

УДК 634.11:57.045:577.13

**АНТОЦИАНЫ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ
УСТОЙЧИВОСТИ ЯБЛОНИ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ УСЛОВИЯМ
ЗИМЫ**

Зинаида Николаевна Тарова

кандидат сельскохозяйственных наук, профессор

tarovaz@mail.ru

Максим Леонидович Дубровский

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

element68@mail.ru

Денис Андреевич Комиссаренко

магистрант

Александр Евгеньевич Семенов

магистрант

Юлия Вадимовна Чубанова

магистрант

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Представлены данные об особенностях синтеза антоцианов в коре побегов краснолистных подвоев яблони. Показано, что растения клоновых подвоев яблони выработали различные метаболические пути формирования устойчивости к стрессам зимнего периода. Одни подвои отличаются стабильно высоким синтезом пигмента (более 100 единиц), другие, имея более низкий уровень (50-60 единиц) активизируют синтез пигмента в стрессовых условиях. Учитывая, что подвои оказывают влияние на увеличение синтеза пигмента в коре привитых сортов, предпочтение на практике предлагается отдавать

клоновым формам с высоким уровнем накопления пигмента, как косвенного фактора повышения устойчивости культурных сортов.

Ключевые слова: яблоня, клоновые подвои, устойчивость, зимостойкость, антоцианы.

Введение. Роль веществ вторичного происхождения, к которым относятся одни из самых распространенных в растительном мире вещества фенольной природы - антоцианы, до сих пор остается спорным вопросом. Название этим веществам было дано еще в начале двадцатого столетия немецким биологом Альбрехтом Косселем. Считалось, что вещества, которые присутствуют не во всех растениях, не синтезируются каждой клеткой, не могут играть важной роли в метаболизме [5, 7].

Исследование функций соединений, отнесенных к вторичным метаболитам, осложнялось тем, что это - химически неоднородная группа веществ: кроме фенольных соединений сюда относят изопрены, алкалоиды, антибиотики, фитонциды, минорные группы, каучук и др. [13].

Фенольные соединения в растениях выполняют множество разнообразных функций. Многие из них участвуют в основном обмене, например, играют важную роль в процессах фотосинтеза и дыхания. Большинство фенольных соединений - типичные представители вторичного метаболизма [7]. Наиболее распространены и узнаваемы в растительном мире вторичные вещества фенольной природы – антоцианы: водорастворимые вакуолярные пигменты, обуславливающие окраску цветков, плодов, листьев в разнообразные цвета - от нежно- розового до фиолетово-черного.

Проанализировав более 100 научных источников по вопросу структуры и функций антоцианов как вторичных метаболитов, ученые из Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук отмечают, что «антоцианы (АЦ) являются эволюционно более молодыми, чем хлорофиллы и каротиноиды, пигментами. АЦ обнаружены у многих таксонов голосеменных и покрытосеменных растений, они могут накапливаться практически во всех органах и частях растений. АЦ полифункциональны, их функции могут меняться в течение онтогенеза и варьировать от органа к органу. АЦ участвуют в регуляции многих процессов и являются частью интегрированной сети защитных и адаптивных реакций.... Представляет интерес реакция флавоноидного метаболизма и биосинтеза антоцианов, в

частности, на ожидаемые климатические изменения и усиление антропогенного пресса на природные экосистемы, возможность использования АЦ в качестве доступной визуальному наблюдению тест-системы» [4].

Не менее важными оказываются функции вторичных метаболитов, и антоцианов в частности, для человека и его здоровья. Широко известно об использовании антоцианов в качестве пищевых натуральных красителей, обладающих антиоксидантной активностью [6].

Исследователи Первого московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова опубликовали результаты своих исследований действия веществ вторичного происхождения, где констатируют: «Наша исследовательская команда предлагает рассматривать вторичные метаболиты растений (ВМР) как потенциальное средство для борьбы с антибиотикорезистентностью» [2].

Плоды, богатые антоцианами, в частности вишни, являются объектом изучения в качестве продуктов функционального питания, замедляющих развитие опухолей, раковых клеток толстой кишки [1, 12].

В ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ (ранее Плодоовощной институт им. И.В. Мичурина) начиная с тридцатых годов прошлого столетия велась активная работа по селекции клоновых подвоев яблони, уникальной особенностью которых являлся генетически обусловленный синтез антоцианов во всех частях растения. Такие подвои имели характерную окраску с фенотипическим проявлением антоцианов, и за ними закрепился термин - «краснолистные». Исследователи отмечают более высокую устойчивость таких форм подвоев к стрессовым факторам окружающей среды [8, 9, 11].

Изучению количественного содержания пигмента в коре однолетних побегов клоновых подвоев яблони и посвящена настоящая работа.

Условия и методы проведения исследований. Исследования проводились в 2020-2023 гг. Биологические объекты (побеги клоновых подвоев яблони) для исследований получали из маточника Лаборатории селекции слаборослых клоновых подвоев и других плодовых культур ФГБОУ ВО

Мичуринский ГАУ (Мичуринский район, Тамбовская область). Лабораторные исследования проводились в соответствии с методикой Т.М.Соловьевой [10] в Центре коллективного пользования университета.

Результаты исследований.

В течение ряда лет мы проводили наблюдения за динамикой накопления антоцианов в коре однолетних побегов клоновых подвоев яблони в климатических условиях Мичуринского района Тамбовской области. Все изучаемые подвой относился к группе краснолистных, тогда как количество синтезируемого пигмента у них было разное, как и фенотипическое проявление (рис.1, таблица 1).



Рисунок 1 - Фенотипическое проявление антоциановой окраски у краснолистных форм клоновых подвоев яблони.

На рисунке представлены (слева направо) побеги подвоев ПБ, 98-7-77, 62-396 на разных этапах вегетации. Отчетливо видно, что в период распускания почек и начала роста побегов окраска проявляется наиболее ярко: все молодые листья имеют интенсивную антоциановую окраску. В июне – июле (период активного роста побегов) в разной степени бывает окрашена растущая верхушечная розетка листьев. М.А. Соловьевой (1982) была предложена методика определения зимостойкости культурных сортов яблони по содержанию антоцианов в коре побегов. Исследования, проведенные учеными в Мичуринском университете, показали, что подвой влияют на накопление антоцианов в коре побегов привитых сортов, тем самым косвенным путем повышают зимостойкость привитых сортов [3].

Наши наблюдения показали, что краснолистные подвои синтезируют в коре побегов разное количество пигмента. Причем этот показатель подвержен влиянию факторов окружающей среды (таблица 1).

Таблица 1

Содержание антоцианов в коре однолетних побегов краснолистных подвоев яблони (мг/смг).

Объекты	2020г.		2021г.		2022г.	
	октябрь	ноябрь	октябрь	ноябрь	октябрь	ноябрь
Парадизка Будаговского (ПБ)	85,0	94,0	50,0	87,5	56,5	90,5
54-118	110,0	120,0	90,5	110,0	120,0	125,0
62-396	65,0	80,0	45,0	75,0	60,5	85,0
76-4-4	53,0	85,0	50,0	85,0	65,0	93,0
98-7-77	105,0	123,0	95,0	105,0	110,0	114,5

Из приведенной группы более 100 единиц пигмента отмечалось у районированного зимостойкого подвоя 54-118 и формы 98-7-77. Самое низкое содержание пигмента отмечается у подвойной формы 76-4-4 – 50,0-93,0 единиц.

У всех форм с понижением температуры в ноябре месяце количество антоцианов увеличивалось, но если у одних форм эта разница составляла 10-15 единиц, то у подвойных форм ПБ и 76-4-4 разница составляла 20 и более единиц.

Есть мнение, что накопление антоцианов в листьях чаще всего наблюдается в случаях, когда другие способы фотозащиты недостаточно эффективны. Например, молодые листья *Machilus chinensis* не накапливали антоцианов, но имели более высокий уровень не фотохимического тушения энергии возбуждения [4]. Все представленные формы по результатам предварительных исследований относятся к группе зимостойких для условий Тамбовской области.

Заключение. Полученные результаты показывают, что растения клоновых подвоев яблони выработали различные метаболические пути

формирования устойчивости к стрессам зимнего периода, включая как высокий эндогенный уровень синтеза антоцианов, так и усиление синтеза пигмента под воздействием низких температур. Учитывая, что подвой оказывают влияние на увеличение синтеза пигмента в коре привитых сортов, предпочтение в практике стоит отдавать клоновым формам с высоким уровнем накопления пигмента, как косвенного фактора повышения устойчивости культурных сортов.

Список литературы:

1. Антоцианы плодов вишни и родственных растений / Л.А. Дейнека А.Н. Чулков В.И. Дейнека и др. // Научные ведомости: Серия Естественные науки. 2011. № 9 (104). Выпуск 15/1. С.367-373.
2. Буданова Е. В., Горленко К. Л., Киселев Г. Ю. Вторичные метаболиты растений: механизмы антибактериального действия и перспективы применения в фармакологии // Антибиотики и химиотерапия. 2019. с. 69-76. DOI: 10.24411/0235-2990-2019-10034
3. Влияние подвоя на накопление антоцианов в коре однолетних побегов привитого сорта / З. Н. Тарова, К. С. Гречушкина, Т. Ж. Фарманян, Р. Ф. Исмаилов // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 2. EDN XDVVUO.
4. Головки Т. К. Антоцианы растений: структура, регуляция биосинтеза, функции, экология // Физиология растений. 2023. Т.70. № 7. с. 701–714.
5. Запрометов М.Н. Фенольные соединения: Распространение, метаболизм и функции в растениях // М.: Наука. 1993. 272 с.
6. Клоновые подвой яблони селекции Мичуринского государственного аграрного университета как источник получения антоциановых красителей / З. Н. Тарова, М. Л. Дубровский, Л. В. Бобрович и др. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 4(63). С. 30-35. EDN AJHEVU.

7. Основы биохимии вторичного обмена растений: (учеб.-метод.пособие) / Г. Г . Борисова, А. А .Ермошин, М. Г. Малева, Н. В. Чукина // Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 2014. 128 с.

8. Перспективные клоновые подвои яблони для интенсивных садов / Ю.В. Трунов, А.В. Соловьев, Р.В. Папихин и др. // Садоводство и виноградарство. 2020. №2. С. 34-40.

9. Повышенное содержание антоцианов как хозяйственно-ценный признак у яблони / З. Н. Тарова, Р. В. Папихин, М. Л. Дубровский и др. // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: Материалы XVIII международной научной конференции, Брянск, 24–25 мая 2021 года. Том Часть III. Брянск: Брянский государственный аграрный университет. 2021. С. 220-225. EDN MRQUOL.

10. Соловьева М.А. Методы определения зимостойкости плодовых культур // Методическое пособие. Л.: Гидрометеиздат. 1982.,36 с.

11. Устойчивость клоновых подвоев яблони к низким температурам / Р. В. Папихин, Н. Л. Чурикова, Д. Ю. Честных и др. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2014. № 2. С. 8-11. EDN SEFFQB.

12. Blando F., Gerardi C., Nicoletti I. Sour Cherry (*Prunus cerasus* L) Anthocyanins as Ingredients for Functional Foods // J. Biomed. Biotechnol. 2004. V.5. P. 253-258.

13. Crozier A., Jaganath I. B., Clifford M. N. Phenols, polyphenols and tannins:an overview. Plant Second Metab Occur Struct Role Hum Diet 2006; 1.

UDC 634.11:57.045:577.13

**ANTHOCYANINS AS A FACTOR IN THE FORMATION OF APPLE
TREE RESISTANCE TO ADVERSE WINTER FACTORS**

Zinaida N. Tarova

candidate of agricultural sciences, professor

tarovaz@mail.ru

Maxim L. Dubrovsky

candidate of agricultural sciences, associate professor

element68@mail.ru

Denis An. Komissarenko

master's student

Alexander Ev. Semenov

master's student

Yulia V. Chubanova

master's student

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. Data on the peculiarities of anthocyanin synthesis in the bark of shoots of red-leaved rootstocks of apple trees are presented. It has been shown that the plants of the clonal rootstocks of the apple tree have developed various metabolic pathways for the formation of resistance to winter stress. Some rootstocks have consistently high pigment synthesis (more than 100 units), while others, having a lower level (50-60 units), activate pigment synthesis under stressful conditions. Considering that rootstocks have an effect on increasing pigment synthesis in the bark of grafted varieties, it is proposed in practice to give preference to clone forms with a high level of pigment accumulation as an indirect factor in increasing the resistance of cultivated varieties.

Keywords: apple tree, clone rootstocks, resistance, winter hardiness, anthocyanins.

Статья поступила в редакцию 10.05.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 10.05.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.