

УДК 664.8:634.1

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ

Т.Г. Причко, Л.Д. Чалая

ГНУ Северо-Кавказский зональный НИИ садоводства
и виноградарства Россельхозакадемии,
ул. 40 лет Победы, 39, г. Краснодар, 350901, Россия,
e-mail: prichko@yandex.ru

РЕФЕРАТ

На основании проведённых работ по определению химического состава плодов яблони различных помологических сортов в разные годы исследований установлено влияние погодных условий периода вегетации яблонь, выращенных в условиях центральной зоны Краснодарского края, на уровень накопления веществ, формирующих их химический состав, а также на технические показатели качества плодов. Полученные данные позволили разработать модели взаимосвязи между накоплением растворимых сухих веществ (РСВ), сахаров, аскорбиновой кислоты, общих полифенолов, естественных антиоксидантов и погодными условиями периода вегетации яблони сортов Айдаред, Голден Делишес, Прикубанское, Ренет Симиренко. Представлены материалы исследований по влиянию температурного режима периода вегетации на накопление естественных антиоксидантов, формирующих устойчивость плодов к физиологическим заболеваниям при длительном хранении. Установлено влияние стресс-факторов на развитие физиологических заболеваний в процессе хранения яблок.

Ключевые слова: яблоки, кожица яблок, период вегетации, химический состав, антиоксидантная активность, лежкоспособность плодов, физиологические заболевания, Россия.

ВВЕДЕНИЕ

Погода периода вегетации является одним из факторов, влияющих на химический состав плодов. Температурный режим в определённом значении является стрессом для плодового растения и любое отклонение от нормы – избыток или недостаток тепла и количества осадков – приводит к негативным последствиям, которые ведут к нарушению нормального функционирования клеток растений, ухудшая химический состав и лежкоспособные свойства плодов [1, 2, 3]. Знание особенностей формирования показателей качества плодов, обусловленных экзогенными факторами, позволяет наиболее полно использовать экологические условия среды, оптимально реализовать адаптивный потенциал сорта, целенаправленно управлять технологическими процессами по формированию товарных качеств, пищевой ценности плодов и их лежкоспособности.

Актуальными являются исследования, направленные на определение закономерностей изменения качественных показателей плодов в период выращивания по фазам их развития, позволяющие разработать систему мероприятий, направленную на формирование оптимальных показателей качества с учетом погодных условий, на основе применения современных технологий минерального питания, различных регуляторов

роста с биостимулирующими компонентами целенаправленного действия. При оптимальном поступлении необходимых макро- и микроэлементов в соответствующие фазы развития растений усиливается ассимилирующая деятельность всего растения, ускоряется процесс созревания и формирования товарных качеств плодов, улучшается их пищевая ценность и лежкоспособность.

Цель исследований: установить влияние погодных условий периода вегетации на химический состав и лежкоспособные качества плодов яблони.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись плоды яблони сортов позднего срока созревания: Ренет Симиренко, Айдаред, Прикубанское, Голден Делишес, выращенные в ОПХ «Центральное» г. Краснодар.

Оценка качества плодов по содержанию растворимых сухих веществ (РСВ), сахаров, титруемых кислот, аскорбиновой кислоты (витамина С) осуществлялась в соответствии с «Методическими указаниями по определению химических веществ для оценки качества урожая овощных и плодовых культур» [4]; общая антиоксидантная активность (АОА) амперометрическим методом на приборе «Цвет Яуза 01–АА» [5]; полифенольного состава по методике Л.И. Вигорова [6]; фарнезена по методике Н.П. Морозовой [7].

Для выявления сортовых особенностей, исключения элементов случайности и получения объективной оценки сортов, исследование химического состава проводили не менее чем в 3-кратной повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Растения находятся в многосторонней и тесной связи с окружающей средой, и погодные условия вегетационного периода оказывают значительное влияние на формирование товарных качеств плодов, сроки созревания яблок, которые могут варьировать в зависимости от года на 2-3 недели.

По метеоданным 2006-2010 гг. сумма активных температур в центральной зоне Краснодарского края в период вегетации яблони позднего срока созревания варьировала от 4215 °С (2009 г.) до 4582 °С (2007 г.). Осадки распространялись неравномерно – от 258 мм (2007 г.) до 354 мм (2008 г.). Наиболее сухими были 2007 и 2010 гг., гидро-термический коэффициент в эти годы составлял 0,59 (2007 г.) – 0,8 (2009 г.).

Холодная зима 2006 г. оказала влияние на качество плодов, и морозы, повредившие цветковую почку, привели к образованию недоразвитых плодов с признаками ребристости, перетяжки у верхушки плодов, невыравненности плодов по размеру [3]. Действия стрессовых температур зимы 2006 г. отразились также на качественных показателях яблок, которые созрели на 20-25 дней позже. К съёму плодов сумма активных температур достигла 4441 °С, количество осадков – 383 мм, однако, многие сорта к началу созревания яблок не имели необходимого запаса крахмала, что в дальнейшем сказалось на лёжкости плодов, сократив сроки их хранения.

В засушливый 2007 г., когда сумма активных температур была выше средних многолетних показателей предыдущего десятилетия на 500 °С, был отмечен низкий запас питательных веществ в яблоках, и крахмал почти полностью перешел в сахара, что отразилось на низкой лёжкости плодов. Аналогичные погодные условия отмечались в 2010 г. В эти годы содержание сухих веществ и соответственно сахаров при уборке

урожая, которые являются одним из индикаторов, характеризующих степень зрелости яблок, было выше на 20,0-25,0 % (рисунок 1).

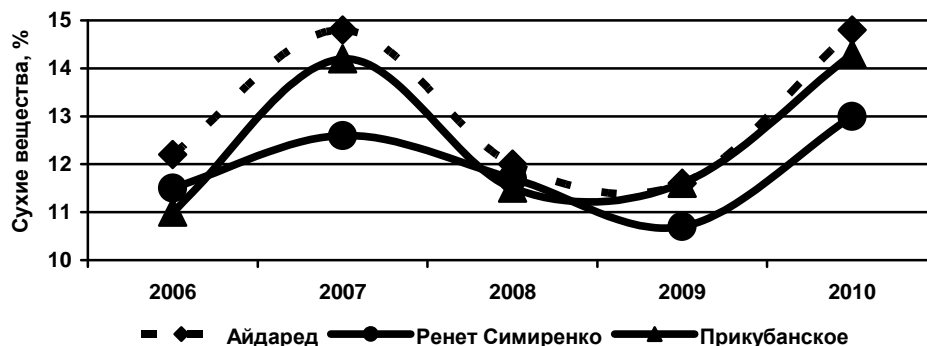


Рисунок 1 – Изменение содержания растворимых сухих веществ в яблоках сортов позднего срока созревания, обусловленные погодными условиями года исследований (2006-2010 гг.).

Полученные данные позволяют установить зависимость накопления растворимых сухих веществ в яблоках конкретного сорта от суммы активных температур вегетационного периода (X_1), количества осадков (X_2), гидротермического коэффициента (X_3), а также от их совместного действия (таблица 1).

Таблица 1 – Величины коэффициентов уравнений регрессии, показывающие влияние погодных условий вегетационного периода на накопление растворимых сухих веществ (сорт Ренет Симиренко)

Фактор варьирования	Величина коэффициентов				Коэффициент корреляции
	B_0	B_1	B_2	B_3	
X_1	15,04	$-5,78 \times 10^{-3}$	-	-	-0,516
X_2	5,53	-	$1,71 \times 10^{-3}$	-	0,16
X_3	15,11	-	-	2,44	-0,539
X_1 и X_2	-0,59	$-7,07 \times 10^{-3}$	$4,01 \times 10^{-3}$	-	0,620
X_1 и X_3	15,03	$5,40 \times 10^{-3}$	-	-4,60	0,545
X_2 и X_3	3,08	-	$3,04 \times 10^{-3}$	-2,70	0,606
X_1, X_2, X_3	-7,614	$2,12 \times 10^{-4}$	$-5,81 \times 10^{-3}$	-5,52	0,640

Для яблок сорта Ренет Симиренко математические модели имеют вид:

$$Y = 15,04 - 5,784 \cdot 10^{-3} X_1;$$

$$Y = 5,53 + 1,71 \cdot 10^{-3} X_2;$$

$$Y = -7,614 + 2,12 \cdot 10^{-4} X_1 - 5,81 \cdot 10^{-3} X_2 - 5,52 X_3;$$

Установлено, что на накопление растворимых сухих веществ большое влияние оказывает сумма активных температур и количество осадков.

На качество и лежкость плодов оказывают влияние органические кислоты, содержание которых обусловлено как сортовыми особенностями, так и погодными условиями периода вегетации. Так, кислотность яблок сорта Ренет Симиренко в зависимости от года исследований варьировала от 0,75 % (в 2007 и 2010 гг.) до 1,0 % (в 2009 г.) (рисунок 2).

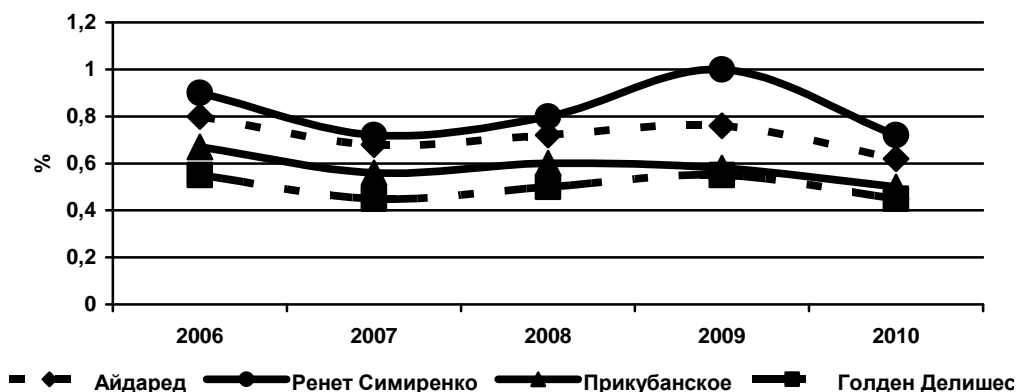


Рисунок 2 – Варьирование содержания органических кислот в яблоках, обусловленное погодными условиями вегетационного периода (2006-2010 гг.).

Учитывая влияние погодных условий на накопление кислот, разработана модель, характеризующая их взаимосвязь:

$$Y = 0,619 + 2,108 \cdot 10^{-4} X_1 + 1,022 \cdot 10^{-5} X_2.$$

Увеличение осадков в период вегетации способствует большему накоплению кислот, при этом отмечена большая зависимость у высококислотных сортов.

Устойчивость плодов при хранении к физиологическим заболеваниям обусловлена антиоксидантной активностью (АОА) яблок, формирование которой зависит от содержания аскорбиновой кислоты, полифенолов и других соединений, повышающих устойчивость плодов к физиологическим заболеваниям при их хранении.

Накопление аскорбиновой кислоты в яблоках во многом зависит от сортовых особенностей и в пределах одного сорта может варьировать в разные годы исследований. Сравнение данных по накоплению аскорбиновой кислоты в яблоках сорта Ренет Симиренко урожая 1985-1999 гг. показало, что среднее содержание витамина С в эти годы составляло 9,3 мг/100 г, с пределами варьирования от 8,5 до 11,5 мг/100 г. Погодные условия последних лет (2006-2010 гг.) отражают другую закономерность, взаимосвязанную с участвовавшими аномальными погодными проявлениями (высокой температурой воздуха, низким гидротермическим коэффициентом). В плодах сорта Ренет Симиренко в среднем отмечено 6,8 мг/100 г витамина С, при границах варьирования 5,8-7,8 мг/100 г. Такая же закономерность отмечена при изучении других сортов. Наибольшее отклонение от среднего содержания аскорбиновой кислоты наблюдалось в 2007 и 2010 гг., когда отмечалась максимальная сумма активных температур (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание витамина С в яблоках сортов позднего срока созревания

Год исследований	Содержание витамина С, мг/100 г			
	Айдаред	Голден Делишес	Ренет Симиренко	Прикубанское
2006	7,8	6,5	7,8	16,8
2007	6,6	5,5	6,0	14,0
2008	7,0	6,0	6,8	15,4
2009	7,5	6,2	7,5	17,0
2010	6,5	5,2	5,8	14,8
среднее	7,1	5,9	6,8	15,6

Результаты математической обработки позволили получить модель, имеющую вид: $Y = 38,34 - 5,97 \cdot 10^{-4} X_1 - 7,43 \cdot 10^{-3} X_2$ и позволяющую прогнозировать уровень содержания аскорбиновой кислоты в плодах, обусловленный погодными условиями вегетационного периода.

Анализ погодных условий исследуемых лет показывает, что высокие температуры периода вегетации снижают уровень накопления витамина С в плодах.

В процессе созревания плодов содержание витамина С снижается, и чем выше температурные воздействия в период формирования плодов, тем больше его потеря (рисунок 3).

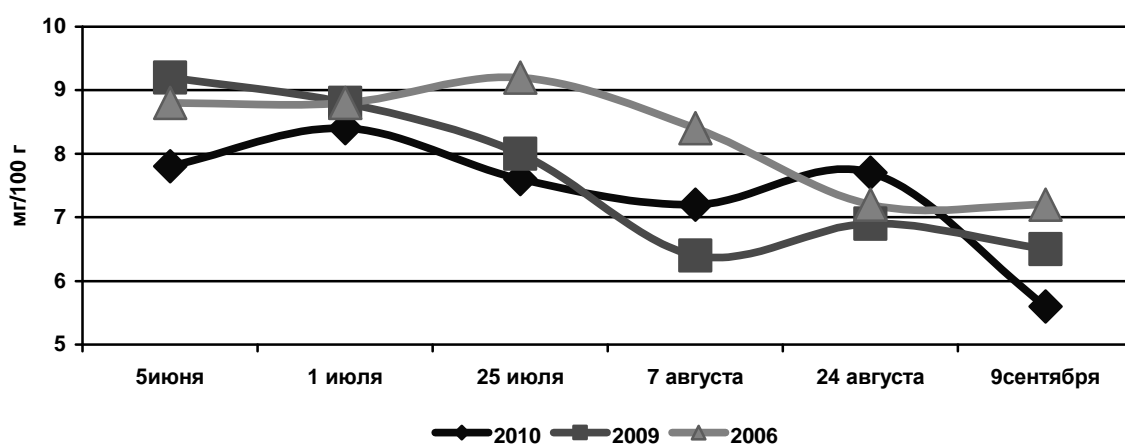


Рисунок 3 – Изменение содержания витамина С в процессе созревания яблок, сорт Ренет Симиренко (2006, 2009-2010 гг.).

Распад аскорбиновой кислоты приводит к окислению полифенолов и, как следствие, более сильному поражению плодов физиологическими заболеваниями.

Количество полифенолов в съемной зрелости яблок в 2006-2010 гг. в среднем составляло 124,3 мг/100 г (Голден Делишес) – 235,5 мг/100 г (Прикубанское) (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание полифенольных веществ в яблоках в период съемной зрелости (среднее за 2006-2010 гг.)

Сорт	Содержание полифенолов, мг/100 г		
	катехины	лейкоантоцианы	общее
Айдаред	90,8	68,8	158,3
Голден Делишес	72,2	52,5	124,3
Ренет Симиренко	99,5	70,6	192,2
Прикубанское	113,4	100,8	235,5

Максимальное количество полифенольных веществ последних лет изучения было обнаружено в 2006 г., когда отмечалось сравнительно большее количество осадков на фоне невысокой для Кубани суммы активных температур.

Учитывая важную роль оксикоричных и фенолкарбоновых кислот, функции которых заключаются в формировании устойчивости растений к комплексу неблагоприятных абиотических и биотических факторов среды и в увеличении антиоксидантной активности яблок, были проведены исследования их содержания в разные стадии формирования плодов.

Данные 2008 и 2009 гг. показали, что в яблоках в основном содержались хлорогеновая и в небольших количествах кофейная и галловая кислоты. В 2010 г. в плодах была обнаружена оротовая кислота в фазу плод «лещина» и плод «гречкий орех», наличия которой в съёмной зрелости не отмечено (таблица 4).

Таблица 4 – Варьирование содержания оксикоричных и фенолкарбоновых кислот в процессе созревания яблок, сорт Айдаред (2006-2010 гг.)

Фаза развития	Содержание кислот, мг/100 г			
	хлорогеновая	галловая	кофейная	оротовая
Плод «лещина»	17,7–16,7	0,30–1,0	2,1–2,4	0,6
Плод «гречкий орех»	15,2–13,5	0,30–0,78	1,6–2,0	0,04
40 дней до съема	14,2–13,4	0,06–0,26	0,7–0,2	-
20 дней до съема	13,9–13,2	0,01–0,12	0,4–0,09	-
Съем плодов	12,6–12,1	0,01–0,06	0,25–0,08	-

Физиологические заболевания при хранении плодов часто проявляются в коже и подкожном слое, поэтому были исследованы не только плоды, но и кожа яблок, что позволяет прогнозировать возможность развития физиологических заболеваний и установить оптимальные уровни содержания природных антиоксидантов, обеспечивающих высокую устойчивость при хранении. Так, для яблок сорта Ренет Симиренко при варьировании формирования антиоксидантной активности в коже яблок в зависимости от условий года от 324,4 до 450,5 мг/100 г оптимальным значением является 355,0 мг/100 г (таблица 5).

Таблица 5 – Изменение АОА в плодах и коже яблок в зависимости от года исследований (сорт Ренет Симиренко)

Год исследования	АОА, мг/100 г	
	яблоки	кожица
2006	200,0	450,5
2007	148,8	324,4
2008	158,8	354,6
2009	166,0	374,2
2010	140,7	325,6
среднее	162,7	365,9

Снижение потерь при хранении от физиологических заболеваний наблюдается также у других сортов, где антиоксидантная активность составляет в среднем: Голден Делишес – 222,0 мг/100 г, Прикубанское – 430,0 мг/100 г, Айдаред – 310,0 мг/100 г. Минимальное количество природных антиоксидантов в яблоках было отмечено в 2010 г. (таблица 6).

Таблица 6 – Содержание антиоксидантов в плодах и коже яблок (2010 г.)

Сорт	АОА до хранения, мг/100 г		АОА, после 5 месяцев хранения, мг/100 г		Плоды с загаром, %
	кожица	плод	кожица	плод	
Айдаред	296,4	160,0	234,4	102,2	6,6
Голден Делишес	216,3	137,0	177,0	79,0	8,9
Прикубанское	456,0	283,0	377,5	180,0	не обн.
Ренет Симиренко	325,6	140,7	188,8,0	98,8	9,0

Математическая обработка показала, что на формирование АОО большое влияние оказывает сумма активных температур, с повышением которой наблюдается снижение уровня содержания антиоксидантов:

$$Y = 390,8 - 14,309 \cdot 10^{-5} X_1 + 9,7143 \cdot 10^{-2} X_2 \quad (R = 0,7435),$$

где X_1 – сумма активных температур, °С;

X_2 – количество осадков, мм.

Плоды с высокой антиоксидантной активностью кожицы содержат незначительное количество фарнезена и его окиси, с накоплением которого связано развитие «загара» кожицы. Максимальное количество фарнезена перед закладкой яблок на хранение отмечено у сортов Ренет Симиренко (2,2-2,5 мкм/моль на 100 см² площади исследуемых плодов) и Голден Делишес (1,95-2,05 мкм/моль на 100 см²). Его окисление с образованием окиси фарнезена вызывает разрушение аскорбиновой кислоты, полифенолов, в результате чего происходит ухудшение товарных качеств яблок. Плоды, имеющие высокий антиокислительный потенциал кожицы, не поражаются «загаром» (сорт Прикубанское) или поражаются в слабой степени.

Изучение динамики накопления фарнезена при созревании яблок в 2010 г. показало, что максимальное содержание фарнезена отмечено в плодах сорта Ренет Симиренко (рисунок 4).

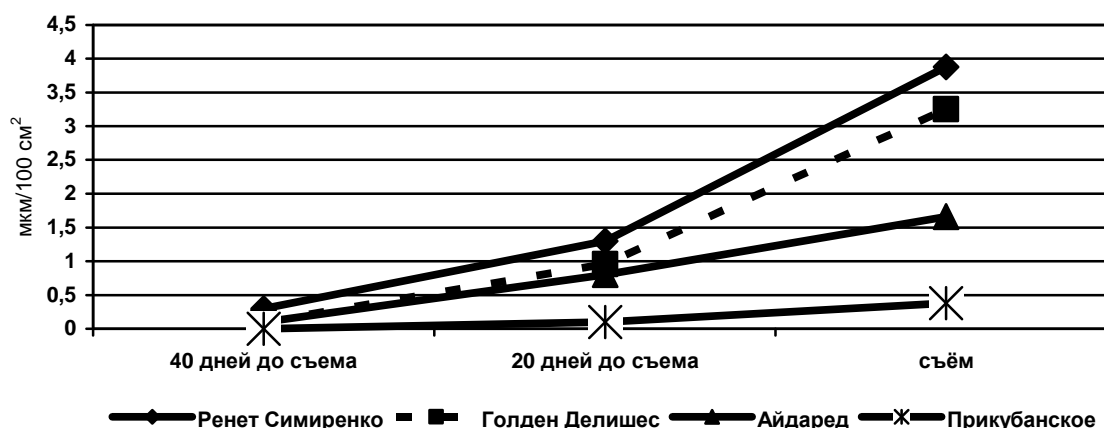


Рисунок 4 – Динамика накопления фарнезена, 2010 г.

За 20 дней до съема фарнезен в плодах сорта Ренет Симиренко присутствовал в виде следов, и при закладке на хранение его содержание составило 3,8 мкм/100 см², у сорта Прикубанское содержание фарнезена было минимальное, не превышающее 0,3 мкм/100 см².

По данным наших исследований, установлено, что в условиях юга России при закладке на хранение в яблоках сорта Ренет Симиренко должно содержаться не более 2,2 мкм/100 см² фарнезена, Голден Делишес – 1,95 мкм/100 см², Айдаред – 1,5 мкм/100 см², Прикубанское – до 1,0 мкм/100 см². При таких значениях фарнезена не происходит накопление свободных радикалов, вызывающих побурение кожицы.

Таким образом, торможение в плодах процессов окисления органических веществ, приводящих к «загару», можно прогнозировать с помощью химического состава яблок, уровень накопления которого характеризует физиологическое состояние плодов и устойчивость к развитию заболевания.

ВЫВОДЫ

1. На накопление плодами биологически активных веществ оказывают влияние погодные условия периода вегетации. В зависимости от температурного режима года исследований отмечено варьирование витамина С у сортов: Ренет Симиренко от 5,8 мг/100 г до 7,8 мг/100 г, Айдаред – от 6,5 мг/100 г до 7,8 мг/100 г, Голден Делишес – от 5,2 мг/100 г до 6,5 мг/100 г, Прикубанское – от 14,8 мг/100 г до 17,0 мг/100 г. Содержание общих полифенолов в среднем по годам составляет 124,3 мг/100 г (сорт Голден Делишес), 158,3 мг/100 г (сорт Айдаред), 192,2 мг/100 г (сорт Ренет Симиренко), 235,5 мг/100 г (сорт Прикубанское).

2. Разработанные математические модели взаимосвязи погодных условий с показателями качества плодов позволяют прогнозировать оптимальное содержание растворимых сухих веществ, сахаров, кислот в съёмной зрелости плодов, а также витамина С, полифенольных веществ, формирующих комплекс антиоксидантов, оказывающих влияние на снижение потерь от физиологических заболеваний при длительном хранении плодов.

3. Установлены количественные характеристики естественных антиоксидантов в разные фазы развития плода, позволяющие прогнозировать лежкоспособные качества яблок при хранении. При достижении АОА в кожице плодов сортов: Голден Делишес 222,0 мг/100 г, Прикубанское – 430,0 мг/100 г, Айдаред – 310,0 мг/100 г, Ренет Симиренко – 355,0 мг/100 г, можно прогнозировать устойчивость плодов к возникновению физиологических заболеваний при длительном хранении.

4. Установлен оптимальный уровень содержания фарнезена при закладке на хранение плодов, который в условиях юга России с учетом сортовых особенностей не должен превышать у сортов: Ренет Симиренко более 2,2 мкм/100 см², Голден Делишес – 1,95 мкм/100 см², Айдаред – 1,5 мкм/100 см², Прикубанское – до 1,0 мкм/100 см².

Литература

1. Метлицкий, Л.В. Основы биохимии плодов и овощей / Л.В. Метлицкий. – М., 1976. – 347 с.
2. Причко, Т.Г. Биохимические и технологические аспекты хранения и переработки плодов яблони / Т.Г. Причко. – Краснодар, 2002. – 172 с.
3. Причко, Т.Г. Воздействие стрессовых температур на качество яблок / Т.Г. Причко, Л.Д. Чалая // Агропромышленный комплекс. – 2007. – № 6. – С. 34-36.
4. Методические указания по определению химических веществ для оценки качества урожая овощных и плодовых культур. – Ленинград, 1979. – 97 с.
5. Яшин, А.Я. Определение природных антиоксидантов амперометрическим методом / А.Я. Яшин // Пищевая промышленность. – 2006. – № 2. – С. 10-12.
6. Вигоров, Л.И. Определение полифенолов / Л.И. Вигоров // Тр. III Всесоюз. семинара по биологически активным веществам плодов и ягод. – Свердловск, 1968. – С. 480-492.
7. Морозова, Н.П. Влияние температуры на накопление фарнезена и продуктов его окисления в кожице яблок при холодильном хранении / Н.П. Морозова [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 1980. – Вып. 3. – С. 460-465.

**WEATHER CONDITIONS INFLUENCE ON FORMATION
OF APPLE TREE FRUITS INDICATORS**

T.G. Prichko, L.D. Chalaya

ABSTRACT

Investigations for determination of the chemical composition of apple fruits of various pomologic cultivars were conducted. On the basis of the results of different years the influence of weather conditions of the growing season of apple trees, grown in central zone of Krasnodar region, on the level of substances accumulation that form their chemical composition, as well as on technical indicators of fruit quality was established. The data obtained allowed to develop models of the relationship between the accumulation of soluble solids, sugars, ascorbic acid, common polyphenols, natural antioxidants with the weather conditions of apple growing season of such cultivars as 'Idared', 'Golden Delicious', 'Prikubanskoye' and 'Renet Simirenko'. The article presents the results of the research concerning the influence of the temperature regime of the growing season on the accumulation of natural antioxidants forming fruit resistance to physiologic disorders under long-term storage. The influence of stress factors on the development of physiologic disorders during apple storage was determined.

Key words: apples, apple peel, growing season, chemical composition, antioxidant activity, fruit storability, physiologic disorders, Russia.

Дата поступления статьи в редакцию 14.03.2012