

Р.Э.Лойко, кандидат биологических наук;

А.М.Криворот, мл. научный сотрудник; Л.М.Ярохович, научный сотрудник
Белорусский НИИ плодоводства

В.К.Матус, доктор биологических наук
Институт фотобиологии АНБ

УДК 634.11:/634.1:631.55:/547.313.2 (476)

Эндогенный этилен — эффективный критерий прогноза сроков уборки плодов яблони в Беларуси

Изучены закономерности накопления эндогенного этилена, выделяемого в закрытых сосудах плодами разных сортов, убранными за 2–3 недели до средней многолетней даты уборки. Выяснено, что метод определения оптимальных сроков уборки по накоплению этилена позволяет с точностью до одних суток рассчитать предполагаемую дату уборки плодов и достаточно эффективен в условиях Беларуси.

The conformities of collecting of endogenous ethylene gave off the closed vessels by the different kinds of fruits harvested 2-3 weeks before average long year date of harvesting have been researched. It was found out that the method of the establishment of the optimal terms of harvesting proceeding from accumulation of ethylene allows to calculate forecasted date of fruit harvesting with accuracy to one day and quite effective in Belarus conditions as well.

Лежкость и качество плодов яблони при хранении зависят от многих факторов: сорта, метеорологических и агротехнических условий выращивания, минерального состава плодов, а также их степени зрелости при уборке /1, 4, 6, 9/. Установлено, что для длительного хранения необходимо убирать плоды в состоянии съемной зрелости /8/. При этом следует отметить, что для многих сортов период съемной зрелости длится всего несколько дней и уборка плодов раньше или позже оптимальных сроков отрицательно сказывается на их лежкости и приводит к значительным потерям при хранении. Так, задержка с уборкой яблук сорта Антоновка обыкновенная на 3–4 дня сокращает длительность их хранения на 1–2 месяца /2/. Поэтому необходимо как можно более точно определять съемную зрелость плодов. Для этого существует целый ряд органолептических и физико-химических показателей: размер и масса яблук, окраска плодов и семян, твердость мякоти и удельная масса (плотность) плода, прочность прикрепления плода к плодовым образованиям, содержание растворимых сухих веществ и крахмала и др. /4, 7, 8, 15, 19/.

Однако данные показатели существенно различаются по годам в зависимости от сорта, места и условий выращивания и не всегда отражают истинное состояние плода.

В настоящее время идет поиск достоверных, точных и маловарьирующих от условий критериев прогноза сроков съема плодов.

Исследованиями последних лет, проводимых главным образом за рубежом (США, Польша), установлено, что состав газообразных продуктов метаболизма, а также скорость их накопления тесно сопряжены с физиологическим состоянием плода /15, 19/. Было выяснено, что начало созревания яблук можно рассчитать на основании кинетических зависимостей выделения ими газообразных продуктов и этилена, в частности.

Этилен — гормон созревания, накопление которого коррелирует со степенью зрелости плода. Физиологическое действие этилена, заключающееся в стимулировании созревания, известно давно и нашло практическое применение для ускорения созревания некоторых плодов (помидоры, бананы и др.) /5, 12, 14, 18/. Совершенствование методов исследований, в частно-

сти развитие газожидкостной хроматографии, позволило проследить интенсивность и динамику образования этилена.

В зеленых плодах биосинтез этилена замедлен, но затем, перед климактерическим периодом, образование его резко увеличивается. В этот же период возрастает интенсивность процессов окисления и дыхания. Данный период перед началом созревания, в течение которого наблюдается некоторый спад в интенсивности дыхания, а затем его резкий подъем, называется климактерическим периодом, а сам подъем интенсивности дыхания – климактерическим подъемом [11, 16].

Интенсивность синтеза этилена также достигает максимальной величины в климактерический период, однако она намного выше, чем интенсивность процесса дыхания и выделения углекислого газа. Затем скорость выделения этилена плодами снижается (рис.). Результаты исследований свидетельствуют, что для длительного хранения яблоки должны быть убраны до начала резкого подъема в выделении этилена (до климактерического периода), когда уровень эндогенного этилена в семенных камерах достигает 0,1–0,2 ppm [3, 10, 17].

Однако определение съемной зрелости яблок по выделению эндогенного этилена требует едва ли не ежедневных отборов проб газовой смеси из семенных камер плодов непосредственно перед самой уборкой, что не всегда реально осуществимо в крупных садах.

Более перспективным представляется расчетный метод определения оптимальных сроков уборки яблок, разработанный D.R. Dilley (1980), который позволяет заблаговременно прогнозировать наступление съемной зрелости яблок [13].

Следует отметить, что вопросы прогнозирования сроков уборки плодов яблоки в Беларуси ранее не изучались. Поэтому основной целью исследования являлось изучение закономерностей накопления этилена, выделяемого плодами различных сортов в закрытых сосудах и возможности применения данного метода прогноза для местного сортимента яблоки. Работа проводилась в 1993–1994 гг. в отделе хранения и переработки Белорусского НИИ плодоводства. Первичные данные по накоплению продуктов метаболизма были получены в Институте фотобиологии АН РБ.

В качестве объектов исследования использовали плоды яблоки сортов Антей, Белорусское малиновое, Заря Алатау, Спартан, Теллиссааре, выращенные в саду экспериментальной базы “Русиновичи” Минского района. Партии плодов с модельных деревьев снимали за 15 и 7 дней до средней многолетней даты уборки (13.09). Объем каждой партии – 10 плодов. Плоды помещали в эксикаторы емкостью 10 л, закрывали герметично притертыми крышками с пробками из самоуплотняющейся резины и хранили при температуре +18, +20 °С. Для достоверности получаемых данных закладывали по три повторности каждого сорта. Для перемешивания внутренней газовой среды эксикаторы были снабжены микропроцессорами. В отдельных случаях перемешивание осуществляли путем 3–4-кратной прокачки шприцем объемом 0,5 л. Для предотвращения избыточного давления в замкнутом пространстве эксикаторов за счет выделения яблоками углекислого газа, что могло бы подавлять процесс выделения этилена, в сосуды помещали по 100 г окиси кальция в бумажных пакетах. Ежедневно производили заборы газовой смеси из сосудов шпри-

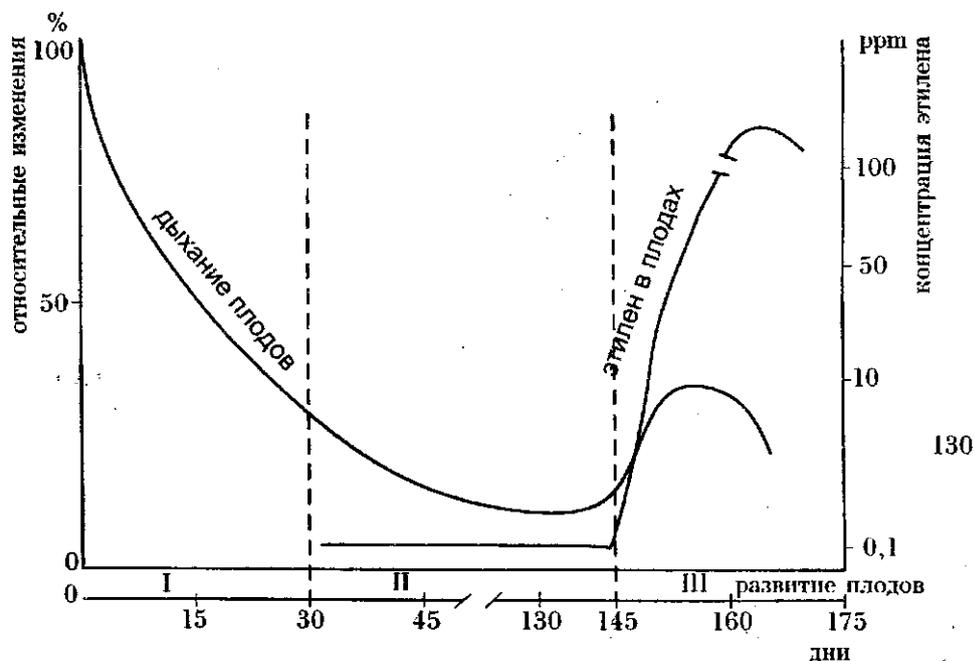


Рис. Физиологические изменения, происходящие в плодах яблоки в разные периоды их развития
I – период деления клеток, II – период роста клеток, III – климактерический период

нем в объеме 1 мл через самоуплотняющуюся пробку. Для сохранения давления внутри сосудов таким же шприцем вводили 1 мл наружного воздуха. Отбор газовой смеси из сосудов проводили ежедневно и прекращали, как только уровень этилена внутри эксикаторов достигал 0,5 ppm.

Компонентный анализ газовой смеси в образцах проводили на хроматографе ЛХМ-8Д методом адсорбционной молекулярной хроматографии. Газохроматографический анализ проб на содержание CO_2 проводили с детектором по теплопроводности; колонка длиной 2 м с полисорб-1; температура колонки $+30^\circ\text{C}$; газ-носитель – гелий (20 мл/мин). Для анализа других газов использовали колонку из нержавеющей стали длиной 2 м; температура колонки $+50^\circ\text{C}$; скорость газа-носителя (гелий) – 30 мл/мин; водорода – 3; воздуха – 300 мл/мин.

Поскольку данные исследования связаны с определением низких – порядка 0,1–0,5 ppm – концентраций этилена, на начальном этапе исследований был проведен поиск адекватного сорбента. Среди проверенных десяти – силикагель марки КСК (зернение 300 мкм), хромосорб, хезосорб, хромотон, инертон, полисорб-1, ПЕГ-20 М, силохром-80, силохром-120, реоплекс-400 – наиболее подходящим для данной работы был признан силохром-120.

Изучение накопления этилена плодами сортов Антей, Белорусское малиновое, Заря Алатау, Спартан и Теллиссааре в закрытых сосудах позволило рассчитать их предполагаемые даты уборки. Как показывают исследования, плоды, снятые с деревьев, продолжают выделять этилен. В первые дни после помещения яблок в сосуды этилен накапливается в незначительных количествах – менее 0,1 ppm. В дальнейшем скорость его накопления резко возрастает. Хотя убранные плоды, находящиеся у порога климактерического подъема дыхания, выделяют этилен в незначительном количестве, но его в закрытом пространстве достаточно, чтобы запустить механизмы созревания. Определение порога в 0,5 ppm этилена в сосудах дало возможность рассчитать даты уборки для каждого изучаемого сорта

по методу D.R.Dilley (табл. 1). Отмечена зависимость между скоростью накопления этилена и степенью зрелости плодов при сборе. Плоды, убранные в более ранние сроки (30.08), достигают уровня 0,5 ppm этилена за более длительный период.

Ожидаемую дату уборки определяли по произведению числа часов, в течение которых плоды в закрытых сосудах накапливают 0,5 ppm этилена, и эмпирически выведенного коэффициента 0,125. Полученное произведение показывает число дней, через которое плоды, оставшиеся на деревьях, достигнут съемной зрелости от момента отбора проб. Прибавление полученного числа дней к дате отбора проб дает предполагаемую дату уборки.

Расчет предполагаемой даты уборки осуществляется по формулам:

$$Г = А + В; \quad (1)$$

$$В = Б \times 0,125; \quad (2)$$

$$Г = А + (Б \times 0,125), \quad (3)$$

где А – дата отбора пробы из сада;

Б – число часов от момента отбора проб из сада до накопления плодами уровня 0,5 ppm этилена в закрытых сосудах;

В – количество дней от момента отбора проб из сада до предполагаемой даты уборки;

Г – предполагаемая дата уборки;

0,125 – эмпирически выведенный коэффициент.

В качестве примера рассмотрим расчет даты уборки на одном сорте. Плоды сорта Антей, убранные в саду э/б “Русиновичи” Минского района 30.08 и в тот же день помещенные в эксикаторы, синтезировали 0,5 ppm этилена через 84 часа. Умножив число часов на коэффициент 0,125, получаем количество суток (10,5) до предполагаемой даты уборки. В итоге выходит, что через 10,5 суток после съема яблок с деревьев наступит их съемная зрелость и плоды подлежат уборке – 10.09. Аналогично рассчитывали даты уборки по всем вариантам опыта (табл. 1). Рассчитанные предполагаемые даты уборки партий плодов, снятых в разные

Таблица 1. Предполагаемые (рассчитанные) даты уборки плодов яблони (“Русиновичи” Минского района, 1993 г.)

Сорт	Дата отбора проб. (А)	Число часов до 0,5 ppm этилена. (Б)	Количество дней до предполагаемой даты уборки. (В)	Предполагаемая (рассчитанная) дата уборки. (Г)
Антей	30.08	84	10,5	10.09
	6.09	32	4	10.09
Белорусское малиновое	30.08	96	12	11.09
	6.09	48	6	12.09
Заря Алатау	30.08	132	16,5	16.09
	6.09	72	9	15.09
Спартан	30.08	132	16,5	16.09
	6.09	72	9	15.09
Теллиссааре	30.08	120	15	14.09
	6.09	60	7,5	14.09

сроки, практически совпадали и различались лишь на один день для сортов Белорусское малиновое, Заря Алатау и Спартан.

Одновременно на длительное хранение закладывали партии тех же сортов, убранные в разные сроки (до и после предполагаемой даты уборки) при температуре $0 + 1^{\circ} \text{C}$. Выяснено, что наибольшей лежкостью обладали партии плодов, убранные по времени наиболее близко к рассчитанным датам уборки (табл. 2).

Плоды сорта Антей, снятые 15.09, т.е. через 5 дней после рассчитанной даты (10.09), хранились дольше – 160 дней – по сравнению с другими датами сбора (13.08 и 25.08), при которых плоды хранились 143 и 158 дней соответственно. Плоды сорта Заря Алатау из того же сада, для которых рассчитанная и фактическая даты уборки совпали (15.09), хранились 175 су-

ток, что на 28 и 55 дней больше по сравнению с остальными датами сбора. Аналогичные зависимости отмечены и для остальных изучаемых сортов.

Это же подтверждают и результаты длительного хранения (табл. 3). Наибольшим выходом здоровых плодов характеризовались партии яблок, убранные ближе остальных по времени к рассчитанным датам. Плоды этих же партий имели самые низкие степени поражения микробиологическими заболеваниями.

Полученные результаты показали высокую эффективность метода определения сроков уборки по накоплению эндогенного этилена в закрытых сосудах. Выяснено, что этилен в значительной степени определяет изменения в созревающих плодах. Перед периодом созревания яблок его содержание стабильно держится на очень низком уровне – менее $0,1 \text{ ppm}$. При дости-

Таблица 2. Влияние срока уборки плодов на продолжительность хранения ("Русиновичи" Минского района, 1993–1994 гг.)

Сорт	Дата уборки плодов, (А)	Предполагаемая (рассчитанная) дата уборки плодов, (Б)	Кол-во дней до (-) и (+) после рассчитанной даты уборки, (В)	Продолжительность хранения партий плодов, (Г)
Антей	13.08	10.09	-28	143
	25.08		-16	158
	15.09		+5	160
Белорусское малиновое	13.08	11.09	-29	156
	25.08		-17	170
	15.09		+4	172
Заря Алатау	13.08	15.09	-33	120
	25.08		-21	147
	15.09		0	175
Спартан	13.08	13.09	-31	176
	25.08		-19	170
	15.09		+2	182
Теллиссааре	13.08	14.09	-32	155
	25.08		-20	160
	15.09		+1	164

Таблица 3. Лежкость плодов яблоки в зависимости от сроков уборки ("Русиновичи" Минского района, 1993–1994 гг.)

Сорт	Дата уборки	Продолжительность хранения, сутки	Естеств. убыль массы, %	Выход здоров. плодов, %	Степень поражения болезнями, %	
					физиологическ.	микробиологич.
Антей	13.08	143	3,4	79,4	12,3	8,3
	25.08	158	3,2	81,1	10,2	8,7
	15.09	160	3,2	83,9	14,9	1,2
Белорусское малиновое	13.08	156	3,8	90,1	6,3	3,6
	25.08	170	3,4	93,4	3,4	3,2
	15.09	172	3,3	93,7	5,4	0,9
Заря Алатау	13.08	120	4,1	82,6	12,2	5,2
	25.08	147	4,0	84,4	10,1	5,5
	15.09	175	4,2	89,0	9,4	1,6
Спартан	13.08	176	4,6	91,3	3,2	5,5
	25.08	170	4,1	90,5	5,3	4,2
	15.09	182	4,0	95,4	2,2	2,3
Теллиссааре	13.08	155	3,8	78,4	14,0	7,6
	25.08	160	3,4	80,7	16,7	2,6
	15.09	164	3,4	81,9	18,1	0

жении концентрации этилена 0,1–0,2 ppm в семенных камерах наступает климактерический подъем дыхания и интенсивное выделение этилена. После этого процессы созревания и старения идут необратимо и в очень быстром темпе.

Размещение убранных за 2–3 недели до оптимальной степени зрелости плодов в закрытых сосудах стимулирует ускоренное созревание за счет действия накапливаемого этилена. Кинетические закономерности выделения и накопления этилена плодами разных сортов приблизительно одинаковы, что позволяет вывести необходимый коэффициент для расчета предполагаемых дат уборки. Метод определения сроков уборки D.R. Dilley (1980) вполне приемлем для сортов яблоны, выведенных и интродуцированных в Беларуси.

Литература

1. Гудковский В.А. Длительное хранение плодов: Прогрессивные способы. –Алма-Ата: Кайнар, 1978. – 152 с.
2. Гудковский В.А. Комплексная система мер борьбы с потерями фруктов и сохранения их качества при хранении и доведении до потребителя: Обзор –Алма-Ата: КазНИИНТИ и ТЭИ, 1985. – 88 с.
3. Гудковский В.А. Связь содержания этилена в яблоках и их способность хранения.// Садоводство и виноградарство. – 1989. – N 3. – С.32–36.
4. Гудковский В.А. Система сокращения потерь и сохранения качества плодов и винограда при хранении: Метод. рекомендации./ ВНИИ садоводства. – Мичуринск, им. И.В.Мичурина, 1990. – 120 с.
5. Ракитин Ю.В. Ускорение созревания плодов. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. –168 с.
6. Станкевич К.В. Лежкость и качество яблок в зависимости от метеорологических условий и сроков съема// Хранение и переработка картофеля, овощей, плодов и винограда.

да. – М., 1973. – С.231–236.

7. Федоров М.А. Съемная зрелость плодов и способы ее определения// Садоводство. – Киев, 1982. – N 19. – С.29–30.
8. Целуйко Н.А. Определение срока съема плодов семечковых культур. – М.: Колос, 1969. – 72 с.
9. Широков Е.П., Полсгасв В.И. Хранение и переработка плодов и овощей. – М.: Агропромиздат, 1982. – 382 с.
10. Blanpied G.D., Samaan L.G. Internal ethylene concentrations of McIntosh apples after harvest// J. Amer. Soc.Hortic.Sci. – 1982. – N 107. – P.91–93.
11. Brohier R.L., Dooley L.B. Ethylene: a key to fruit maturity and storage// Commercial Horticulture. – 1983. – P.34–35.
12. Burg S.P., Burg E.A. Role of ethylene in fruit ripening// Plant Physiol.– 1962. – N 37. – P.179–189.
13. Dilley C.L., Dilley D.R. New Technology for analyzing ethylene and determining the onset of the ethylene climacteric of apples// Proc. the Nat. Control Atm. R. Conf. – 1985. – P.353–362.
14. Fica J. Znaczenie etylenu w przechowywaniu jablek// Sad nowoczesny. –1988. – N 7. – P.18–25.
15. Knee M., Hatfield G.S., Smith S.M. Evaluation of various indicators of maturity for harvest of apple fruits intended for long-term storage// J. Hortic. Sci. – 1989. – Vol. 64, N 4. – P. 403–411.
16. Manson L.W. Biogenesis of ethylene// Biol. Rev. – 1969. – Vol. 44. –P.155–187.
17. Recasens D.I., Graell I., Pinol I. Assessing fruit maturity of ten apple cultivars by internal ethylene concentrations// Acta Hortic. – 1989. – Vol. 258. – P.437–443.
18. Smith R.B., Loughced E.C., Franklin E.W. Ethylene production as an index of maturity for apple fruits// Can. J. Plant Sci. – 1969. – N 49. –P.805–807.
19. Tomala K. Wyznaczenie terminu zbioru i przechowywania jablek// Sad nowoczesny. – 1992. – N 8. – P.2–8.