

Родиков С.А.

**Методы и
устройства анализа
зрелости яблок**



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ ®

УДК 634.11.076:58.08
ББК 42.355.1:28.5
Р 60



*Издание осуществлено при поддержке
Российского фонда фундаментальных
исследований по проекту 09-08-07005*

Родиков С. А. **Методы и устройства анализа зрелости яблок.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 216 с. — ISBN 978-5-9221-1147-8.

В монографии подробно освещены методы и устройства контроля зрелости яблок, применяемые в садоводстве. Основное внимание в работе уделяется оптическим и электрическим характеристикам яблок, используемым для неразрушающего контроля зрелости яблок и позволяющим оценивать их функциональное состояние.

Приведены результаты экспериментальных исследований, расширяющие представления о процессе созревания яблок. Показано, что физические методы контроля зрелости яблок можно использовать для определения оптимальных сроков съема плодов в саду и хранения. Установлена периодичность изменений функционального состояния плодов, контролируемого физическими методами.

Книга представляет интерес для научных сотрудников, работающих в области садоводства, а также студентов, аспирантов и преподавателей.

ISBN 978-5-9221-1147-8

© ФИЗМАТЛИТ, 2009

© С. А. Родиков, 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Глава 1. Методологические подходы к определению зрелости и предрасположенности яблок к физиологическим расстройствам	10
1.1. Определение приоритетов	10
1.2. Методология	12
Глава 2. Качество и зрелость яблок	18
2.1. Обзор методов и устройств анализа зрелости яблок	18
2.2. Сроки съема плодов	22
Глава 3. Планирование эксперимента	26
3.1. Условия проведения экспериментов, выдвижение рабочих гипотез	26
3.2. Планы экспериментов	27
3.3. Методика отбора яблок для анализа	29
3.4. Статистическая обработка данных	32
Глава 4. Физические и химические характеристики яблок в процессе созревания	38
4.1. Изменение массы яблок	38
4.2. Транспирация яблок	40
4.3. Твердость яблок	45
4.4. Плотность яблок	50
4.5. Гидролиз крахмала в ткани яблок	54
4.6. Содержание сухих веществ в яблоках	57
4.7. Изменение кислотности яблок	59

Глава 5. Способы и устройства извлечения газов из яблок	60
5.1. Способ и устройство извлечения и отбора внутритканевых газов из яблок	60
5.2. Исследование содержания в яблоках углекислого газа, кислорода и этилена	63
5.3. Интенсивность синтеза этилена в процессе хранения	65
Глава 6. Исследование влияния метеорологических условий вегетационного периода на рост и созревание яблок	68
6.1. Общая характеристика метеорологических условий при выращивании яблок	68
6.2. Влияние температуры на рост и созревание яблок	71
6.3. Влияние обеспеченности водой на рост и созревание яблок	83
Глава 7. Оптические методы и устройства анализа зрелости яблок	87
7.1. Оптические характеристики растений и устройства измерения спектральных коэффициентов отражения	87
7.2. Определение хлорофиллов и каротиноидов в кожице яблок в этанольном экстракте	92
7.3. Определение хлорофиллов и каротиноидов в кожице яблок по коэффициенту отражения поверхности яблок	94
7.4. Определение созревания плодов по коэффициенту отражения	97
7.5. Анализ побурения кожицы яблок во время хранения	106
7.6. Метод прогнозирования побурения кожицы яблок во время хранения	112
Глава 8. Определение физиологической активности кожицы и ткани яблок люминесцентным методом	119
8.1. Методы и устройства анализа люминесценции	119
8.2. Анализ фиолетовой флуоресценции кожицы и ткани яблок	121
8.3. Определение хлорофилла в кожице и ткани яблок по флуоресценции	123
8.4. Переменная флуоресценция как показатель фотосинтетической активности ткани яблок	127
Глава 9. Определение зрелости яблок по электросопротивлению их ткани	132
9.1. Анализ эквивалентной электрической схемы замещения ткани яблока	132
9.2. Электрические характеристики яблок	135
9.3. Содержание кальция в яблоках при созревании и хранении	146

Глава 10. Периодические процессы в плодах	152
10.1. Влияние периодических процессов на коэффициенты отражения поверхностной ткани яблок	152
10.2. Влияние периодических процессов на коэффициенты флуоресценции поверхностной ткани яблок	155
10.3. Влияние периодических процессов на изменение полного электрического сопротивления ткани яблок	156
Заключение	167
Термины и их значение	170
Приложение	182
1. Требования к яблокам, закладываемым на хранение	186
2. Требования к месту хранения	186
3. Условия складирования	187
4. Физические условия и режимы хранения	188
5. Методы контроля	190
Список литературы	197

Введение

В данной книге рассмотрены новые методы анализа зрелости плодов наряду с уже известными. Некоторые из них уже применяются в течение многих лет, такие как: йодокрахмальная проба, твердость, содержание газов, рассмотрены лишь новые данные, полученные в ходе исследований. Приведены новые результаты анализа качества плодов с использованием неразрушающих методов с применением коэффициентов отражения, флуоресценции, электросопротивления.

Рассмотрены некоторые вопросы планирования экспериментов, связанные с подготовкой плодов к анализу, более детально описана методика оценки плодов по загару при хранении. Предлагаются новые подходы при учете метеоусловий вегетационного периода, влияющие на созревание и хранение плодов.

Многие, не рассмотренные в данной книге приемы и методы можно найти в ранее выпущенных рекомендациях [78], но в них не рассматриваются методы прогноза лежкости плодов при хранении, речь идет о методах анализа качества яблок, и, кроме того, использование некоторых из них либо проблематично, либо не претерпело существенных изменений и дополнений.

До сих пор существует представление, что общее определение качества плодов трудно сформулировать, т. к. это определение субъективно и проводится на основании совершенно различных критериев [70]. Отметим, что под качеством продукции понимают «совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением» [31]. Садовод заинтересован в получении плодов, однородных по форме, размеру, окраске и зрелости. Требование торговли: сохранение твердости, запас дозаривания в течение определенного времени. А покупателю нужны здоровые плоды хорошего вкуса.

Известно, что человеку необходимо более 90 пищевых добавок: 60 минералов, 16 витаминов, 12 основных аминокислот и белков, а также 3 основные жирные кислоты. Ежедневная норма потребления минеральных веществ составляет для взрослого человека около 10–12 граммов. Потребность в витаминах составляет около 200–250 миллиграммов в сутки. Например, ранее считалось, что в яблоках всего лишь четыре витамина: Р-активные катехины (0,30–0,45%), витамин С (10–25 мг% на сырую массу), витамин В₉ (0,1–0,2 мг%) и каротин (провитамин А 0,5–0,9 мг%) [17].

В другой работе [97] авторы пишут, что в яблоках представлены почти все витамины: А₁, В₁, В₂, В₃, В₆, С, Е, Р, РР, К, ипозит,

фолиевая кислота. Содержание витамина С (аскорбиновая кислота) варьирует от 8 до 60 мг%. Он играет большую роль в образовании межклеточного склеивающего вещества и в поддержании на нормальном уровне кровеносных сосудов, суставов, костей, зубов, гемоглобина крови.

В работе [10] отмечено, что в яблоках содержится до 16% сахаров, среди которых преобладает фруктоза, а также клетчатка, много пектиновых веществ, большое количество органических кислот (в том числе яблочная — до 60–90%, лимонная, салициловая, янтарная и другие). Широко представлены в яблоках почти все витамины, что делает их важнейшим средством предупреждения гипо- и авитаминоза. Особенно много витаминов С и Р; благодаря им и урсоловой кислоте яблоки регулируют обмен веществ. Содержащийся в яблоках витамин Р способствует снижению проницаемости сосудов и повышению их эластичности, что оказывает благотворный эффект при всех сосудистых заболеваниях.

По содержанию аскорбиновой кислоты сорт Антоновка обыкновенная превосходит Уэлси и Северный синап в 2 раза — 15,8 мг/100 г; 5,1 мг/100 г; 5,3 мг/100 г соответственно. Провитамина А (каротина) содержится в количестве 0,15 мг/100 г в сортах Северный синап и Антоновка обыкновенная и 0,12 мг/100 г в сорте Уэлси. По сумме Р-активных соединений (флавонов, антоцианов и катехинов) из всех исследуемых сортов значительно превосходит Уэлси — 59,4 мг/100 г. Содержание этих соединений у сортов Антоновка обыкновенная и Северный синап составило 36,4 мг/100 г и 35,6 мг/100 г соответственно.

Из минеральных элементов яблоки особенно богаты калием, присутствуют кальций, магний, железо, марганец, натрий. Обилие солей калия в сочетании с высоким содержанием дубильных веществ задерживает образование мочевой кислоты и таким образом предупреждает отложение солей, подагру, мочекаменную болезнь. Высокое содержание калия и органических кислот нормализует кислотно-щелочное равновесие и улучшает деятельность сердечной мышцы. Содержатся в яблоках флавоноиды, эфирные масла, а в семенах — жирные масла и йод [10].

Во всяком случае, мнение о наличии в яблоках практически большинства витаминов и минеральных веществ, которых нам достаточно, явно преувеличено, как преувеличены наши возможности и желания употреблять яблоки в нужных количествах. Вместе с тем несомненно, что яблоки, наряду с другими фруктами, представляют ценность не только как дополнительный источник витаминов, минеральных веществ, клетчатки, сока, ферментов, но и как деликатесный продукт.

Качество плодов характеризуется различными признаками — как биологическими, например величина, форма, окраска, вкус, аромат, так и различными дефектами кожицы вследствие различных повреждений. При вызревании плодов витаминность их снижается. В зависимости от условий года содержание витамина С в плодах различается. Яблоки должны быть вполне развившимися, свежими, здоровыми, не иметь постороннего запаха и привкуса [140].

Различают следующие состояния зрелости: незрелые плоды, съемная зрелость, техническая зрелость, потребительская зрелость и перезревшие плоды. Садоводов и специалистов по хранению должны, в первую очередь, интересоваться съемной и потребительской зрелости. Первая, для того чтобы точно определить сроки съема плодов в саду, и вторая — чтобы определить время хранения.

В хранении плодов яблони в настоящее время существуют три проблемы: побурение кожицы (загар) при холодильном хранении, подкожная пятнистость при съеме и во время хранения и определение оптимальных сроков съема плодов в саду и с хранения.

Наступление съемной зрелости в производственных условиях определяют по комплексу внешних признаков. Основные из них: осветление основной окраски кожицы и достаточное развитие и характерность покровной окраски, побурение семян, уменьшение твердости ткани и легкость отделения плодоножки от плодовой сумки.

Однако такое определение съемной зрелости недостаточно надежно и часто приводит к грубым ошибкам. Чтобы установить срок съема плодов, следует пользоваться методами, основанными на определении физиологических показателей, связанных с созреванием. Наиболее простым и удобным из них является йодокрахмальная проба, предложенная Крымской опытной станцией садоводства [39, 144].

Установлены критерии прогноза развития физиологических заболеваний плодов на основе: метеорологических условий вегетационного периода, уровня содержания элементов минерального состава, этилена, титруемой кислотности, содержания хлорофиллов и каротиноидов в кожице плодов [60, 106, 140].

Известно, что важнейшими и определяющими факторами, влияющими на развитие растений, являются метеорологические климатические условия: температура, влажность, свет. Действие естественных факторов среды на развитие растений, их старение сопровождается изменениями в содержании и составе пигментов. Изменения цвета плодов связаны в основном с трансформацией хлорофиллов и синтезом каротиноидов и антоцианов. Установлено, что основным фактором, влияющим на неравномерное развитие солнечной и теневой сторон яблок, являются высокие температуры от воздействия солнечного излучения, приводящие также к повреждению яблок ожогами во время роста и созревания.

За последние 10 лет автором проанализированы по отдельным показателям качества около 30 сортов различных регионов России: Центрально-черноземного: Тамбовская обл., ОПХ им. И. В. Мичурина, Воронежская обл., Центрально-Черноземная Плодово-Ягодная Компания (плодовое хозяйство «Новоусманский»), Краснодарский край, ЗАО «Агрофирма Сад-Гигант», «Светлогорское», Ставропольский край, «Новозаведенское». Сорта: Антоновка обыкновенная, Северный синап, Жигулевское, Мартовское, Флорина, Голден Делишес, Айдаред, Джо-

наголд, Корей, Фуджи, Бреберн, Ренет Симиренко, Альпинист, Ред Делишес, Гранни Смит, Мутцу, Ред Чиф, Ренет золотой курский и др.

Новые экспрессные способы контроля зрелости на основе оптических характеристик плодов в предуборочный и послеуборочный периоды позволят прогнозировать основное заболевание плодов при хранении — загар, а также определить оптимальные сроки съема, позволяющие в основном избежать данного заболевания. На основании экспресс-диагностики предполагается дифференцировать партии по физиологическому состоянию и для однородных партий определять способы и продолжительность хранения.

Критически рассмотрены существующие представления о природе возникновения загара, долгое время остававшиеся неизменными, но не получившие практического подтверждения.

Для того, чтобы решить многие вопросы, связанные с качеством яблок, которое характеризуется в том числе их физиологическим состоянием, необходимо разработать новые методы экспресс-анализа, основанные на физических показателях яблок: электросопротивлении ткани, отражении света поверхностью плода, флуоресценции поверхности плода. Данные методы позволяют проводить оценку физиологического состояния плодов неразрушающим способом, получать ответ в реальном масштабе времени для принятия решения о дальнейшем действии по срокам съема плодов, прогнозе заболеваний, что позволит управлять качеством плодов, начиная при съеме и дальше при хранении.

Для достижения этих целей необходимо разработать приборы и оборудование, позволяющие реализовать измерения электросопротивления ткани, отражения света поверхностью плода, флуоресценции поверхности плода.

Глава 1

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗРЕЛОСТИ И ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ ЯБЛОК К ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ РАССТРОЙСТВАМ

1.1. Определение приоритетов

Важнейшим вопросом методологии научных исследований является определение научных приоритетов. В качестве примеров можно рассмотреть некоторые направления, которым в последнее время в садоводстве придается важное значение [33, 35, 36, 38, 85, 129]. Это, в том числе, выявление физиологических и биохимических механизмов повреждения плодовых и ягодных культур абиотическими и биотическими стрессорами и разработка биологических и агротехнических методов повышения устойчивости растений к окислительному стрессу. Разработка садовых и ягодных адаптивных агроэкосистем на основе иммунных и устойчивых сортов, клоновых подвоев, высококачественного посадочного материала, плотных схем посадок, оптимизации минерального и водного режимов, биорегуляторов. Разработка новых и совершенствование существующих технологий хранения и транспортирования плодов и ягод на основе ингибирования биосинтеза этилена – основного гормона созревания и старения — биологическими и физическими методами.

Если рассматривать данные вопросы по существу, то они могли бы выглядеть следующим образом:

- 1) Выявление физиологических и биохимических механизмов повреждения плодовых и ягодных культур абиотическими и биотическими стрессорами.
- 2) Разработка биологических и агротехнических методов повышения устойчивости растений к окислительному стрессу.
- 3) Разработка садовых агроэкосистем, позволяющих производить как минимум 25–30 т плодов яблони с гектара.
- 4) Совершенствование существующих технологий хранения плодов.
- 5) Разработка новых технологий хранения плодов.

Для того, чтобы с пониманием заниматься этими вопросами, необходимо представлять себе значение некоторых терминов, употребляемых в тексте. Например, объяснить, что такое стрессы и как они влияют на повреждение плодовых растений. Пока это не сделано, преждевременно ставить второй вопрос о разработке методов повышения устойчивости растений к так называемому окислительному стрессу. А выявлять физиологические и биохимические механизмы

повреждения плодовых и ягодных культур следовало бы физиологам и биохимикам, а не агрономам.

Третья проблема является исключительно агрономической: вырастить сад, производящий 25-30 т плодов яблони с гектара. Если эта задача до сих пор не решена, то нужно определить конкретные вопросы, требующие либо научных, либо организационных, либо финансовых решений.

Затем, совершенствование существующих технологий хранения плодов, не говоря даже о разработке новых. В настоящее время существуют две технологии. Хранение в обычной низкотемпературной атмосфере и хранение в регулируемой низкотемпературной атмосфере. Пока в мире не придумали других способов, не рассматривая экзотических, например: хранение под водой, в вакууме и т. д. И нас, особенно хозяйственников, вполне устраивают существующие способы хранения. Но одно больше всего беспокоит: это качество выращенных и сохраненных плодов. Для того, чтобы оценить и обеспечить качество плодов, необходимо знать физиологию плодов и владеть методами контроля физиологического состояния плодов.

И на первом месте научных приоритетов ученых, занимающимся проблемами садоводства, должна быть физиология, так как задача физиологии растений состоит в изучении общих закономерностей растительных организмов и разработке путей управления их жизнью. Физиология изучает процессы роста и развития, цветения и плодоношения растений, почвенного и воздушного питания, синтеза и накопления пластических веществ. Физиологические исследования служат научной базой для мероприятий по рациональному размещению растений в отдельных почвенно-климатических зонах, условия которых наиболее близки природным особенностям и потребностям различных видов, разновидностей и сортов [125]. В последующем, если возникнет такая необходимость, можно обратиться к биохимии, как науке, изучающей состав организмов, структуру, свойства и локализацию обнаруживаемых в них соединений, пути и закономерности их образования, последовательность и механизмы превращений.

Речь в данном случае не идет о том, чтобы научные сотрудники прикладной науки занимались вопросами фундаментальных исследований. Для того, чтобы успешно решать задачи прикладного характера, необходимо опираться на известные закономерности, связанные с физиологией растений. Например, для того чтобы выяснить природу солнечного ожога яблок в саду, недостаточно объяснять это следствием неких окислительных стрессов, якобы происходящих на солнечной стороне яблока под действием солнечного излучения. Для этого необходимо и достаточно измерить температуру солнечной стороны яблока, получить зависимость между температурой воздуха и температурой ткани солнечной стороны яблока, по которой установить критические значения температуры ткани яблока. И используя известные данные о том, что до температуры 45 °С в растительной ткани происходит

тепловая инактивация реакционных центров ФС II, после чего происходит денатурация светособирающего комплекса [183], а при более высоких температурах, около 65 °С, возникает тепловая инактивация хлорофилл-белковых комплексов ФС I [22, 162]. А если учесть, что нагревание продолжается в течение 5–7 часов каждый день, то в клетках, нагретых до температуры не более 50 °С, перекиси липидов могут появляться при последующей длительной инкубации.

1.2. Методология

Особенностью данного уровня методологии является то, что использование соответствующих методов не ограничивается знанием того, как и где их применять, но заключается также в понимании их теоретических основ. Теория приобретает методологический характер, становясь не только орудием объяснения данного и предсказания нового, но и средством поиска и открытия новых свойств, глубинных закономерностей, более глубокой сущности явлений. Применение любого метода, ведущего к достижению намеченной цели, не произвольно, оно опирается на уже достигнутые знания и накопленный практический опыт.

Разработка и применение разнообразных методов, используемых при контроле качества яблок, совокупность которых и образует методологию, находится в основе решения вопросов, связанных с контролем и управлением качеством плодов [108, 109]. Основой разработки данной методологии являются принципы диалектического подхода к изучению явлений, сопровождающих процесс созревания яблок. Это, прежде всего, требование рассмотрения фактов, характеризующих изучаемые явления, в их целом, во взаимосвязи и взаимообусловленности, что важно при изучении причинных отношений. Важнейшим положением диалектического метода познания является рассмотрение изучаемого явления в развитии, движении от возникновения до исчезновения [141].

Анализ научной деятельности ВНИИ садоводства им. И.В. Мичурина за последние 20 лет позволяет разделить ее на три сектора, в которых находятся научные сотрудники (табл. 1). Вполне возможно нахождение их в двух-трех секторах. Существует несколько стадий научного развития: первая — когда научный сотрудник овладевает известными методами лабораторных исследований и вся его научная деятельность ограничивается проведением массовых анализов. Вторая — когда использует чужие и известные разработки, выдавая их за свои, подменяя ими отсутствие собственных научных результатов. Третья — когда, кроме овладения известными методами лабораторных исследований, владеет методами планирования экспериментов и интерпретации результатов, которые приводят к конкретному результату, о котором можно сказать: это истинно, это неожиданно и это приводит к новым обобщениям, и тогда можно говорить о внедрении своих разработок.

Следует понимать, что мир состоит не из готовых, законченных предметов, а представляет собой совокупность процессов, в которой предметы, кажущиеся неизменными, находятся в непрерывном изменении. До сих пор приходится наблюдать, что при анализе зрелости яблок ограничиваются представлением единичных значений некоторых показателей, например, твердости ткани яблок, содержания в них внутритканевого этилена, не обосновывая величины этих значений, полученных в процессе созревания плодов, и последующим взаимодействием с качеством плодов во время хранения. Например, получив разовые значения твердости ткани плодов, равной 10 кг/см^2 , и внутритканевого этилена в плодах в количестве $0,35 \text{ ppm}$, нельзя ничего сказать о состоянии зрелости данной партии яблок. Эти показатели ничего не говорят о процессе созревания яблок, так как данный метод исследования и мышления имеет дело преимущественно с предметами, как с чем-то законченным и неизменным. Такой метод еще Гегель называл «метафизическим» [151].

Таблица 1. Основные формы и способы научного познания

Сектор	Содержание	Критерии
Освоение знаний	Освоение известных знаний, методик	Специалист в своей области знаний
Наука	Решение научных проблем Разработка методик, методологии Получение новых знаний	Научная новизна
Внедрение	Внедрение в производство своих и чужих разработок	Экономическая эффективность

Нами использована методология оценки качества плодов, основанная на их физиологическом состоянии, которое и определяет как лежкость при хранении, так и качество для потребителя.

На первой стадии решается задача: в какой период роста и созревания необходимо проводить исследования, чтобы получить результаты, направленные на решение изучаемой проблемы. Для этого анализируются литературные данные, проводится мысленный эксперимент, после чего формируется определенное представление о периоде проведения исследований, который представляет собой процесс созревания плодов. Например, используя литературные данные, определяем, что достоверную информацию о содержании хлорофилла в плодах по измерению спектров отражения поверхности плодов в видимой области можно получить на определенной стадии созревания плодов, когда содержание хлорофилла в кожице плодов, вследствие его разрушения, достигло такой концентрации, при которой наблюдается линейная зависимость между коэффициентами отражения и содержанием хлорофилла в ко-

жице яблок. Также важно, чтобы период исследования охватывал стадии созревания и старения плодов, если речь идет об определении оптимального состояния плодов для последующих условий их содержания. Не менее важно точно определить, что именно подлежит исследованию, т. е. определить объект, о котором будут собраны статистические данные, определить его отличительные черты, важнейшие признаки. Насколько чувствительным будет объект к изменяющимся условиям, что предопределяет в дальнейшем информативность и точность в определении значений выбранных показателей, по которым оцениваются свойства объекта.

На второй стадии происходит собственно организация процесса измерения по существующим и предлагаемым показателям, по которым можно оценить состояние объекта. Определяются диапазоны изменения применяемых показателей, границы их применения: будут ли они фиксированными или изменяющимися. Измерения должны проводиться так часто, чтобы не упустить ту часть информации, которая, возможно, дополнит или изменит наши представления о ходе изменения зрелости яблок. Частота измерений определяется величиной изменения показателя за единицу времени. Важно, чтобы методов было несколько, и они дополняли бы каждый со своими оценками наши знания об объекте, а также уменьшали степень погрешности при принятии решения в определении предполагаемых свойств объекта.

На третьей стадии, в процессе проведения измерений и после них, происходит формирование базы данных, представляющих собой совокупность значений количественной оценки тех или иных свойств яблока. Объем базы, включающий не только количество необходимых значений, связанных с исследуемыми факторами и явлениями, но и временные отрезки, в течение которых проходили исследования, является необходимой предпосылкой для последующего качественного анализа полученного материала.

На четвертой стадии проводится статистическая обработка на основе регрессионного и дисперсионного анализа результатов измерений, представленных в базе данных. Обработка производится с целью установления взаимосвязей между факторами и явлениями. Затем проводится анализ установленных взаимосвязей, их интерпретация с целью подтверждения или опровержения предложенных гипотез. Анализ статистической информации позволяет раскрывать причинные связи изучаемых явлений, определять влияние и взаимодействие различных факторов, оценивать эффективность принимаемых управленческих решений.

Таким образом, нами определены базовые принципы для квалифицированного применения научной методологии познания закономерностей процесса созревания яблок.

Существуют основные факторы, оказывающие влияние на рост растений, физиологию и качество плодов. Часто при анализе физиологического состояния необходимо учитывать погодные условия. Из внешних

факторов особенно влияет на рост растений температура воздуха, влагообеспеченность почвы, влажность воздуха, солнечное излучение, минеральное питание. Эти факторы неуправляемы и необходимо установить зависимости между ними и показателями, характеризующими состояние исследуемого объекта. Другие факторы — и это в основном агротехнические, могут быть управляемыми, например: обрезка деревьев, система содержания почвы, деревья одного квартала, ряда, может быть даже отдельные деревья, влияние которых на яблоки можно регулировать на протяжении некоторого периода исследований.

Важно определить показатели, по которым будет оцениваться физиологическое состояние растения, плодов. Значения показателей должны значительно изменяться за период исследований (по крайней мере, в несколько раз превосходить погрешность среднего) и иметь крайние значения, характеризующие различные, диаметрально противоположные физиологические состояния, которые можно рассматривать как фиксированные на период исследований. Изменение показателя во времени должно описываться логистической кривой, которой можно описать как рост (прямая зависимость), так и распад (обратная зависимость) различных форм жизни [47]. Например, зависимости значений разности потенциалов между листом и корнем от воздействия температуры, освещенности и возраста огурцов описывались однотипными логистическими кривыми [146]. Момент перехода из одного крайнего значения (состояния) в промежуточное определяется по началу его изменения. Момент перехода в другое, крайнее фиксированное, значение из промежуточного определяется по окончанию его изменения. Крайние значения показателей должны легко устанавливаться и иметь физический смысл. Таким образом, их должно быть всегда два. Например, содержание крахмала по показателю йодокрахмальной пробы в плодах изменяется от «очень много» до «нет ничего» — это четко фиксированные положения, а между ними содержание крахмала можно проградировать, например, от 1 до 10 баллов. Другим примером отбора проб может служить метод выделения на плодах солнечной и теневой сторон, в кожце которых определяется содержание хлорофилла, имеющих на солнечной стороне плода минимальное количество хлорофиллов, а на теневой максимальное для данного сорта. Метод, который позволит оценить влияние прямого или рассеянного солнечного излучения на плоды, температуры солнечной и теневой сторон плода, более конкретно исследовать характеристики, которые свойственны этим сторонам, например, образование загара, твердости, дыхания, содержание крахмала. Или, например, при изучении характера связи между признаками, степени тесноты связи существуют два крайних случая: отсутствие какой-либо связи и полная функциональная связь между признаками, когда каждому значению одного из них соответствует строго определенное значение другого.

Но есть такие показатели, которые имеют только одно фиксированное положение. Таким методом контроля является синтез эндогенного

этилена. По началу увеличения синтеза можно судить о необратимом запуске процессов созревания. Другие методы: кислотность, сухие вещества, твердость, минеральный состав и др. подобными свойствами не обладают или обнаружение и обоснование их затруднительно, поэтому проблематично было их применение на практике.

Так же важно, чтобы объект обладал средней инерционностью в изменении показателя, например, у некоторых сортов яблок содержание крахмала изменяется медленно и за весь период созревания может измениться на 2–3 балла (при 8-бальной шкале). В другом случае синтез этилена в плодах при созревании неожиданно и очень резко в течение одного–двух дней возрастает в десятки раз и трудно зафиксировать этот момент и предпринять какие-либо действия.

Период развития плодов, наступающий после критического периода июньского опадения, можно назвать созреванием [60]. Съемная зрелость — зрелость, по достижении которой плоды лучше всего развиваются в лежке и приобретают самые высокие качества. Таким образом, первым и важным условием является то, что плоды должны развиваться в лежке, в результате чего они приобретают новые, высокие качества. Другие состояния: деградация и отсутствие развития — не представляют интереса. Ф. Кобель [60] отмечает, что выражения «съемная зрелость», «потребительская зрелость» представляют собой практические понятия, и их нельзя точно определить физиологически. С физиологической точки зрения термином «зрелость» следовало бы обозначать такое состояние плода, когда созревают и приобретают способность к прорастанию содержащиеся в нем семена. Но уже в 50-е годы 20-го столетия стало ясно, что для владельца сада и реализатора урожая этот критерий не подходит. И все последующие годы исследований были направлены на определение оптимальных сроков съема. Было много времени и сил отдано определению химических, биохимических и физических показателей, но не рассматривалась физиология плода.

И только изменив методологию оценки качества плода, основанную в настоящее время на метафизическом подходе к плоду, как объекту, состоящему из компонентов минерального состава, сухих веществ, сахаров и т. д. и рассматривая плод, как объект, имеющий определенные стадии физиологического развития, т. е. рассматривая развитие и созревание плодов как процесс, можно получить новые знания и приблизиться к определению съемной и потребительской зрелости. А также искать показатели, которые характеризовали бы эти состояния, как например: интенсивность выделения углекислого газа и поглощения кислорода плодами и т. д. Так интенсивность выделения этилена яблоками в большей степени может определяться как физиологический показатель, чем содержание в них этилена (см. например работу [20]).

В связи с этим важно кратко рассмотреть понятие научной новизны, наличие или отсутствие которой позволяет оценивать работу, как научную или как техническую. Для того, чтобы получить научный результат, а результатом являются новые знания, исследователю

необходимо определить, что лежит в основе его исследований. Основой является та или иная фундаментальная закономерность, которая безусловно истинна и не вызывает сомнений у человечества: например, закон всемирного тяготения, способность поглощать фотосинтетическими пигментами растений, в частности хлорофиллами, свет и т. д. Далее обращается внимание на способность данной закономерности изменяться при определенных условиях. Например, хлорофиллы обладают способностью при определенных условиях как синтезироваться, так и разрушаться, например, при осеннем старении листьев и созревании плодов яблони, и это может являться одним из условий для разработки методов контроля данного состояния. Эти явления до определенного времени составляли научную новизну. Если говорить о растениях, то осеннее разрушение тоже, в свою очередь, составляет фундаментальную закономерность. Но нам нужны новые научные результаты. И мы их получим, если применим какой-нибудь метод, позволяющий создать новые условия для растений и, как следствие, для пигментов. Условия мы можем создавать сами или использовать природные. Например, обратить внимание на то, что яблоки освещаются солнцем преимущественно с одной стороны. Или создать дополнительно собственные условия, периодически прикрывая яблоки от солнца или дополнительно освещая. И мы получим новый метод контроля содержания хлорофиллов в яблоках. Учитывая, что конечной целью исследований является зрелость яблок, коррелирующая с содержанием хлорофиллов, мы получаем новый, с учетом солнечной и теневой стороны, метод контроля созревания яблок. И это составляет научную новизну. Параллельно решается другая, не менее важная задача. Рассмотрение яблока как объекта, имеющего солнечную и теневую стороны, позволило увидеть новое явление, а именно: яблоки загорают исключительно на теневой своей стороне. Это открытие неизвестного ранее явления приводит к новым обобщениям и позволяет пересмотреть природу субкутикулярного побурения яблок во время холодного хранения. И это также составляет научную новизну.

Глава 2

КАЧЕСТВО И ЗРЕЛОСТЬ ЯБЛОК

Многие методы используют показатели зрелости яблок, и некоторые из них скорее являются показателями качества, а не зрелости. Решение о дате съема в саду принимается не только на основе физиологической зрелости, но и на основе требований рынка, то есть покупателя. Основное значение при производстве яблок имеет их качество. Качество, в первую очередь, определяется сортом. Таким образом, для принятия решений о съеме плодов используют следующие показатели качества и съемной зрелости плодов. Многие из них приведены в работах [19, 37, 55, 64, 69, 75, 77, 78, 91, 92, 140, 145, 146, 157, стр. 589]. Мы условно разделили их на показатели качества и показатели съемной зрелости плодов (табл. П1, П2 приложения). Следует отметить, что химические, биохимические и физиологические показатели при определении качества плодов практически не используются, используются в основном товарные и физические. В некоторой степени химические, биохимические и физиологические показатели используются при определении съемной зрелости плодов, учитывая трудоемкость выполнения данных анализов.

Основными факторами, влияющими на зрелость плодов, являются метеорологические условия вегетационного периода. Еще в 1965–1970 гг. сотрудники ВНИИС им. И.В. Мичурина пришли к выводу, что для созревания плодов требуется определенное количества тепла, выраженное суммой активных температур, изменяющейся в небольших пределах. Например, период формирования урожая осенних сортов составляет 95–115 дней при сумме температур от 1942 ± 65 °С до 2052 ± 80 °С [88]. Эти сорта яблок созревают в первой половине сентября.

2.1. Обзор методов и устройств анализа зрелости яблок

Рассмотрим некоторые основные способы оценки качества, зрелости, сроков съема яблок в саду, сроков хранения, разработанные за последние 20-30 лет, на которые получены авторские свидетельства и патенты, имеющие, таким образом, научную новизну.

Способ неразрушающего контроля объектов, состоящий в том, что через исследуемый объект пропускают электрический ток и находят в местах подключения электродов значения токов и потенциалов [71]. Способ контроля заживляемости клубней картофеля, осуществляемый

путем возбуждения флуоресценции длиной волны 386 нм и измерения спектров излучения флуоресценции от участков поверхностей естественной перидермы клубней картофеля и ее среза в диапазоне 430–550 нм [5]. Способ определения пригодности яблок к длительному хранению, состоящий в том, что измеряют проводимость ткани яблока на частотах 350–450 Гц и на частотах 100–300 кГц в трех точках яблока — у плодоножки, у чашечки и в середине [63]. Способ определения лежкоспособности плодов, при котором для определения физиологических заболеваний (побурения и потемнения) в скрытой форме плоды помещают в морозильную камеру, где холодостойкие плоды выдерживают в течение 2–3 ч, а слабохолодостойкие — в течение 1–2 ч, а затем при 18–20 °С в течение суток. При содержании плодов с физиологическими заболеваниями 5–7% плоды подлежат реализации [62]. Способ прогноза продолжительности хранения яблок, состоящий в том, что после отбора пробы 25–30 яблок и их разрушения подсчитывают среднее количество семян на одно яблоко, а прогнозируемый срок хранения определяют по формуле [86]. Способ определения качества плодов, состоящий в том, что плод помещают между пластинами конденсатора, не касаясь их, а конденсатор включают в резонансный контур измерительного автогенератора и измеряют частоту генерации автогенератора при наличии и при отсутствии плода между пластинами конденсатора на двух разных частотах в интервале 0,1–100 МГц, и по отношению изменения частот на высокой и низкой частотах судят о качестве плода [93]. Способ определения срока съема плодов с хранения в охлаждаемых помещениях, состоящий в том, что в пробах плодов исследуют величину фитоалексинной активности, а срок снятия с хранения устанавливают по снижению ее величины в 2–3 раза по сравнению с первоначальным значением [81]. Способ определения срока съема плодов с хранения в охлаждаемых помещениях, состоящий в том, что перед закладкой на хранение и во время хранения измеряют обсемененность микрофлорой плодов, а срок съема плодов с хранения определяют по увеличению обсемененности, в 3–4 раза превышающей первоначальное значение [126]. Способ определения срока съема яблок с хранения, заключающийся в том, что для выявления яблок, поражающихся физиологическим заболеванием — пухлостью, на более ранней стадии, перед органолептической оценкой, яблоки выдерживают в течение 3–4 ч под давлением 0,4–0,6 кг/см² и при температуре 20–22 °С [61].

При разработке новых способов и устройств контроля качества яблок для линий товарной обработки в основном использовались оптические методы, бесконтактные и не разрушающие плоды.

Способ оптической сортировки корнеклубнеплодов по качеству состоит в том, что в отраженном от корнеклубнеплодов потоке выделяют спектральные интервалы 1050–1150 нм и 600–750 нм [15]. Способ сортировки корнеклубнеплодов на длинах волн 890 нм, 990 нм,

1100 нм, 1200 нм [136]. Устройство для оптической сортировки плодов по морфологическим признакам поверхности [1]. Предложен метод определения качества яблок спектрально-зонным способом, при котором использованы три зоны видимого и ближнего инфракрасного излучения с максимумом спектральной характеристики при длинах волн 450, 530 и 800 нм [29]. Измерениям подвергались поверхности яблок различного качественного состояния: здоровая (неповрежденная) поверхность, воронка, чашечка, поврежденная — с пятном от ушиба, содранной кожицей, разломом, пораженная паршой. С целью автоматического сортирования плодов по товарному качеству определено, что информативными признаками для определения показателей качества яблок служат спектральные характеристики видимого диапазона (400–750 нм) оптического излучения, а также структура поверхности плода, определяемая неровностями, шероховатостями с отрицательной кривизной поверхности [25]. Способ определения качества плодов и устройство для его осуществления, позволяющие по изменению степени когерентности зондирующего излучения судить об изменении поверхностной структуры плода, причем оцениваются различные типы нарушения целостности покровной ткани, такие как: прокол кожицы, ушиб, сетка, загар, гниль и т. д. [14]. Для разработки оптико-электронных систем контроля качества плодов отмечается, что существующие методы и устройства, основанные исключительно на анализе коэффициента отражения, не позволяют распознавать дефекты, сопровождающиеся разрывом покровных тканей, и вследствие этого имеют низкую точность сортирования, в связи с чем анализ качества поверхности плодов методами фазовой оптики показал, что данный метод обладает высокой чувствительностью и позволяет надежно выделять механические повреждения поверхности гладкопокрытых плодов [13].

Все эти методы рассматривали плод с позиции механического повреждения его поверхности, собственно, этого достаточно для автоматизированного сортирования [26, 30]. Вместе с тем, следует отметить, что качество плодов по данным признакам достаточно высокое как при съеме, так и после хранения, чтобы подвергать контакту с зондирующими механизмами каждое яблоко. Так, съем стандартных плодов в ЗАО «Агрофирма «Сад-Гигант» Краснодарского края в 2000 г. составил от 80 до 98% в зависимости от возраста насаждений и агротехники.

Вместе с тем есть ряд способов и устройств, принцип использования которых позволяет рассматривать их, с одной стороны, как неразрушающие, а с другой стороны, как оценивающие качество, и в том числе зрелость плодов, с позиций их физиологического состояния.

Способ определения устойчивости растений к стресс-факторам, состоящий в измерении замедленной флуоресценции образцов растений [59]. Способ определения содержания хлорофилла в листьях растений измерением отношения интенсивности флуоресценции при 685 и 735 нм [48]. Способ определения степени зрелости плодов то-

матов, состоящий в измерении отраженного света в области двух спектральных диапазонов — сине-фиолетовом 420–480 нм и красном 650–750 нм [21]. Способ оценки зрелости клубней картофеля в период вегетации, состоящий в облучении плодов излучением с длинами волн 280 и 368 нм и измерении флуоресценции на длинах волн 400 и 468 нм и 500 и 520 нм соответственно, соответствующей содержанию жиров и витаминов в клубнях [80]. Способ прогнозирования сроков съема плодов яблони, состоящий в том, что перед съемом плодов на хранение в качестве биохимического показателя определяют интенсивность выделения этилена: для раннезимних сортов 1,8–3,9 мкл/г/час, для позднезимних — 0,3 — 0,6 мкл/г/час [20]. Способ определения срока съема плодов с хранения в охлаждаемых помещениях, состоящий в том, что определение двух максимальных уровней световой энергии, проходящей через плод, проводят в диапазоне длин волн монохроматического света от 450 до 750 нм и измеряют их спектральный интервал, а срок съема плодов с хранения определяют по снижению его величины до установленного значения [131]. Способ обнаружения израстания картофеля, осуществляемый путем измерения спектров флуоресценции в зонах 640 ± 10 и 683 ± 10 нм при возбуждении в зоне 440 нм [79]. Способ определения качества клубней картофеля, предусматривающий облучение клубней картофеля ультрафиолетовым светом в диапазоне длин волн 376–396 нм, а измерение интенсивностей флуоресценции поверхности клубней производится в диапазонах длин волн 458–478 нм и 510–530 нм, обусловленных наличием витаминов (max 468 нм) и фенольных соединений (max 520 нм) [6]. Способ определения степени зрелости яблок измерением мощности флуктуации электродвижущей силы, создаваемой образцом плода и созревшим плодом, на введенных в них электродах [18]. Способ определения срока снятия плодов с хранения путем измерения полного сопротивления кислотосахаросодержащей фракции пробы плодов, когда по первой его инверсии судят о сроке снятия продукции с хранения [138]. Способ определения срока съема плодов с хранения измерением активной кислотности и интенсивности окислительно-восстановительных процессов, по которым определяют показатель направленности окислительно-восстановительных процессов и после вторичного понижения величины показателя направленности окислительно-восстановительных процессов плоды снимают с хранения [139].

Задача, связанная с определением зрелости плодов по физическим параметрам, до сих пор полностью не решена. Представляется целесообразным при обосновании способов и устройств учитывать условия роста и формирования плодов. Ранее проведены исследования по календарному планированию уборки плодов для закладки на хранение, основной задачей которых была оптимизация времени уборки разных помологических сортов с нескольких кварталов сада, позволяющая