

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

И. А. ФИЛИППЕНКО, Э. Х. ГЕРБЕР и О. К. ЭЛПИДИНА

**ФОТОСИНТЕЗ У ЦИТРУСОВЫХ В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ**

*(Представлено академиком А. А. Рихтером 14 IX 1937)*

Широкое развитие citrusовых и технических культур в советских влажных субтропиках остро ставит вопрос всестороннего изучения биологии этих растений. Физиологическое направление в изучении воздушного питания citrusовых вплоть до последнего времени очень слабо затрагивалось научно-исследовательскими учреждениями Союза. К настоящему времени в растениеводческой литературе накопилось большое количество работ, посвященных изучению фотосинтеза. Большой фактический материал по фотосинтезу подробно освещается со стороны суточного его хода, со стороны влияния различных географических широт и сезонных климатических изменений на основании изучения этого процесса на большом видовом растительном материале, но из него почти совершенно выпадают citrusовые культуры.

Экологический подход в изучении фотосинтеза, помогающий выяснению сложного биологического комплекса во взаимоотношениях между растением и средой, ускорит разрешение вопросов, связанных с рациональной организацией культуры citrusовых растений.

Институт физиологии растений Академии Наук СССР под руководством акад. А. А. Рихтера в течение 1935 и 1936 гг. проводил работу по фотосинтезу у citrusовых и главнейших технических культур в Батумском ботаническом саду.

Предварительно проведенными работами в течение двух осенних месяцев 1935 г. (научные работники института И. А. Филиппенко и О. К. Элпидина) было установлено, что по энергии фотосинтеза, высоте компенсационных пунктов у различных форм citrusовых наметилось различное отношение к свету: с большей потребностью к свету оказался лимон, затем апельсин и менее требовательным оказался мандарин.

В 1936 г. с 10 VI по 18 XII работа по фотосинтезу проводилась также в Батумском ботаническом саду бригадой из научных работников института в составе И. А. Филиппенко, Э. Х. Гербер и О. К. Элпидиной. Целью работы было проследить динамику фотосинтеза в зависимости от изменения силы света и температуры на большом сортовом разнообразии citrusовых и важнейших технических культурах, установить, насколько сильно сказываются сезонные климатические изменения в природе на характер фотосинтетического процесса у citrusовых. На основании полученных результатов работы бригада ожидала получить возможность судить со сто-

роны физиологии воздушного питания о целесообразности применения в производственных масштабах сгущенных посадок цитрусовых от 600 до 1 000 деревьев на 1 га.

## I. Методика работы

Бригада в опытах по фотосинтезу расчленила сопряженность действия факторов температуры и света, стремилась проводить опыты во всех световых и температурных интервалах, которые характерны для сезонных условий Батуми. Для опытов брались отрезанные листья, которые в определенные утренние часы отделялись от деревьев. Это не могло вызвать каких-либо сомнений в знании предшествующей истории этого листа, о чем писал в свое время С. П. Костычев (1). Черешок листа вмазывался в один конец тройника специально приготовленной для этой цели замазкой, другой конец тройника был запаян, через третий конец в тройник наливалась вода, и черешок листа снабжался водой во все время опытов. Атмосферный воздух продувался через стеклянную камеру со скоростью 35 л/час. Для получения постоянной температуры во время опытов камеры погружались в воду с соответствующей температурой. В опытах с пониженными температурами продуваемый воздух перед поступлением его в камеры охлаждался в медных змеевиках, погруженных в охлаждающую смесь. Поглотители для улавливания  $\text{CO}_2$  были сконструированы на том принципе, который описан академиком А. А. Рихтером (2). Разница в титрованиях между контролем воздуха и опытом пересчитывалась на 1 час и на 1 м<sup>2</sup> листовой поверхности; попутно с опытами по фотосинтезу учитывалась сила света фотоэлементом, отградуированным по показаниям гальванометра с последующим пересчетом на люксы. Световая динамика во время опытов создавалась экранированием солнечного света различным количеством слоев марли. Учитывалась также влажность и температура воздуха; опыты проводились в дневные часы с 11 до 15 час. дня.

Лето и осень 1936 г. в Батуми характеризовались большим количеством осадков, облачностью и влажностью воздуха. Сила света изменялась в сторону уменьшения от 35 000 лх в июле до 11 000 лх в декабре месяце.

За летний период с июня по сентябрь бригада проследила динамику фотосинтеза в зависимости от изменения силы света до компенсационного пункта у 32 различных видов цитрусовых и технических культур при температуре от 25—30°, т. е. характерной для лета. В период октябрь—декабрь месяцы фотосинтез изучался в световой динамике и при температурах 4—6°, 10—15° и 20—25° на части вышеуказанных объектов. Эти три температурные градации более или менее отражали температурные условия осени и начала зимы. Экспериментальный материал брался из Батумского ботанического сада, частично из совхозов и крестьянских хозяйств.

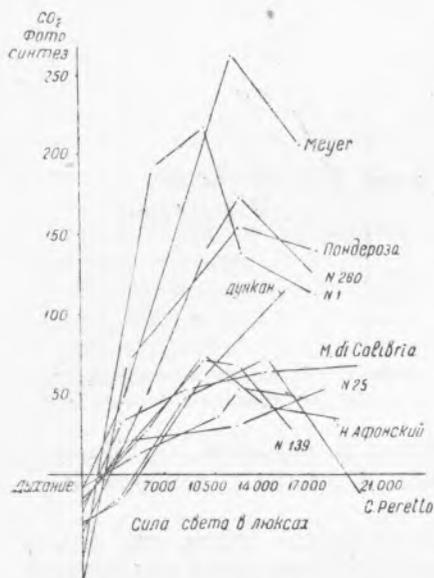
## II. Фотосинтез у различных форм лимона в летних условиях

Экспериментальный материал по фотосинтезу у лимонов изображен в виде кривых на фиг. 1, где на оси абсцисс отложена сила света в люксах, на ординате количество усвоенной  $\text{CO}_2$  в миллиграммах в пересчете на 1 м<sup>2</sup> в 1 час. По кривым приведенной фигуры видна общая для всех рассмотренных лимонов закономерность, т. е. при условии нормального содержания  $\text{CO}_2$  в воздухе (0.450—0.500 мг  $\text{CO}_2$  на 1 л воздуха) при дневных температурах 25—28° летняя сила света, доходящая в полдень в среднем до 35 000 лх, вызывает снижение фотосинтеза почти у всех лимонов. Максимальный фотосинтез приходится на световой интервал от 8 500 до 12 000 лх, т. е. этот световой оптимум составляет третью часть летнего полуденного солнца.

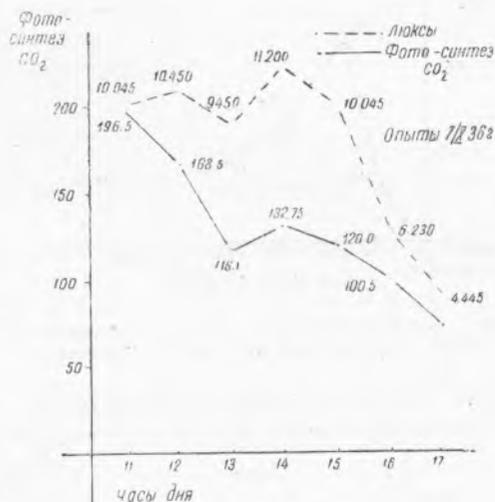
Такое же отношение к прямому источнику света выказывают мандарины, апельсины и технические культуры (чай, тунг, хинное дерево).

Штоккер (4), работавший с тропическими растениями в отношении использования ими световой энергии для процессов воздушного питания в природных условиях, приходил в таком же результатам.

В осенний период времени (сентябрь—октябрь месяцы), когда сила света в Батумском районе изменяется в пределах 15 000—12 000 lx и когда дневные температуры преобладают в пределе 20° с небольшими колебаниями в ту и другую сторону, при хороших атмосферных осадках, световой режим растениями используется полнее. Это хорошо видно на кри-



Фиг. 1.—Фотосинтез у некоторых форм лимона при различной силе света.



Фиг. 2.—Дневной ход фотосинтеза у лимона «Новоафонский», опыты 7/X 1936 г.

вой (фиг. 2) дневного хода фотосинтеза у лимона Новоафонский. На оси абсцисс отложены части дня, а на ординате количество усвоенной  $CO_2$  в миллиграммах в пересчете на  $1\text{ м}^2$  листовой поверхности в 1 час; пунктирной линией изображена сила света в люксах. Фотосинтез в течение всего дня держался высоко без прогибов. Таким образом сниженный против лета осенний люксаж при благоприятных температурных и других условиях способствует большой фотосинтетической деятельности листовой массы, что в свою очередь проявляется в бурном развитии осеннего прироста у цитрусовых, который в условиях Батуми в 1936 г. стал дружно развиваться с конца августа и продолжался также в октябре месяце. Равномерный дневной ход фотосинтеза в данном случае показывает большую продуктивность листа, отсутствие явлений перегрева и переполнения листьев ассимилятами. Синтетическая деятельность растительного организма хорошо сочетается с быстротой его роста, что также наблюдал Костычев (3) в своих работах по фотосинтезу за полярным кругом.

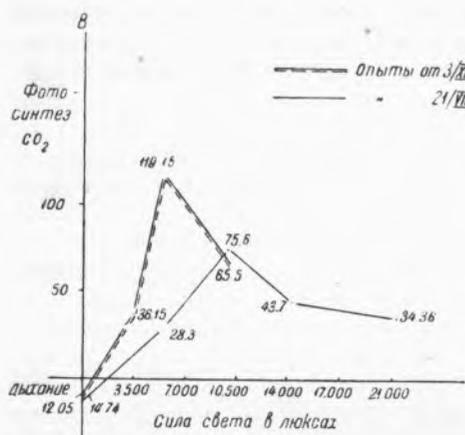
### III. Фотосинтез у цитрусовых в осенне-зимний период при температурах 4—6°, 12—15° и 23—25°

Работа по фотосинтезу с этими тремя температурными градациями и при изменяющихся световых условиях проводилась с середины октября

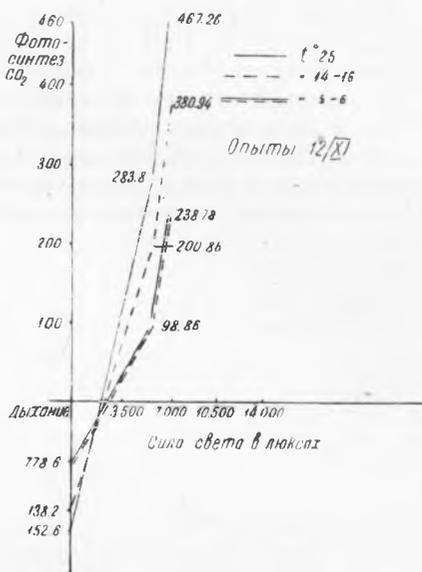
4 Доклады Акад. Наук СССР, 1937, т. XVII, № 6.

по 18 декабря. Этими работами установлено полное отсутствие у цитрусовых в зимних условиях так называемого «периода покоя». Обнаружилась большая приспособительная способность цитрусовых растений к сезонным метеорологическим изменениям. Это приспособление выражается в следующем.

К зимнему времени световой опти-

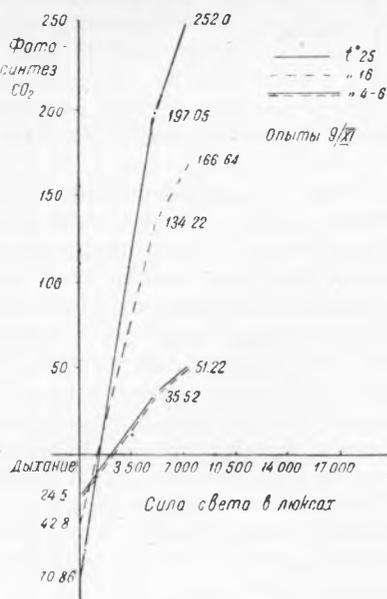


Фиг. 3.—Фотосинтез у лимона «Новоафонский» в различных сезонных условиях.



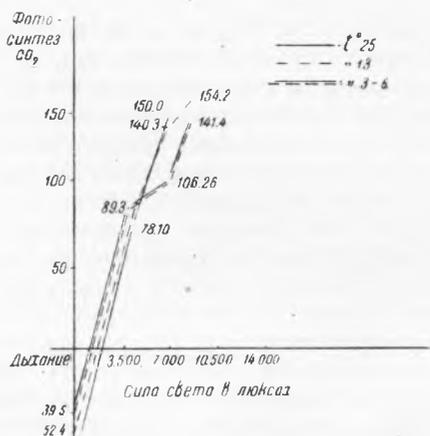
Фиг. 4.—Фотосинтез у гибрида № 172 при различной силе света и  $t^{\circ}$ .

мум, способствующий максимальной энергии фотосинтеза, сдвигается в более ослабленные условия освещения (фиг. 3, опыты с лимоном Новоафонский).



Фиг. 5.—Фотосинтез у мандарина «Клементин» при различной силе света и  $t^{\circ}$ .

На этой фигуре видно, что сплошная черта, изображающая ход фотосинтеза в опытах от 21 VIII при температуре 25°, отмечает световой оптимум в преде-



Фиг. 6.—Фотосинтез у лимона (мать гибрида № 172) при различной силе света и  $t^{\circ}$ .

лах  $\approx 10000$  lx; световой оптимум в опытах от 3 XII при температуре 14—15°, изображенный прерывистой чертой, отмечается в пределах 5000 lx.

Фотосинтетическая деятельность листа хорошо развивается при довольно низких температурах, свойственных среднесуточным температурам осенне-зимнего периода времени г. Батуми, т. е. от 3 до 6° (фиг. 4, опыты от 12 XI, лимон-гибрид № 172, и фиг. 5, опыты от 9 XI, мандарин Клементин). По этим фигурам видно, что с понижением температуры понижается энергия фотосинтеза и уменьшается дыхание. Энергия фотосинтеза в некоторых случаях может протекать при температуре 3—6° почти на таком же уровне, как и при температуре 25°, свойственной для летних месяцев, что хорошо можно видеть на фиг. 6, изображающей опыты с лимоном (мать гибрида № 172) от 15 XI, где при температурах 3—6°, 13 и 25° максимумы фотосинтеза имеют числа одного и того же порядка.

Штоккер (4), работая в тропиках с *Cassia* (сладкая трость), наблюдал довольно значительное повышение ассимиляции при температуре +5° и даже ниже. Он пришел к такому выводу, что температурный фактор используется растением для фотосинтетической деятельности более широко, чем световой фактор.

#### IV. В ы в о д ы

Вышеизложенные экспериментальные данные позволяют нам сделать следующие выводы:

1. Проведенная работа по фотосинтезу при различной силе света и нормальном содержании CO<sub>2</sub> в воздухе с различными цитрусовыми показывает, что в летние месяцы подавляющее большинство цитрусовых и других культур не нуждается в прямом солнечном освещении; световой оптимум, способствующий максимальной фотосинтетической деятельности, почти у всех растений намечается в световом интервале от 8 500 до 12 000 lx, тогда как сила света в летние месяцы доходит до 35 000 lx.

2. На основании вышеустановленных фактов физиологии воздушного питания цитрусовых растений сгущенная посадка таких с 500 до 1 000 деревьев на 1 га при условии правильной подрезки, формирования кроны, с учетом влажности климата, качества почвы и рельефа местности вполне возможна.

3. У цитрусовых растений в зимнее время отсутствует «период покоя»: они обладают большой способностью приспособления к внешним условиям. Свое приспособление, как показывают опыты, они осуществляют одновременно через смещение светового оптимума в более сниженные условия освещения, через приспособление фотосинтетической деятельности к пониженным температурным условиям и даже в некоторых случаях в более повышенной против лета энергии фотосинтеза.

4. На основании вышесказанного при организации укрытий цитрусовых растений на зиму от вымерзания необходимо периодически давать им тот световой зимний оптимум, который бы обеспечивал максимальный фотосинтетический процесс, что спасало бы растения от голодного существования, в котором они часто вынуждены находиться под укрытиями.

В агротехнику защиты цитрусовых от заморозков и впредь будет входить как прямой метод применение различных типов укрытий.

Вполне доказанная активная физиологическая деятельность цитрусовых и сильно выраженная способность приспособления их к зимним условиям существования неотложно выдвигают вопрос более определенной разработки световых и других условий, необходимых для цитрусовых в зимнее время под укрытиями. Такие же выводы напрашиваются из опытов Ф. М. Зорина (5) по вопросу выяснения отношения цитрусовых к свету.

Институт физиологии растений  
им. Тимирязева.

Академия Наук СССР.

Поступило  
14 IX 1937.

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> С. П. Костычев, К. Сысоева, ИМЕН (1930). <sup>2</sup> А. А. Рихтер, ДАН, II (XI), № 7 (93) (1936). <sup>3</sup> Костычев, Базырина и Чесноков, ИМЕН (1930). <sup>4</sup> O. Stocker, Ver. d. Deutsch. Bot. Ges., XLIX, H. 5 (1931), Ф. М. Зори, Сов. субтропики, № 3 (1936).