

Б. А. РУБИН, Е. В. АРЦИХОВСКАЯ и Т. М. ИВАНОВА
О ЗНАЧЕНИИ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ
ДЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЦИТРУСОВЫХ

(Представлено академиком А. И. Опариным 8 III 1948)

Развиваемые нами представления о роли окислительных процессов в явлениях устойчивости растительной ткани к грибным заболеваниям (1-4) находят подтверждение и при изучении сопротивляемости цитрусовых плодов поражению *Penicillium italicum*.

Плоды, в которых интенсивность окислительных превращений уменьшена предварительным их выдерживанием в атмосфере, лишенной кислорода, либо обогащенной углекислотой, оказывают меньшее сопротивление распространению инфекции (рис. 1)

Предложенный Гарвеем и Ригг чисто эмпирический метод определения «потенциальной жизнеспособности» плодов (5) также, как нам кажется, свидетельствует о большей лежкости плодов, обладающих более устойчивой окислительной системой. Метод этот состоит в следующем: плоды помещаются в герметически закрытый баллон, соединенный с ртутным манометром. Через несколько часов давление в баллоне начинает изменяться, причем обычно вначале развивается отрицательное давление, которое затем уменьшается и сменяется положительным, правильно возрастающим и достигающим значительных величин. Чем ниже спускается кривая давления и чем позже она переходит в область положительных величин, тем благоприятнее, согласно Гарвею и Ригг, прогноз относительно сроков лежки изучаемой партии плодов.

Недавние наблюдения Денни (6) показали, что эффект Гарвея обусловлен адсорбцией углекислоты тканями плодов, причем адсорбируется лишь углекислота, возникающая в результате кислородного дыхания.

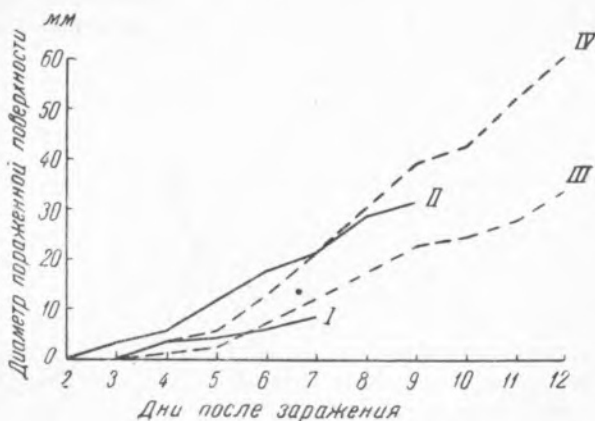


Рис. 1. Влияние предварительного выдерживания плодов в различных газовых смесях на ход заражения *Penicillium italicum*: I, II — мандарины, ноябрь 1947 г.; III, IV — лимоны, апрель 1947 г.; I — контроль, II — 40 час. при 8% CO₂, III — 9 суток при 75% O₂, IV — 9 суток при 100% N

Появление положительного давления приурочено, таким образом, к началу анаэробного обмена, наступающего в результате недостатка кислорода.

Установленная в наших работах важная роль процессов аэробного обмена в явлениях устойчивости позволяет считать, что большая устой-

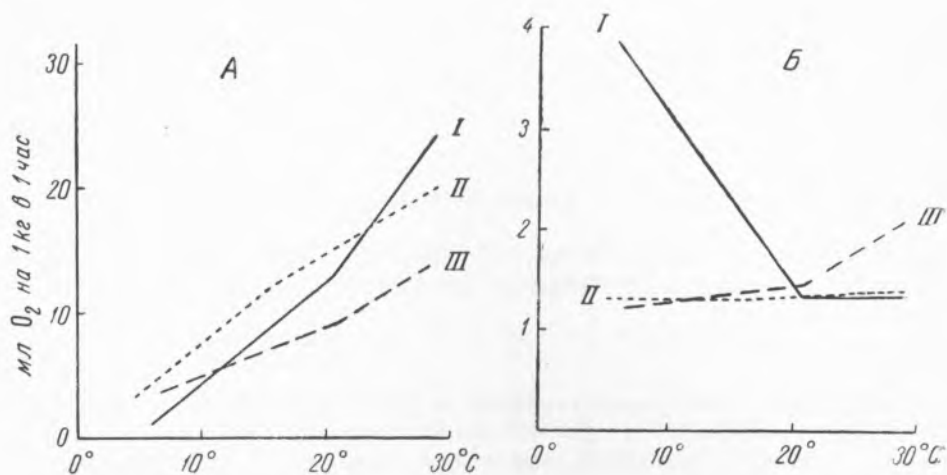


Рис. 2. Дыхание мандаринов различной степени зрелости при разных температурах: А — поглощение O₂, Б — дыхательный коэффициент. I — зеленые, II — зелено-желтые, III — оранжевые

чивость плодов должна быть связана со способностью более длительно сопротивляться возникновению анаэробного обмена. Определение этого свойства тканей плодов было использовано нами в качестве одного из

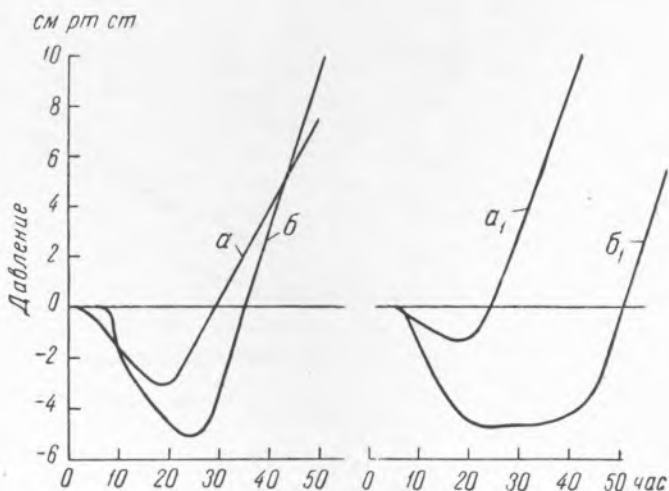


Рис. 3. Сопротивляемость анаэробизму: а — мандарины зелено-желтые, 11 XI 1947; а₁ — оранжевые, 13 XI 1947; б — лимоны зелено-желтые, 4 XI 1947; б₁ — светложелтые, 2 XII 1947

методов изучения окислительного обмена плодов в процессе их созревания. В настоящей статье приводятся некоторые из полученных в этой работе данных.

На рис. 2 представлено дыхание мандаринов на трех стадиях созревания. Как видно из кривых, наиболее интенсивное дыхание до температуры 20° С характерно для зелено-желтых плодов. На этой стадии плоды имеют низкий дыхательный коэффициент, который почти не из-

меняется при смене температур. Дыхание зеленых плодов наиболее интенсивно протекает при 30°. Температуры ниже 20° вызывают снижение активности дыхания и увеличение доли анаэробных процессов, что видно из резкого возрастания дыхательного коэффициента. В фазе полной зрелости интенсивность дыхания значительно снижается, причем повышение температуры до 30° приводит к заметному усилению анаэробных процессов.

Изучение «сопротивляемости анаэробноз» мандаринов показало также, что зелено-желтые плоды наиболее устойчиво сохраняют нормальный ход дыхательно-го газообмена даже в том случае, если они находятся в неблагоприятных для этого условиях (рис. 3). С этими данными вполне согласуется и сопротивляемость заражению *Penicillium italicum*, которая оказалась наибольшей для зелено-желтых плодов (рис. 4).

Что касается лимонов, то сопротивляемость плодов анаэробнозу возрастает до достижения ими светложелтой окраски — фазы, близкой к полной зрелости (рис. 3). Соответствующие изменения происходят и в реакции плодов на заражение (рис. 4). Светложелтые плоды оказываются в подавляющем большинстве иммунными к *Penicillium italicum*.

Большое влияние на ход окислительных процессов в тканях плодов, а следовательно, и на характер взаимоотношения последних с микро-

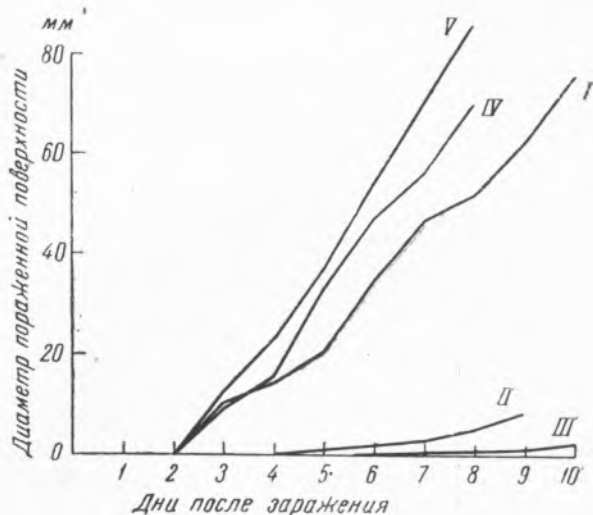


Рис. 4. Реакция на заражение *Penicillium italicum* (1947 г.). Лимоны: I — зеленые, 24 X; II — зелено-желтые, 20 XI; III — светложелтые, 2 XII. Мандарины: IV — зелено-желтые, 31 X; V — оранжевые, 12 XI

Таблица 1
Состав газа, извлеченного из тканей
цитрусовых плодов
(средние данные)

| Вид | Порядковый № извлечения | % CO ₂ | % O ₂ | Кoeffициент аэробности (O ₂ /CO ₂) |
|-----------|-------------------------|-------------------|------------------|---|
| Мандарины | II | 4,9 | 16,1 | 3,29 |
| | III | 8,0 | 13,9 | 1,74 |
| | IV | 16,3 | 4,0 | 0,25 |
| | V | 34,8 | 1,1 | 0,03 |
| Лимоны | II | 4,8 | 15,9 | 3,31 |
| | III | 11,0 | 9,6 | 0,87 |
| | IV | 23,5 | 2,9 | 0,12 |
| | V | 33,9 | 0,9 | 0,03 |

организмами, должен оказывать состав газовой среды в этих тканях. Изучение состава газа, содержащегося в плодах, производилось методом С. В. Солдатенкова (7) с тем изменением, что в каждой пробе, составленной из разрезанных плодов, мы исследовали различные порции газа, начиная от наиболее легко отсасываемых до глубинных, трудно извлекаемых.

В табл. 1 представлены средние данные по отдельным извлеченным фракциям газа (первое извле-

чение отбрасывалось как содержащее значительные количества воздуха, механически удерживаемого тканями плодов)

Как видно из табл. 1, последние фракции газа чрезвычайно богаты углекислотой и почти лишены кислорода, что дает основание характеризовать условия в соответствующих участках ткани как резко анаэробные.

Степень анаэробности газовой среды в тканях цитрусовых хорошо согласуется с уровнем содержания в них лимонной кислоты, являющейся одним из наиболее типичных продуктов анаэробного обмена. Так, лимон, обладающий более высоким содержанием лимонной кислоты, имеет меньший «коэффициент анаэробности» (отношение кислорода к углекислоте в извлеченном газе).

Созревание плодов до достижения ими зелено-желтой окраски сопровождается увеличением «аэробности» плодов. В табл. 2 дана средняя характеристика всего газа, извлеченного из плодов (средне-взвешенный состав газовой среды).

Таблица 2

Изменения в составе газа, содержащегося в тканях цитрусовых плодов, по мере их созревания
(средние данные)

| Вид | Фаза созревания | Дата анализа | % CO ₂ | % O ₂ | Коэффициент аэробности (O ₂ /CO ₂) |
|-----------|-------------------------|--------------|-------------------|------------------|---|
| Мандарины | Зеленые | 10—16 X | 8,8 | 9,0 | 1,02 |
| | Зелено-желтые | 31 X—15 XI | 7,4 | 10,5 | 1,42 |
| | Оранжевые | 15 XI | 7,9 | 12,1 | 1,53 |
| Лимоны | Зеленые | 14 X | 14,0 | 7,4 | 0,53 |
| | Зелено-желтые | 20 XI | 8,9 | 12,8 | 1,44 |
| | Светложелтые | 2 XII | 9,6 | 13,0 | 1,35 |

Особенно низок коэффициент аэробности у зеленых лимонов — на той фазе развития плодов, когда происходит максимальное накопление лимонной кислоты.

Резюмируя, мы считаем необходимым подчеркнуть, что в приведенных материалах выявляются резкие отличия газа, содержащегося внутри плодов, от состава окружающей атмосферы, что, по предварительным нашим данным, обусловлено чрезвычайно слабой газопроницаемостью кожуры. Это создает специфические условия для деятельности окислительных ферментов, которая должна быть приспособлена к условиям нехватки кислорода. Изучение особенностей окислительных ферментов плодов цитрусовых в связи с этим представляет большой теоретический и практический интерес.

Институт биохимии
Академии Наук СССР

Поступило
4 III 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Б. А. Рубин и Е. В. Арциховская, Усп. совр. биол., № 1 (1948).
² Б. А. Рубин, Тр. совещания, посвященного 50-летию перекисной теории медленного окисления и роли А. Н. Баха в развитии отечественной биохимии, изд. АН СССР, 1940, стр. 75. ³ Б. А. Рубин, Е. В. Арциховская и Т. А. Проскурникова, Биохимия, 12, № 2 (1947). ⁴ Е. В. Арциховская, Микробиология, 15, 47 (1946).
⁵ E. Harvey and G. Rugg, Plant Physiol., 11, 647 (1936). ⁶ F. Denry, Contr. Boyce Thomps. Inst., 14, 383 (1947). ⁷ С. В. Солдатенков, Роль кислорода в созревании плодов, Л., 1941.