

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ СОИ

ФОТОСИНТЕЗ

Фотосинтез — это основной процесс накопления органического вещества и энергии зелеными растениями. По современным представлениям, высшие растения по типу углеродного метаболизма разделяются на три группы, различающиеся по первичным продуктам фотосинтеза: C_3 -растения в качестве первичного продукта образуют трифосфоглицериновую кислоту (ЗФГК), C_4 -растения — малат и аспарат, содержащие четыре атома углерода; растения-ОКГ (обмен кислот по типу толстянковых) накапливают ночью малат, днем — ЗФГК. Все бобовые, в том числе и соя, относятся к C_3 -растениям. Считается, что C_3 -виды стоят на более низкой ступени в эволюции углеродного метаболизма. От C_4 -видов они отличаются более низким максимумом интенсивности фотосинтеза (15—40 против 40—80 мг $CO_2/дм^2$ у C_4 -видов), медленным оттоком ассимилятов, низкой эффективностью использования азота, высоким коэффициентом транспирации (450—950 против 250—350 г H_2O на 1 г сухого вещества у C_4 -видов) и, как следствие, пониженной продуктивностью (Лархер, 1978; Black, 1973; Bassham, 1977; Brown, 1978).

Световое насыщение фотосинтеза у C_3 -видов происходит при относительно низкой освещенности, для сои оно наблюдается при интенсивности света, равной примерно 23 672 лк (Bohning, Burnside, 1956). Имеются данные о стимулировании фотосинтеза у сои при свете, обогащенном коротковолновой радиацией (Станко, Гордиенко, Кройтер, 1965).

В силу присущего C_3 -видам типа углеродного метаболизма у них наблюдается активная стимуляция фотосинтеза в атмосфере с повышенным содержанием CO_2 . Высокий эффект действия повышенных концентраций

CO₂ обусловлен не только стимуляцией фотосинтеза, но и одновременным ингибированием фотодыхания (Быков, 1980). Помимо освещенности, спектрального состава света, концентрации CO₂ на интенсивность фотосинтеза оказывает значительное влияние температура окружающей среды. По мнению большинства исследователей, оптимум дневной температуры воздуха не превышает 25°C. Оптимум температуры почвы не установлен, но имеются сведения, что при 20°C в зоне корней интенсивность фотосинтеза значительно повышалась по сравнению с вариантом, где температура в зоне корней была равна 13°C: 130 против 70 мкг CO₂/ч на 1 см² листовой поверхности (Duke et al., 1979).

Интенсивность фотосинтеза изменяется с возрастом растений. Сое, как и другим растениям, свойственна высокая интенсивность в начале вегетации. После окончания цветения максимальный уровень фотосинтеза отмечен на первой неделе, содержание крахмала, хлорофилла и белка увеличивалось к четвертой неделе, а к десятой снижалось до начального уровня (Wittenbach et al., 1980). По-видимому, во второй половине вегетации нарушается высокая корреляция между содержанием хлорофилла и интенсивностью фотосинтеза, свойственная бобовым на ранних фазах (Mächler, Nösberger, 1978). По данным, опубликованным в обзоре «Соя» под редакцией Нормана (1970), концентрация хлорофилла в листьях сои варьирует от 100 до 300 мг/100 г сырой массы, снижаясь с возрастом растений. Содержание каротина и ксантофила в начале вегетации, равное соответственно 12—16 и 43—47 мг/100 г, также падало к концу вегетации. Соотношение хлорофилла и желтых пигментов у сои зависит от снабжения растений кальцием и магнием. При преобладании кальция листья содержат относительно меньше хлорофилла и больше желтых пигментов. Изменений хлорофилла в течение суток не обнаружено. Соотношение хлорофилла а и b больше при 16-часовом световом дне, чем при 8-часовом.

Содержание хлорофилла в листьях растений сортов селекции ВНИИМК Быстрица, Волна, ВНИИМК 9186, Кубань, Комсомолка было очень близким и составляло при оптимальных условиях выращивания (водообеспеченность, питание, освещенность) 500 мг/100 г сырой массы с максимумом в период образования бобов. При

раздельном стоянии растений листья среднего яруса содержат хлорофилла, как правило, на 8—10% больше, чем закончившие рост листья верхнего яруса. С увеличением густоты стояния различия по содержанию хлорофилла между листьями разных ярусов достигают 16—20%.

На содержание хлорофилла в листьях растений сои значительно влияют условия выращивания. Очень резко у всех изученных сортов снижается концентрация хлорофилла в листьях всех ярусов при сочетании высоких дневных температур (34—38°C) с воздушной засухой (влажность почвы поддерживалась поливами на уровне 70% ПВ). При таких условиях независимо от фазы развития содержание хлорофилла может снизиться до 150—210 мг/100 г сырой массы. После снятия экстремальных условий содержание хлорофилла в листьях восстанавливается. При почвенной засухе, наступающей постепенно, содержание хлорофилла в расчете на сырую массу увеличивается на 25—30%. При резком, хотя и кратковременном, завядании происходит потеря хлорофилла; после отлива растений содержание его до уровня контрольных растений не восстанавливается.

На содержание хлорофилла значительно влияет уровень азотного питания; особенно чувствительны к нему молодые растения сои; в более поздний период различия, как правило, менее четкие (табл. 13).

13. Содержание хлорофилла в листьях сои при различных уровнях азотного питания (ВНИИМК, 1980 г.), мг/100 г сырого вещества

Варианты опыта	В фазу ветвления	В фазу начала цветения
Контроль (без удобрений, без нитрагина)	264	261
Нитрагин	300	289
Нитрагин + N ₆₀ P ₉₀ , осенью	330	291
Нитрагин + N ₆₀ P ₉₀ , весной	338	282
Нитрагин + N ₃₀ P ₉₀ весной	312	298

Распределение продуктов фотосинтеза у растений сои изучено довольно полно. В вегетационный период верхние взрослые листья снабжают ассимилятами точку роста и молодые растущие листья. Листья средних ярусов

направляют ассимиляты и к растущим листьям, и в корни; листья нижних ярусов снабжают в основном корни (Беликов, 1955а, 1962) Ассимиляты оттекают у сои из листа преимущественно в форме сахарозы (Claus et al., 1966). Перед цветением и в период цветения распределение фракций ассимилятов (сахара, аминокислоты, органические кислоты) было одинаковым и не зависело от наличия азотфиксирующих клубеньков (Housley et al., 1979). Перед началом генеративного периода вегетативный рост растений сои замедляется, а с момента образования плодов во всех узлах прекращается (Беликов, 1962; Беликов, Воронкова, 1978). Все ассимиляты оттекают в бобы, где распределяются между створками и семенами. Из листьев поступает в семена около 70% сахаров, 8% аминокислот и 3% органических кислот. Среди сахаров доминирует сахароза.

В 50-60 годах было показано, что у сои ассимиляты каждого листа оттекают преимущественно в бобы своего узла (Беликов, 1955б, 1963) и только под влиянием неблагоприятных условий (затенение, переувлажнение) происходит их нелокальное распределение (Беликов, 1972; Бартков, 1973; Бартков, Зверева, 1974). Позднее были получены данные о том, что нелокальное распределение ассимилятов присуще сое, как и всем растениям трибы фасолиевых, и не может рассматриваться как ситуационное. Чем выше на стебле лист, тем относительно меньшая часть ассимилятов оттекает в свои бобы и тем большая часть транспортируется в другие преимущественно ниже расположенные бобы. Из верхних листьев их оттекает более 50%. Плоды ветвей получают ассимиляты из близкорастущих листьев и частично из листьев главного стебля (Холупенко, Медяников, 1978; Бартков, 1978, и др.).

ВОДНЫЙ РЕЖИМ РАСТЕНИЙ

Различают активное поглощение воды корнями растений, не зависящее от испарения ее надземной массой, и пассивное, связанное с транспирацией. Интенсивность активной подачи воды зависит от многих причин и прежде всего от мощности корневой системы. Петерс и Джонсон (Норман и др., 1970) сообщают, что растения сои даже в условиях орошения поглощают воду из самых