

В.М. ГОРИНА¹, А.А. РИХТЕР¹, Г.П. ЗАЙЦЕВ²

¹ Никитский ботанический сад — Национальный научный центр НААН Украины
Украина, АР Крым, 98648 г. Ялта

² Национальный институт винограда и вина «Магарач» НААН Украины
Украина, АР Крым, 98648 г. Ялта, ул. Кирова, 31

РЕАКЦИЯ ГЕНЕРАТИВНЫХ ПОЧЕК РАСТЕНИЙ АБРИКОСА НА ИСКУССТВЕННОЕ ПРОМОРАЖИВАНИЕ

Отобраны модельные растения с различной реакцией на воздействие низких температур воздуха. Выявлено повышенное содержание амигдалина, хлорогеновой кислоты, апигенина-7-о-гликозида и апигенина в генеративных почках на стадии «начало розового бутона» у морозостойких сортов абрикоса по сравнению с неустойчивыми.

Ключевые слова: абрикос, морозостойчивость, фенольные соединения.

Стрессовые факторы окружающей среды (низкие температуры, засуха и др.) ингибируют рост растений. Устойчивость к холоду у растений формируется осенью при диапазоне температур 10–20 °С, когда в почках накапливаются углеводы и липиды, а также при охлаждении и замораживании побегов. Степень холодоустойчивости определяется комплексом биохимических процессов, некоторые из них гормонально зависимы и обусловлены фотопериодом, другие связаны с активностью ферментных систем и зависят от температуры воздуха. Ускорение закладки почек в конце сезона, прекращение роста, ранний покой повышают морозостойчивость [2, 10].

Развитие генеративных почек в зимний период сопровождается определенной направленностью и интенсивностью метаболизма углеводов и фенольных соединений. Например, во время покоя содержание фенольных соединений изменяется незначительно. Снижение их концентрации наблюдается после выхода из состояния покоя, при формировании мужского гаметофита и усилении ростовых процессов, ингибиторами которых являются многие фенолы [7].

Максимальная морозостойкость генеративных почек абрикоса отмечена в период образования археспориальной ткани пыльника — в декабре–в начале января, когда почки находились в глубоком покое и способны были выдержать понижение температуры воздуха до –21 °С, тогда как снижение до –23 °С в этот период для большинства сортов оказалось летальным. После выхода из глубокого покоя под воздействием частых оттепелей устойчивость почек снижается. В марте они выдерживают понижение температуры до –10...–12 °С при более широком варьировании этого признака (11,8% — в декабре и 37,9% — в марте). Весьма опасны заморозки поздней весной. Так, в апреле при температуре –6 °С отмечена 100% гибель почек [1].

Сравнение образцов побегов растений абрикоса из различных географических групп выявило наибольшую способность к гидролизу крахмала в период зимнего покоя с низкими температурами воздуха (–14,0 и –17,5 °С в январе) у представителей Центрально-Азиатской группы, наименьшую — у представителей Ирано-Кавказской и Сибирской групп, европейские образцы занимали промежуточное положение. Полученные результаты свидетельствуют о том, что растворимые сахара и крахмал играют важную роль в

процессах, связанных с адаптацией растений абрикоса к низким температурам [13].

В период формирования генеративных органов в почках происходит дифференциация прокамбия и образование непрерывной ксилемы, что является важной особенностью, позволяющей почкам переносить глубокое охлаждение. Способность выдерживать переохлаждение пропадала у *P. persica* (L.) Batsch., *P. avium* L., *P. armeniaca* L. и *P. salicina* Lindl. в период между февралем и мартом, а у *P. cerasus* L. — между мартом и апрелем [8].

Органы цветка растения абрикоса могут преодолевать охлаждение, избегая формирования льда, но они чувствительны к замораживанию [11]. Замерзшие элементы цветка буреют и коричневеют при оттепели.

При развитии генеративных почек у растений абрикоса в течение ноября—января происходит постепенное увеличение активности каталазы и содержания восстановленного глутатиона наряду с уменьшением концентрации общих сульфгидрильных соединений. В начале февраля при увеличении накопления этих метаболитов наблюдается тенденция к снижению активности каталазы [14].

Таким образом, в феврале отмечена повышенная антиоксидантная активность тканей цветковых почек, которая обеспечивает их защиту от воздействия низких температур воздуха, обуславливающих окислительный стресс. В связи с этим изучение фенольного комплекса в почках растений у сортов абрикоса с разной устойчивостью к замораживанию является актуальной задачей.

Цель работы — подобрать модельные сорта абрикоса с различной реакцией генеративных почек на воздействие отрицательной температуры воздуха и определить защитную роль вторичных метаболитов в связи с селекцией на морозостойкость.

Объекты и методы

Растения абрикоса сортов Запоздалый и Чистенький селекции Никитского ботанического сада — Национального научного центра (НБС–ННЦ) и Хосравшаи и Дима Бекетовский, интродуцированных из Средней Азии и Армении, произрастали на коллекционных участках НБС–ННЦ на Южном берегу Крыма.

Степень повреждения генеративных почек при воздействии низкой температуры воздуха определяли методом промораживания побегов в холодильной камере [3].

Содержание фенольных соединений в почках на стадии «начало розового бутона» определяли 25.03.09 и 27.03.10 на хроматографе фирмы Agilent Technologies (модель 1100). Анализ проводили на хроматографической колонке «Zorbax» SB-C18 размером 4,6 × 150 мм, заполненной октадецилсилильным сорбентом [9, 12].

Навеску измельченных тканей генеративных почек абрикоса ((2,0±0,1) г) довели до метки 5 мл 50% водным метанолом, подкисленным соляной кислотой (0,1 н раствор). После 30-минутной выдержки в ультразвуковой бане раствор фильтровали через мембранный тефлоновый фильтр с размером пор 0,45 мкм [12].

Идентификацию фенолов осуществляли по времени удерживания компонентов и спектральным характеристикам. В качестве стандарта амигдалина применяли препарат «D-amygdalin» из семян абрикоса фирмы «Sigma» США.

Статистическую обработку данных выполняли с помощью пакета программ Statistica-5 [6].

Результаты и обсуждение

По результатам искусственного промораживания побегов абрикоса в климатической камере при температурах –14, –16, –18, –20 °С на разных стадиях развития генеративных тканей почек отобраны образцы, пригодные в качестве модельных

Таблица 1. Влияние отрицательной температуры воздуха на генеративные почки абрикоса в разные фазы развития (1982–1983)

Сорт	Дата опыта	Температура, °С	Стадия развития	Количество живых почек, %	Количество погибших почек, %
Крымский Амур	05.01.82	– 14	СПТ	82,9	17,1
Дима Бекетовский	05.01.82	– 14	СПТ	82,3	17,7
Запоздалый	05.01.82	– 14	СПТ	89,3	10,7
Крымский Амур	16.02.82	– 16	М, ТД	98,1	1,9
Дима Бекетовский	16.02.82	– 16	МС, М	90,6	9,4
Запоздалый	16.02.82	– 16	МС, М	100,0	0,0
Крымский Амур	10.03.82	– 16	МКП	0,0	100,0
Дима Бекетовский	10.03.82	– 16	МКП	0,0	100,0
Запоздалый	10.03.82	– 16	ТД	63,6	36,4
Крымский Амур	13.01.83	– 18	МС	93,5	6,5
Дима Бекетовский	13.01.83	– 18	МС	80,9	19,1
Запоздалый	13.01.83	– 18	СПТ	100,0	0,0
Крымский Амур	08.02.83	– 20	МКП	0,0	100,0
Дима Бекетовский	08.02.83	– 20	МКП	0,0	100,0
Запоздалый	08.02.83	– 20	МС	100,0	0,0
Крымский Амур	14.02.83	– 14	МКП	82,4	17,6
Дима Бекетовский	14.02.83	– 14	МКП	27,3	72,7
Запоздалый	14.02.83	– 14	МС	100,0	0,0

Примечание: СПТ — формирование спорогенной ткани пыльника; МС — микроспороциты; М — мейоз материнских клеток пыльцы; ТД — тетрады микроспор; МКП — микроспоры.

Таблица 2. Воздействие отрицательной температуры воздуха на генеративные почки сортов абрикоса (2010)

Сорт	Дата опыта	Температура, °С	Стадия развития	Количество живых почек, %	Количество погибших почек, %
Крымский Амур	02.II	– 16	МС	4,2	95,8
Запоздалый	02.II	– 16	МС	82,4	17,6
Чистенький	02.II	– 16	МС	60,7	39,3
Хосравшаи	02.II	– 16	МС	48,6	51,4
Дима Бекетовский	02.II	– 16	МС	1,2	98,8
Крымский Амур	01.III	– 10	МКП	0,0	100,0
Запоздалый	01.III	– 10	ТД, МКП	0,6	99,4
Чистенький	01.III	– 10	МКП	1,6	98,4
Хосравшаи	01.III	– 10	МКП	0,0	100,0
Дима Бекетовский	01.III	– 10	ТД, МКП	20,4	79,6

Примечание: МС — микроспороциты; ТД — тетрады микроспор; МКП — микроспоры.

растений. Аналогичное тестирование было проведено в 2010 г. (табл. 1, 2). Таким образом, в исследование были включены сорта: Крымский Амур — контроль, Запоздалый,

Чистенький — более устойчивые к воздействию низкой отрицательной температуры, Хосравшаи и Дима Бекетовский — менее устойчивые.

Таблица 3. Содержание цианогенного гликозида и фенольных соединений в генеративных почках сортов абрикоса (мг/100 г), устойчивых к воздействию отрицательной температуры воздуха

Компонент	Сорт			
	Чистенький		Запоздалый	
	2009 г.	2010 г.	2009 г.	2010 г.
Амигдалин	1527,4	1199,1	1379,3	1287,8
Неохлорогеновая кислота	307,1	250,8	209,3	161,9
Хлорогеновая кислота	1894,6	1732,3	1892,1	1684,9
Апигенин-7-о-гликозид	112,7	100,1	110,9	90,4
Рутин	193,5	215,9	119,3	135,7
Кверцетин-3-о-гликозид	0,0	37,7	0,0	15,8
Кемпферол-3-о-софорозид	41,4	86,9	38,6	58,0
4'-Метоксикемпферол-3-о-софорозид	8,1	40,3	14,2	11,6
4'-Метоксикверцетин-3-о-гликозид	3,9	14,9	7,8	6,8
Апигенин	9,7	8,3	6,7	5,3
Лютеолин	0,0	5,6	0,0	0,0
Содержание компонентов	4098,4	4031,2	3778,2	3458,2

Таблица 4. Содержание цианогенного гликозида и фенольных соединений в генеративных почках сортов абрикоса (мг/100 г), неустойчивых к воздействию низких температур воздуха

Компонент	Сорт			
	Хосравшаи		Дима Бекетовский	
	2009 г.	2010 г.	2009 г.	2010 г.
Амигдалин	640,5	1036,1	1081,6	1199,6
Неохлорогеновая кислота	169,4	143,0	255,6	266,0
Хлорогеновая кислота	1051,9	1032,9	1146,1	1146,5
Апигенин-7-о-гликозид	75,8	64,3	45,4	44,2
Рутин	146,6	151,8	121,6	107,3
Кверцетин-3-о-гликозид	0,0	20,3	2,3	15,6
Кемпферол-3-о-софорозид	101,8	137,6	72,5	84,0
4'-Метоксикемпферол-3-о-софорозид	7,1	24,8	0,0	18,0
4'-Метоксикверцетин-3-о-гликозид	0,0	8,1	5,1	3,5
Апигенин	4,8	5,7	0,0	3,3
Лютеолин	8,9	12,5	0,0	0,0
Содержание компонентов	2206,8	2637,1	2730,2	2888,0

В результате промораживания побегов растений абрикоса в 2010 г. выявлены четкие различия в летальном повреждении генеративных почек, находящихся на одинаковой стадии развития (микроспороциты) (02.02.10) при температуре -16°C . Последующее промораживание (01.03.10) при

-10°C на более поздних стадиях развития привело к значительному повреждению тканей почек у сортов Крымский Амур, Запоздалый, Чистенький и Хосравшаи, тогда как количество живых почек у образца Дима Бекетовский составило 20,4% (см. табл. 2).

Таблица 5. Результаты дисперсионного анализа сравнения средних данных вариантов опыта

Компонент	Вариант 1	Вариант 2	F_v	$F_{0,5(v)}$	НСР
Амигдалин	1348,4	989,45	6,56	5,98	336,25
Неохлорогеновая кислота	232,27	208,5	0,29	5,98	104,53
Хлорогеновая кислота	1800,97	1094,35	129,59	5,98	148,97
Апигенин-7-о-гликозид	103,52	57,42	24,83	5,98	22,20
Рутин	166,1	131,82	1,83	5,98	60,67
Кверцетин-3-о-гликозид	13,37	9,55	0,14	5,98	24,50
Кемпферол-3-о-софорозид	56,22	98,97	5,62	5,98	43,26
4'-Метоксикемпферол-3-о-софорозид	18,55	12,47	0,43	5,98	22,08
4'-Метоксикверцетин-3-о-гликозид	8,35	4,17	2,10	5,98	6,91
Апигенин	7,5	3,45	6,61	5,98	3,78
Лютеолин	1,4	5,35	1,29	5,98	8,32
Содержание компонентов	3841,5	2615,52	35,51	5,98	493,72

Примечание: Вариант 1 — средние данные для растений сортов Чистенький и Запоздалый; Вариант 2 — средние данные для растений сортов Хосравшаи и Дима Бекетовский; F_v — фактическое значение; $F_{0,5(v)}$ — критическое; НСР — наименьшая существенная разница.

Основная функция вторичных метаболитов (цианогенных гликозидов и фенолов) заключается в защите растений от биотических и абиотических стрессов. Наряду с этим показано, что для тканей побегов более зимостойких сортов айвы обыкновенной (*Cydonia oblonga* Mill.) характерно повышенное накопление амигдалина, что предлагается использовать в качестве показателя адаптации растений к условиям внешней среды [4, 5].

Данные дисперсионного анализа свидетельствуют о том, что в тканях генеративных почек более морозостойчивых сортов абрикоса (Запоздалый и Чистенький) по сравнению с неустойчивыми образцами (Хосравшаи и Дима Бекетовский) в фазе «начало розового бутона» накапливается достоверно большее количество амигдалина, хлорогеновой кислоты, апигенин-7-о-гликозида, апигенина и фенольных компонентов (табл. 3–5).

Выявленная закономерность согласуется с представлением о том, что амигдалин участвует в процессах адаптации растений к пониженным температурам воздуха, а хлорогеновая кислота ингибирует активные ростовые процессы в генеративных почках плодовых растений в зимний период. Характер измене-

ния содержания хлорогеновой кислоты подтверждается данными о накоплении этого компонента в генеративных почках сортов персика, различающихся по устойчивости к низким температурам воздуха [3–5].

Выводы

Выявлено, что содержание амигдалина, апигенин-7-о-гликозида, апигенина и хлорогеновой кислоты в генеративных почках морозостойких сортов абрикоса на стадии «начало розового бутона» достоверно выше, чем в почках неморозостойких сортов. Отмеченную особенность можно использовать при диагностике сортов абрикоса, устойчивых к воздействию отрицательной температуры воздуха.

1. Горшкова Г.А., Елманова Т.С., Шолохов А.М., Яблонский Е.А. Морозостойкость абрикоса в Крыму // Тр. Гос. Никит. ботан. сада. — 1985. — 96. — С. 40–51.

2. Елманова Т.С. Содержание регуляторов роста в генеративных почках персика // Там же. — 2005. — 125. — С. 47–56.

3. Елманова Т.С., Опанасенко Н.Е. Эколого-физиологические особенности персика. — К.: Аграрна наука, 2010. — 150 с.

4. Кудренко І.К., Левон В.Ф., Мороз П.А., Голубкова І.М. Еколого-фізіологічна роль вторинних

метаболітів у рослинах. Ціаногенні глікозиди // Інтродукція рослин. — 2011. — № 1. — С. 62–69.

5. Левон В.Ф., Клименко С.В. Амигдалін як один з показників рівня адаптації сортів айви довгастої (*Sydonia oblonga* Mill.) в умовах Лісостепу України // Там само. — 2006. — № 1. — С. 94–97.

6. *Электронный учебник по статистике*. — М.: StatSoft, Inc. (1999). Режим доступа: <http://www.statsoft.ru/textbook/default.htm>.

7. Яблонский Е.А., Елманова Т.С. Физиология устойчивости абрикоса к зимним неблагоприятным условиям // Тр. Гос. Никит. ботан. сада. — 1986. — Т. 100. — С. 81–90.

8. Ashworth E.N. Xylem development in *Prunus* flower buds and the relationship to deep supercooling // *Plant Physiol.* — 1984. — 74, N 4. — P. 862–865.

9. Chen L.J., Hrazdina G. Structural aspects of antho-cyanin-flavonoid complex formation in plant color // *Phytochemistry*. — 1981. — 20. — P. 297–303.

10. Kozlowski T.T., Pallardy S.G. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses // *The Botanical Review*. — 2002. — 68, N 2. — P. 270–334.

11. Meng Q.-R., Liang Y.-Q., Wang W.-F., et al. Study on supercooling point and freezing point in floral organs of apricot // *Agricultural Sciences in China*. — 2007. — 6, N 11. — P. 1330–1335.

12. Mc. Murrough I., Hennigan G.P., Loughrey M.J. Quantitative analysis of hop flavonols using H.P.L.C. // *J. Agric. Food Chem.* — 1982. — 30. — P. 1102–1106.

13. Tamassy I., Zayan M. Seasonal changes in total sugars, reducing and non-reducing sugars and starch contents in relation to cold hardiness of some apricot varieties from different groups // *Acta Horticulturae*. — 1982. — 121. — P. 125–139.

14. Viti R., Bartolini S. Changes in SH-cjntaining compounds and catalase activity in apricot flower bud during the winter season // *Scientia Horticulturae*. — 1998. — 73, N 1. — P. 1–9.

Рекомендовал к печати П.А. Мороз

В.М. Горина¹, О.О. Рихтер¹, Г.П. Зайцев²

¹ Нікітський ботанічний сад —
Національний науковий центр НААН України,
Україна, АР Крим, м. Ялта

² Національний інститут винограду та вина
«Магарач» НААН України,
Україна, АР Крим, м. Ялта

РЕАКЦІЯ ГЕНЕРАТИВНИХ БРУНЬОК РОСЛИН АБРИКОСИ НА ШТУЧНЕ ПРОМОРОЖУВАННЯ

Відібрано модельні рослини з різною реакцією на вплив низьких температур повітря. Виявлено підвищений вміст амигдаліну, хлорогенової кислоти, апігеніну-7-о-глікозиду та апігеніну в генеративних бруньках на стадії «початок рожевого бутону» у морозостійких сортів абрикоси порівняно з нестійкими.

Ключові слова: абрикоса, морозостійкість, фенольні сполуки.

V.M. Gorina¹, A.A. Richter¹, G.P. Zaytsev²

¹ The Nikita Botanical Gardens — National Scientific Center, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Ukraine, Crimea, Yalta

² The National Institute for Vine and Wine «Magarach», Ukraine, Crimea, Yalta

REACTION OF GENERATIVE BUDS OF APRICOT PLANTS ON ARTIFICIAL BREEZING

The plants with different resistance to low temperatures have been selected. The high content of amigdaline, chlorogenic acid, apeginine-7-o-glycoside and apeginine in generative buds on the stage “the beginning of pink bud” in frost resistant varieties of apricot in comparison with not resistant ones has been shown.

Key words: apricot, frost resistant, phenolic compounds.