

С. А. КАРАПЕТЯН, А. А. ГЕВОНДЯН

ВРЕМЕННОЙ ХОД ФОТОСИНТЕЗА ПОЧВЕННЫХ И ГИДРОПОНИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ ТАБАКА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СКОРОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛИСТЬЕВ

Вопрос о влиянии температуры на фотосинтез достаточно полно освещен в литературе (1,2). Нужно полагать, что влияние факторов среды на фотосинтез в недалеком будущем обследуют как функцию времени. Подобный подход достаточно широко применен при исследовании влияния света на фотосинтез (3,4), при чередованиях свет-темнота и привел к открытию индукционных эффектов. Исследования температуры, как функции времени также немаловажны. Уже сейчас установлено, что в случае повышения или понижения температуры воздуха и листа интенсивность фотосинтеза меняется нелинейно. Известно при этом, что не только сублетальные, но даже и оптимальные температуры при большой скорости нагрева листа вызывают временное угнетение фотосинтеза (1,4). При этом важна и продолжительность прогревания. Интересно, что нагрев растительной ткани в области сравнительно высоких температур вызывает закалывание, сопровождающееся подавлением фотосинтеза (5), причем закалывание может быть достигнуто как при длительном воздействии сравнительно невысоких температур, так и с помощью практически мгновенного действия сублетальных температур (6). Известно, что во временном ходе фотосинтеза может наступить и такой момент, когда продолжающийся нагрев листа, в сущности, не влечет за собой изменения в интенсивности фотосинтеза.

Отсюда видно, что действие или последствие температурного фактора на фотосинтез недостаточно изучать с помощью разовых определений или с большими интервалами времени; необходимо стремиться к непрерывной регистрации временного хода фотосинтеза.

Нами изучено влияние интенсивности и продолжительности (один час) нагревания на временной ход фотосинтеза у табака (сорт «Самсун-935») при температурных переходах $25^{\circ} \rightarrow 35^{\circ} \rightarrow 25^{\circ}\text{C}$.

Растения выращивались в вегетационных сосудах на почве и в условиях гидропоники на питательном растворе (8).

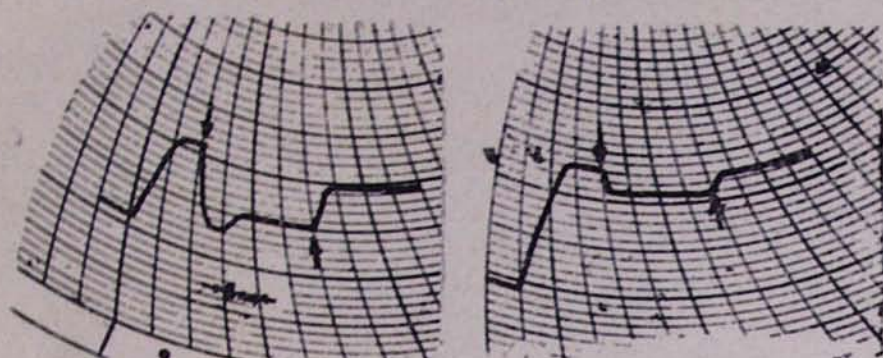
Опыты проводились в специально оборудованной фитокамере, где посредством автономного кондиционера КТ-2 (ГДР) температура воздуха днем поддерживалась в пределах $25 \pm 1^{\circ}$, ночью — $17 \pm 1^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха 62—65% круглосуточно. Растения выращивались при искусственном свете от люминесцентных ламп (8 тыс. лк), продолжительность светового периода 14 часов. При подготовке растений непосредственно к опыту источником досветки служили лампы ДРЛ—500 (10 тыс. лк) для светового насыщения растений (9). Интенсивность наблюдаемого фотосинтеза определяли в токе воздуха при

помощи инфракрасного газоанализатора ГИП-9 (10). Температуру воды в рубашке фотосинтетической камеры изменяли в пределах $25^{\circ} \rightarrow 5^{\circ} \rightarrow 25^{\circ} \text{C}$ путем переключения ультратермостатов (11). Начальная скорость нагревания составляла около 3 град/мин, заданный температурный режим устанавливался примерно через 3—4 мин при быстрых и через 12—14 мин при медленных перепадах. Измерение температуры листа и воздуха проводили микротермометром с микротерминистром МТ-54 Карманова. Расход воздуха—от 120 до 150 л/час при объеме листовой камеры 425 см^3 .

Почва

Гидропоника

Медленный нагрев



Быстрый нагрев

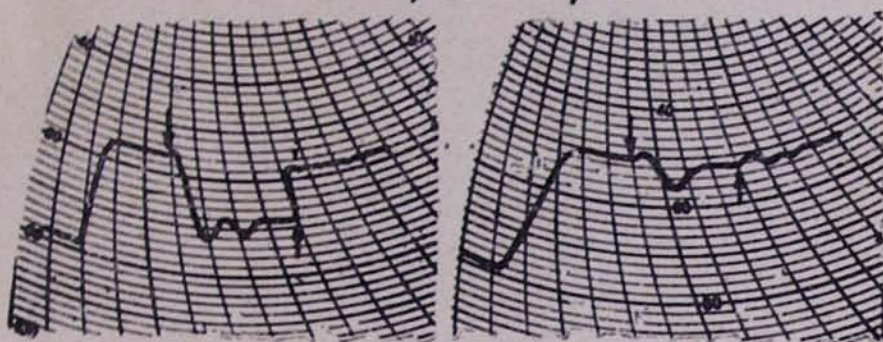


Рис. 1. Временной ход видимого фотосинтеза в записи на круговой диаграмме ГИП-9 в условиях медленных (12—14 мин) и быстрых (3—4 мин) прогреваний листьев в пределах $25^{\circ} \rightarrow 35^{\circ} \rightarrow 25^{\circ} \text{C}$. Стрелками обозначены начало ($\downarrow$) и окончание ($\uparrow$) прогрева.

Опыт начинали после установления стационарного уровня фотосинтеза, который был равен обычно у почвенных растений $7,3\text{—}7,6 \text{ мгСО}_2/\text{дм}^2$ в час, у гидропонических— $9,3\text{—}9,5 \text{ мг}$. Всего было проведено 60 опытов.

Рассмотрим прежде результаты изучения газообмена листьев в том виде, как они представлены на круговых диаграммах анализаторов ГИП-9 (рис. 1) в записи индивидуальных опытов. Отмечается резкое снижение поглощения CO_2 листом в первый момент прогревания. В

приведенных опытах отчетливо видно, что в тот момент, когда происходит смена температуры воды в рубашке фотосинтетической камеры с 25° до 35° (этот момент обозначен на рисунке стрелкой вниз), перо самописца стремительно отходит вниз. Следовательно, на повышение температуры воздуха лист отвечает подавлением фотосинтетической функции. Примечательно, что на быстрое изменение температурного режима листья почвенных и гидропонических растений вначале реагируют несколько более активным поглощением углекислоты (период активации длится от 1 до 3 мин), но затем также наступает угнетение фотосинтеза. Подобная реакция листьев установлена и у других растений (1,10,4) и, по-видимому, это явление можно считать установленным фактом, хотя и его причина до сих пор не ясна. Наши прежние попытки (10) связать это явление с диффузионным фактором не привели к успеху; прямые наблюдения за ходом устьичных движений устьичных щелей в момент повышения температуры окружающего воздуха.

Таблица 1

Влияние скорости нагрева листьев на интенсивность фотосинтеза (в $\text{мгСО}_2/\text{дм}^2$, час) почвенных и гидропонических растений табака при переходах 25°→35°→25°С (продолжительность воздействия—1 час)

Уровни фотосинтеза	Температура среды, °С	Условия выращивания	Характер смены температурного режима	
			медленный (12—13 мин.)	быстрый (3,5—4 мин.)
Стационарный (исходный) уровень фотосинтеза	25°	почва	7.6	7.3
Максимальное подавление фотосинтеза	35°	гидропоника	9.3	9.5
Новый стационарный уровень (после часового прогрева)	25°	почва	4.2	3.0
		гидропоника *	7.4	6.8
		почва	7.0	6.8
		гидропоника	9.2	9.5

По окончании прогревания листа, т. е. вслед за возвращением температуры к первоначальному уровню—25° (отмечено на рисунках стрелкой вверх), интенсивность фотосинтеза тотчас же увеличивается. Нарастание скорости поглощения СО_2 длится в опытах от 3 до 7 минут и затем устанавливается новый стационарный уровень фотосинтеза, как правило, несколько ниже исходного (табл. 1). Исключение составляют гидропонические растения, где как медленные, так и быстрые перепады температур не вызывают глубокой депрессии, а после восстановления исходной температуры уровень фотосинтеза бывает близким или равным исходному. Кроме того, при быстром переходе 35°→25° на кривой газообмена листьев гидропонических растений отмечается, подобно индукционным явлениям в серии темнота—свет (4), «глоток» (активация). Далее наблюдаются одно или несколько колебаний, которые затухают, и затем устанавливается новый стационарный уровень фотосинтеза.

Таким образом, наши опыты показали, что при 10-градусном перепаде температур, независимо от скорости её нарастания, в сущности, вызываются сходные ответные реакции листа: внезапное подавление фотосинтеза в ответ на быстрое повышение температуры листа и активация фотосинтеза сразу же после прекращения нагревания. Новому

стационарному состоянию предшествует переходное состояние. Вместе с тем оказалось, что часовой прогрев листьев у почвенных растений вызывает более глубокую депрессию, чем у гидропонических.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. С. Беликов, С. А. Карапетян. Влияние температуры воздуха на временной ход фотосинтеза. Известия ТСХА, вып. 4, 1966, стр. 3—13.
2. О. А. Семихатова. Последствия температуры на фотосинтез. Бот. журнал, т. 45, № 10, 1960, стр. 1488—1501.
3. K. Vejlby. Induction phenomena in photosynthesis. Physiol. Plantarum, II, № 1 p. 158—169, 1958.
4. В. Е. Семеновский. Особенности углекислотного газообмена в переходных состояниях фотосинтеза при переходе от освещения объекта к темноте. Индуцированное светом выделение CO_2 . Физиология раст., т. II, вып. 3, 1964, стр. 375—384.
5. П. С. Беликов, Г. Б. Асафов. Фотосинтез в условиях внезапного изменения температуры и оводненности листа. Автореф. канд. дисс., М., 1968.
6. М. И. Лютова. Влияние тепловой закалки на фотосинтез и дыхание листьев. Бот. журн., т. 47, № 12, 1962, стр. 1761—1774.
7. О. А. Семихатова. Интенсивность и динамика фотосинтеза молодых листьев кукурузы после различной длительности выдерживания их при высокой температуре. Сб. «Цитологические основы приспособления растений к факторам среды», 55, «Наука», 1964, стр. 55—59.
8. G. S. Davtyan. Factors Contributing to the high productivity of plants under regulated condition. Industrieller pflanzenbau vortragsreihe des 4. Symposiums für Industriellen. Pflanzenbau, page 171—181, Wien, 1971.
9. П. С. Беликов, М. В. Моторина, Р. И. Невская. О природе кратковременной активации фотосинтеза. Изв. ТСХА, вып. 6, 1964, стр. 28—36.
10. С. А. Карапетян. Временной ход газообмена листа в условиях внезапного изменения температуры воздуха. Автореф. канд. дисс., М., 1968.
11. С. А. Карапетян. Ассимиляционные камеры с регулируемым температурным режимом. Доклады ТСХА, вып. 109, 1965, стр. 173—179.

Ս. Ա. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ա. Զ. ՂԵՎՈՆՅԱՆ

**ՆԵՍԼՈՏԻ ՀԻՔՐՈՊՈՆԻԿԱԿԱՆ ԵՎ ՀՈՂԱՅԻՆ ԲՈՒՅՍՆԵՐԻ ՀՈՏՈՍՆԹԵԶԻ
ԺԱՄԱՆԱԿԱՐՆԹԱՅՔԸ՝ ՏԵՐԵՎՆԵՐԻ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ
ՏԱՐԲԵՐ ԱՐԱԳՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐՈՒՄ**

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հետազոտված է ծխախոտի տերևի ջերմաստիճանի դանդաղ (12—14 րոպե) և արագ (3—4 րոպե) փոփոխության ազդեցությունը տեսանելի ֆոտոսինթեզի ժամանակաընթացքի վրա՝ ջերմության 25°—35°—25°-ի սահմաններում: Նկատվել է, որ անկախ ջերմաստիճանի բարձրացման արագությունից տերևի է ունենում ֆոտոսինթեզի կտրուկ ճնշում, իսկ տաքացումը զաղարեցնելուց հետո՝ ֆոտոսինթեզի ակտիվացում: Նկատվել է նաև ծխախոտի հողաշին բույսերի ֆոտոսինթեզի խոր դեպրեսիա՝ հիդրոպոնիկական բույսերի համեմատությամբ:

TEMPORAL COURSE OF PHOTOSYNTHESIS IN THE HYDROPONIC
AND SOIL TOBACCO PLANTS UNDER DIFFERENT RATES OF
TEMPERATURE CHANGES OF THE LEAVES.

S u m m a r y

The temporal course of visible photosynthesis under slow (12—14 min.) and rapid (3—4 min.) rates of changes of the temperature of the leaves within the limits of 25° — 35° — 25°C has been established. Observations have shown that independently of the changes of the rate of temperature there takes place a sharp depression of photosynthesis on the increase of temperature and the activation of photosynthesis when heating is stopped. A deeper depression has been observed in the soil plants of tobacco.