соединения, к которым относятся липиды и суберин – это основная группа веществ, препятствующая избыточному обводнению тканей и образованию в них внутриклеточных кристаллов льда. Чем устойчивее плодородное растение, тем больше жиров оно накапливает [3].

Исследования показали уязвимость генотипов персика к раннезимним морозам в конце осени и начале зимы, то есть к первому компоненту зимостойкости. В конце осени не один из исследуемых персиков не показал полной готовности к морозам с температурой в -18°C в течение 48 часов (табл. 1). Наиболее ценными, по первому компоненту зимостойкости, оказались следующие генотипы – 'Новосёлковский', 'Саратовский-33', 'Киевский Ранний', 'СК 19-1', 'Саратовский Ранний', показавшие небольшую степень подмерзания древесины 1,5-3 балла по 10 бальной системе. Рекордсменом устойчивости по первому компоненту зимостойкости оказался декоративный миндаль И.В. Мичурина 'Посредник' (*Amygdalus nana* *Mognolica* × *Armeniaca* (*Prunus*) *daurica* Carriere) – степень подмерзания 0,05 балла.

Таблица 1

Морозостойкость однолетних побегов персика и миндаля при искусственном промораживании и их гистохимические показатели содержания запасных компонентов вызревания тканей в позднесенний (26.11.2019) и зимний (22.01.2020) периоды.

Генотип	Гистохимическое содержание (в баллах)							Степень подмерзания	
	крахмала на 26.11.2019	лигнина		суммы липидов		суберина		-18°C	-28°C
		2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Новосёлковский	2,33	4,72	6,67	6,16	6,75	4,24	6,67	1,50	5,92
Саратовский-33	2,0	4,76	5,53	6,12	4,78	3,60	5,25	2,27	0,82
Киевский Ранний	2,0	4,54	7,25	6,10	6,00	4,80	8,17	2,62	1,85
СК 19-1	3,33	4,52	6,00	5,54	6,50	2,88	6,42	2,68	3,92
Саратовский Ранний	2,37	4,46	5,07	5,58	5,28	3,14	5,42	3,20	1,72
Маньчжурский № 1	2,33	4,90	6,38	5,20	6,25	3,40	4,50	4,02	4,75
Китайский № 2	3,0	4,48	5,97	2,74	2,75	3,30	4,58	4,47	1,25
Аника-1	2,67	4,18	5,83	2,50	1,50	2,20	5,08	4,55	0,42
Донецкий Белый	2,93	4,10	6,35	6,04	7,20	4,90	6,50	4,75	2,83
Саратовский Ароматный	2,0	3,50	6,13	6,00	6,67	3,10	4,60	4,83	2,42
Аника-2	3,33	4,18	6,25	2,30	3,00	2,00	5,83	5,93	1,18
НСР	0,697	0,401		0,506		0,412		0,517	
Миндаль 'Посредник'	3,0	5,00	6,83	7,32	7,63	3,20	5,83	0,05	0,88
Миндаль № 53	5,67	4,64	-	4,36	-	3,70	-	3,08	-
Миндаль № 37	6,67	4,48	-	4,40	-	3,50	-	3,47	-
Миндаль № 35	5,0	4,80	-	4,62	-	3,40	-	6,18	-
Миндаль № 51	3,33	3,96	-	4,24	-	2,92	-	9,17	-
Миндаль № 52	6,00	4,12	-	3,40	-	4,00	-	9,28	-
НСР	1,473	0,551	0,681	0,342	0,619	0,601	0,694	0,543	0,952

Исследование содержания крахмала в позднесенний период, в побегах персика, показало отсутствие прямой зависимости зимостойкости по первому компоненту от содержания крахмала в тканях однолетних побегов, тем не менее, генотипы с наибольшей морозостойкостью среди персиков ('Новосёлковский', 'Саратовский-33' и 'Киевский Ранний') имели наименьшее количество крахмала (2-2,3 балла).

На конец ноября различия в содержании Ф-лигнина между генотипами персика не столь значительные 3,5-4,9 балла. К III декаде января содержание Ф-лигнина значительно возросло у всех генотипов, особенно у 'Киевского Раннего' и 'Саратовского Ароматного' с 4,54 и 3,50 баллов до 7,25 и 6,13 соответственно. Максимальное содержание Ф-лигнина в конце осени у персика 'Маньчжурский № 1' (4,9 балла) не защитило его от подмерзания в 4,02 балла, а с дальнейшим накоплением Ф-лигнина (как и других компонентов) до 6,38 баллов – степень подмерзания только увеличилась до 4,75 баллов.

Среди изученных сортов персика, высоким уровнем накопления суммы липидов в конце ноября, характеризовались сорта: Новосёлковский (6,16 баллов), Киевский Ранний (6,1 балла), Донецкий Белый (6,04 балла) и гибридные формы – Саратовский-33 (6,12 баллов), Саратовский Ароматный (6,0 баллов), показавшие разную морозостойкость. Рекордсменом в накоплении суммарных липидов оказался миндаль 'Посредник' – 7,32 балла. У большинства изученных генотипов к 22.01.2020 накопление липидов увеличилось, кроме двух генотипов – Саратовский-33 и Аника-1, у которых значимо содержание их снизилось. Эти же две местные гибридные формы оказались наиболее морозостойкими по второму компоненту зимостойкости. Основное количество суберина накапливалось к III декаде января. Наибольшее количество его наблюдалось у сорта Киевский ранний.

Корреляционный анализ не выявил зависимости степени подмерзания однолетних побегов от исследованных элементов вызревания тканей, как по первому компоненту зимостойкости, так и по второму. На основании полученных данных, нами делается вывод, что накопление лигнина, суммы липидов и суберина, хотя и участвуют в вызревании тканей, но они не являются решающими факторами в формировании первого и второго компонентов зимостойкости.

Исследования выявили наиболее морозостойкие генотипы персика по второму компоненту зимостойкости – 'Аника – 1', 'Саратовский – 33', 'Аника – 2', 'Китайский № 2', 'Киевский Ранний'; миндаль 'Посредник'.

Большая сумма низких положительных температур осенью 2021 года привела к тому, что большинству генотипов персика хватило единиц охлаждения CU (chillunits) для выхода из эндогенного покоя и их цветочные почки начали пробуждаться. Морозы в период 2-ой фазы закалки (27.12.2021 г.) с температурой -23°C привели к значительной гибели цветковых почек и потере будущего урожая (табл. 3).

Таблица 3

Процент нагрузки урожаем в связи со степенью подмерзания генеративных почек и тканей однолетних побегов коллекционных генотипов персика после понижения температур до -23°C в конце декабря 2021 г.

Генотип	Процент гибели цветковых почек	Степень подмерзания тканей побегов, баллы (0-9)	Степень нагрузки урожаем, %
Абрикосовый	15,74	0,10	40
Роял Ви	17,06	1,00	0,5
Посол Мира	34,62	2,17	0
Коллинз	36,11	1,67	0
Аника-1	38,40	0,17	40
Саратовский Ароматный	58,94	2,22	30
Устойчивый	61,02	0,10	40
СК 19-1	65,86	1,77	20
Саратовский 13-1	66,47	0,48	30
Китайский № 2	68,51	0,33	30
Флеминг Фьюри – PF-11	72,38	3,08	0,5
Саратовский Поздний	75,29	0,88	10
Херсонес	78,24	0,47	0,5
Вардени	79,48	0,83	0,5
UFO-3	82,14	0,68	0
Новосёлковский	84,17	1,55	2
Саратовский-33	86,79	0,12	10
Аника-2	88,38	1,42	10
Донецкий Белый	89,93	0,45	2
Киевский Ранний	95,00	1,00	1
Саратовский Ранний	99,04	2,12	10
Маньчжурский № 1	100	2,38	0
Ореховый	100	1,50	0
НСР	29,533	0,594	

Наилучшую морозостойкость цветковых почек показали следующие генотипы персика: Абрикосовый, Роял Ви, Посол Мира, Коллинз и Аника-1, процент гибели составил 15,74%, 17,06%, 34,62%, 36,11% и 38,40% соответственно. Данные показали, что гибель цветочных почек до 70% позволяет получить небольшой урожай в 1,5 балла (30% от максимального). В полевых условиях наивысшую морозостойкость древесины, после завершения второй фазы закалки, показало 4 генотипа персика: 'Абрикосовый', 'Аника-1', 'Устойчивый', 'Саратовский-33', которые можно использовать как источники морозостойкости в скрещиваниях. Хорошую

морозостойкость древесины в осенне-зимний период можно отметить ещё у 9 генотипов: 'Роял Ви', 'Саратовский 13-1', 'Китайский № 2', 'Саратовский Поздний', 'Херсонес', 'Вардени', 'UFO-3', 'Донецкий Белый'. По комплексной устойчивости следует выделить – 'Абрикосовый', 'Аника-1', 'Устойчивый', 'Саратовский 13-1', 'Китайский № 2'.

Наиболее неблагоприятные климатические условия сложились в осенне-зимний период 2022 года – обилие дождей, очень тонкий слой снежного покрова (до 5-7 см), 5 дневная оттепель в начале декабря до +6°C с последующим падением температур до - 28°C. Таких испытаний без подмерзаний не перенёс ни один персик (табл. 4).

Таблица 4

Степень подмерзания цветковых почек и однолетних побегов на 23.01.2023 г.

Генотип	Средний % гибели цветковых почек на 20.01.2023	Морозостойкость древесины, баллы (0-9)
Саратовский Поздний	92,94	3,50
Саратовский-33	56,82	4,00
Донецкий Белый	100	5,00
Топ Свит (Т5)	100	5,58
Абрикосовый	99,31	6,00
СК 19-1	100	6,08
Китайский №2	98,25	6,33
Аника-1	98,61	6,67
Саратовский Ранний	100	6,92
Вардени	100	7,33
Киевский Ранний	96,56	7,42
Саратовский Ароматный	90,21	7,92
Флеминг Фьюри	96,39	8,00
Викторс	98,67	8,08
Устойчивый	100	8,08
Биг Хевен	100	8,17
Саратовский 13-1	100	8,33
Сюрприз	89,38	8,50
Херсонес	94,3	8,58
Эрли Ред Хевен	100	8,92
Коллинз	100	9,00
Посол Мира	100	9,00
Новосёлковский	98,55	9,17
Джаминат	99,38	9,17
Вулкан (Т1)	100	9,58
Флеминг Фьюри PF-11	100	9,58
Ореховый	100	9,67
Миндаль х Персик 40	100	9,83
Миндаль 'Посредник'	1,74	0,22
НСР	5.827	0.661

Сильные повреждения получила ксилема и камбий, тогда как кора не пострадала. Резкий перепад температур губительно сказался, прежде всего, на взрослых деревьях персика и миндаля, а отсутствие достаточного снежного покрова на саженцах посаженных осенью, двухлетние гибридные сеянцы не пострадали. Приемлемое количество цветковых почек среди персиков (43%) сохранилось только у местной поздноцветущей гибридной формы Саратовский-33, которая на протяжении 10 лет используется при гибридизации в качестве источника зимостойкости. Среди миндалей лучшие показатели морозостойкости древесины и цветковых почек у миндаля

Посредник, что позволило провести запланированный объём скрещиваний его с разными сортами персика и миндаля.

Выводы

Исследования показали, что составные элементы вызревания древесины – содержание Ф-лигнина, суммы липидов и суберина, не могут служить надёжным показателем отбора на морозостойкость. Так же выяснилось, что наиболее уязвимая стадия для растений персика и миндаля – это подготовка к зимнему периоду, т.е. первый компонент зимостойкости. Наиболее зимостойкими генотипами персика оказались местные отобранные формы – 'Саратовский-33', 'Саратовский Поздний', 'Абрикосовый', 'Аника-1' и 'Саратовский Ранний', а из интродуцированных – 'Устойчивый', позволяющие после тёплых зим получать небольшие урожаи. Из всех изученных генотипов персика и миндаля донором зимостойкости в данной климатической зоне может служить только миндаль 'Посредник'.

Список литературы

1. Бардинская М.С. Растительные клеточные стенки и их образование. – М.: Наука, 1964. – 160 с.
2. Барская У.И. Изменения хлоропластов и вызревание побегов в связи с морозостойкостью древесных растений. – М.: Наука, 1967. – 224 с.
3. Генкель П.А., Окнина Е.З. Состояние покоя и морозоустойчивость плодовых растений. – М.: Наука, 1964. – 244 с.
4. Карапетян К.А. Некоторые изменения в ходе обмена веществ персика и миндаля в связи с их морозостойкостью: Автореф. дисс. канд. биол. наук. – Ереван, 1963. – 28 с.
5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
6. Пряхина С.И., Ормели Е.И. Агроклиматическая характеристика сезонов года Саратовской области // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле, 2018. – Т. 18, Вып. 4. – С. 243–247.
7. Саламатова Т.С., Зауралов О.А. Физиология выделения веществ растениями. – Л.: ЛГУ, 1991. – 152 с.
8. Сычев А.И. Зимостойкость цветковых почек и древесины сортов, элитных сеянцев и отдалённых гибридов персика в период глубокого покоя // Селекция и сортоведение садовых культур. – 2018. – Т. 5, № 1. – С. 131–135.
9. Упадышев М.Т. Роль фенольных соединений в процессах жизнедеятельности садовых растений. – М.: Изд. Дом МСП, 2008. – 320 с.
10. Фурст Г.Г. Методы анатомо – гистохимического исследования растительных тканей. – М.: Наука, 1979. – 155 с.
11. Яблонский Е.А. Маркович З.В. Изучение динамики олигосахаридов для сравнительной оценки зимостойкости сортов косточковых культур // Труды Государственного Никитского ботанического сада. – 1970. – Т. LXVI. – С. 62–83.
12. Arora R., Wisniewski M.E., Scorza R. Cold Acclimation in Genetically Related (Sibling) Deciduous and Evergreen Peach (*Prunus persica* [L.] Batsch). 1. Seasonal Changes in Cold Hardiness and Polypeptides of Bark and Xylem Tissues // Plant Physiol. – 1992. – Vol. 99. – P. 1562–1568.
13. Arora R., Wisniewski M.E., Rowland L.J. Cold Acclimation and Alterations in Dehydrin-like and Bark Storage Proteins in the Leaves of Sibling Deciduous and Evergreen Peach // J. Amer. Soc. Hort. Sci. – 1996. – Vol. 121(5). – P. 915–919.

14. Bassett C.L., Wisniewski M.E., Artlip T.S., Richart G., Norelli J.L., Farrell Jr. R.E. Comparative expression profiling and transcript initiation of three peach dehydrin genes // *Planta*. – 2009. – Vol. 230. – P. 107-118.
15. Broun P., Poindexter., Osborne E., Jiang C.-Z., Riechmann J.L. WIN1, a transcriptional activator of epidermal waxaccumulation in Arabidopsis // *PNAS*. – 2004. – March 30. – P. 4706-4711.
16. Hatfield R., Vermerris W. Lignin Formation in Plants. The Dilemma of Linkage Specificity // *Plant Physiology*. – 2001. – Vol. 126. – P. 1351-1357.
17. Karlson D.T. (Jenny), Xiang Q.-Y. (J.), Stirm V. E., Shirazi A.M., Ashworth E.N. Phylogenetic Analyses in Cornus Substantiate Ancestry of Xylem Supercooling Freezing Behavior and Reveal Lineage of Desiccation Related Proteins // *Plant Physiology*. – 2004. – Vol. 135. – P. 1654–1665.
18. Kerstiens G., Schreiber L., Lenzian K.J. Quantification of cuticular permeability in genetically modified plants // *Journal of Experimental Botany*. – 2006. – Vol. 57, No. 11. – P. 2547-2552.
19. Krasensky J., Jonak C. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks // *J. Exp. Bot.* – 2012. – Vol. 63(4). – P. 1593-1608.
20. Wang X. Li W., Li M., Welte R. Profiling lipid changes in plant response to low temperatures // *Physiologia Plantarum*. – 2006. – Vol. 126. – P. 90-96.

Статья поступила в редакцию 13.07.2023 г.

Golubev A.M., Alyoshina N.A., Kulikov A.A., Efremova N.A., Vdovenko V.S. Evaluation of the initial breeding material and hybrid fund of peach and almond for winter hardiness in the Lower Volga region // *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. – 2023. – № 148. – P. 153-160.

For the first time, studies were carried out on the degree of ripening of peach and almond shoots in Central Russia. It is shown that histochemical indicators of wood maturation cannot serve as a reliable marker of selection for frost resistance. It was revealed that the most vulnerable links in the winter hardiness of peach and almonds are the frost resistance of xylem during autumn hardening and the frost resistance of flower buds after deep dormancy. 38 genotypes of peach and almonds were evaluated for frost resistance of flower buds and wood. A universal donor of frost resistance for almonds and peaches has been identified.

Key words: *Prunus persica* L.; frost resistance of annual shoots; winter hardiness of generative buds; the first winter hardiness component; starch content; lignin accumulation; lipid accumulation; suberin accumulation