

## Фотосинтез и Продуктивность Сои [*Glycine max* (L.) Merr.]

Д.А. Алиев<sup>1,2\*</sup>, Р.С. Мирзоев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт земледелия МСХ Азербайджана, Пиршаги, Баку AZ 1098, Азербайджан, \*E-mail: aliyej@botany-az.org

<sup>2</sup>Институт ботаники НАН Азербайджана, Бадамдарское шоссе, 40, Баку AZ 1073, Азербайджан

Изучены особенности углекислотного газообмена листьев генотипов сои, выращенных в полевых условиях на большой площади и контрастных по продолжительности вегетационного периода, фотосинтетическим признакам и продуктивности. Выявлены сортовые различия в точном и онтогенетическом ходе изменения фотосинтеза и фотодыхания. Установлено, что активный период фотосинтетического аппарата у высокоурожайных генотипов сои продолжается более длительное время. Интенсивность фотосинтеза и скорость выделения CO<sub>2</sub> на свету за счет фотодыхания больше у высокоурожайных генотипов. Величина фотодыхания у контрастных генотипов сои составляет около 28-35% от интенсивности фотосинтеза. Отношение истинного фотосинтеза и фотодыхания у генотипов с различной продуктивностью достаточно постоянно в течение онтогенеза, что свидетельствует о прямой положительной корреляции между истинным фотосинтезом и фотодыханием.

**Ключевые слова:** фотосинтез, фотодыхание, продуктивность, генотипы сои

### ВВЕДЕНИЕ

Соя - растение семейства бобовых, родиной которого является восточная Азия. Она является одним из самых древних культурных растений. О возделывании сои упоминается в самой ранней китайской литературе, относящейся к периоду 3-4 тысячелетий до нашей эры. Внимание к себе она привлекла лишь в XIX веке, и с тех пор начала широко распространяться по всему земному шару. Культурная соя широко возделывается в Азии, Южной Европе, Северной и Южной Америке, Центральной и Южной Африке, Австралии, на островах Тихого и Индийского океанов на широтах от экватора до 55-60°.

Сою часто называют «чудо-растением» - этот интерес обусловлен высококачественным составом ее зерна, содержащего в зависимости от сорта и условий произрастания - 35-55% легкоусвояемого белка, 17-27% жира, до 30% углеводов, витамины и др. Среди всех возделываемых в мире сельскохозяйственных культур соя является одной из самых высокобелковых. Благодаря богатому и разнообразному химическому составу, она широко используется как продовольственная, кормовая и техническая культура, имея при этом большое агротехническое значение (Алиев и Акперов, 1995; Aliyev and Akperov, 1998; Ososki and Kennelly, 2003; Pimentel and Patzek, 2008; Sakai and Kogiso, 2008). Соя также обладает способностью усваивать атмосферный азот (Burris and Roberts, 1993) и, следовательно, требует минимальных затрат на азотные удобрения, что часто считается еди-

ничным огромным энергетическим вкладом в сельское хозяйство.

Мировая продукция сои в 2009 г. составила около 210, 8 млн. тон (Soystats, 2010). Потребление продуктов на основе сои усиливается по всему миру благодаря описанному целебному воздействию, включающему снижение уровня холестерина, предотвращение рака, диабета и ожирения, защиту против кишечных и почечных заболеваний (Friedman and Brandon, 2001).

Соя - однолетнее растение, корневая система стержневая. У всех видов рода Соя, листья тройчатосложные, изредка встречаются 5, 7 и 9-листочковые, с опущенными листочками и перистым жилкованием.

Процесс фотосинтеза является основным звеном в общей продуктивности растений. Соя, как и большинство сельскохозяйственных культур, относится к так называемым C<sub>3</sub>-растениям. У них одновременно с фотосинтезом происходит выделение из листьев части ассимилированной углекислоты в процессе дыхания на свету (Sharkey, 1988). Это приводит к тому, что реальная величина ассимиляции CO<sub>2</sub> у C<sub>3</sub>-растений оказывается значительно меньше осуществляемого фотосинтеза. Поскольку фотодыхание снижает эффективность фотосинтеза, многие исследователи считали его ненужным и даже расточительным процессом (Zelitch, 1971, 1975; Ogren, 1975, 1976; Chollet and Ogren, 1975; Holaday and Chollet, 1984; Peterhansel and Maurino, 2011). Формировалась концепция о возможности значительного повышения продуктивности C<sub>3</sub>-растений путем отбора форм с понижен-

ной интенсивностью фотодыхания. Предположение о расточительстве фотодыхания и стремление уменьшить или блокировать полностью его с целью повышения продуктивности у различных исследователей продолжалось с 70-х г. до 2010 г. в разных научных центрах.

Предлагалось искать пути ингибирования или снижения фотодыхания с помощью химических средств или генетическим способом (Zelitch, 1971, 1975, 1992; Ogren, 1975, 1976; Servaites and Ogren, 1977; Kebeish et al., 2007; Maurino and Peterhansel, 2010). Однако ингибиторы, подавляющие гликолатный метаболизм, не уменьшали фотодыхание и не увеличивали интенсивность фотосинтеза (Servaites and Ogren, 1977). Кроме того, на основании теории взаимосвязи фотосинтеза и фотодыхания, основанной на конкуренции между  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  за 1,5-рибулозобисфосфаткарбоксилазу, которая проявляется на уровне карбоксилазно-оксигеназной функции этого фермента, показано существование положительной связи между процессами фотосинтеза и фотодыхания при постоянной внутриклеточной концентрации  $\text{CO}_2$  (Алиев и др., 1988; Aliev et al., 1996).

В данной работе приводятся результаты комплексных исследований компонентов углекислотного газообмена листьев у генотипов сои, контрастных по продуктивности и фотосинтетическим признакам в естественных условиях выращивания.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыты проводились на орошаемом участке экспериментальной базы Азербайджанского НИИ земледелия, расположенном на Апшеронском полуострове. Объектами исследования служили генотипы сои [*Glycine max* (L.) Merr.], различающиеся по росту, архитектонике, продолжительности вегетационного периода, продуктивности и другим морфофизиологическим признакам: Раняя-10, Быстрица, Волна, ВНИИМК-3895, Комсомолка, Провар, ВНИИМК-9, Пламя, Бийсон и Высокорослая -3 (Рис. 1-4). Генотипы Быстрица и Волна - низкорослые (40-55 см), скороспелые (вегетационный период 80-90 дней), листья мелкие, кусты сжатые, низкоурожайные (2-2,3 т/га). Комсомолка и ВНИИМК-3895 – среднерослые (60-70 см), среднеспелые (вегетационный период от 115 до 126 дней), зерно средней крупности, отличаются полусжатой формой куста, средней ветвистостью, высоким прикреплением нижних бобов, высокоурожайные (3,5- 4,0 т/га). Генотип Раняя -10 - низкорослый, вегетационный период от 110 до 115 дней, зерно мелкое, имеет полусжатую форму куста, высокоурожайный (3,3 т/га). Сорта Провар,

Бийсон, ВНИИМК-9, Высокорослая-3 и Пламя относятся к высокорослой группе (80-115 см), среднеспелые (вегетационный период 120-138 дней), зерно крупное, характеризуются широкой формой куста, среднеурожайные (2,5-3,0 т/га). Сорт Провар и Бийсон интродуцированы из США, остальные сорта выведены во Всесоюзном научно-исследовательском институте масличных культур (ВНИИМК).

Все генотипы выращены в идентичных полевых условиях на большой площади с соблюдением всех требований агротехники выращивания и опытного дела (Рекомендации по возделыванию сои, 1978; Алиев и др., 1981, 1982; Алиев и Акперов, 1985; Мирзоев, 1990). Площадь учетной делянки 54 м<sup>2</sup>, полевые опыты проведены в 4-кратной повторности с оптимальным расстоянием междурядья 60 см. Высокий агрофон (оптимальные условия минерального питания) применен в целях установления потенциальных фотосинтетических продуктивностей исследуемых сортов сои (Алиев и Акперов, 1985, 1986).

Посев проводили в третьей декаде апреля, при температуре почвы не менее 12-13°C. Влажность почвы поддерживали на уровне 70-75% от полной влагоемкости почвы (ПВ). В течение вегетационного периода проводились фенологические наблюдения за ростом и развитием растений.

Для измерения интенсивности углекислотного газообмена был использован инфракрасный газоанализатор URAS-2Т («Хартман и Браун», ФРГ) в открытой системе тока (Алиев и др., 1996). Была изготовлена специальная термостатируемая листовая камера из латуни с окнами из оптического стекла площадью 10 см<sup>2</sup>.

Интенсивность фотодыхания определяли по разности величин скорости выделения  $\text{CO}_2$  на свету без  $\text{CO}_2$  и темнового дыхания.

Ассимиляционную поверхность листьев измеряли с помощью автоматического измерителя площади «ААС-400» («Kayashi» Delkon Co LTD, Япония). Удельную поверхностную плотность (УПП) листа рассчитывали по отношению его сухой массы к площади. ФАР рассчитывали по методу (Тооминг и Гуляев, 1967). Данные обработаны статически на 5%-ном уровне значимости (Доспехов, 1985).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ морфофизиологических признаков и урожая сортов сои показывает, что основными факторами урожайности являются условия функционирования всех фотосинтезирующих

систем на уровне посева, определяемые условиями возделывания, особенно минеральным питанием и орошением. Показано, что высокий агрофон способствует росту урожайности и значительному улучшению качества зерна (Алиев и Акперов, 1986). Генотипы интенсивного типа при оптимальной архитектонике обладают высокой фотосинтетической деятельностью и обеспечивают получение высокого (3,5-4,0 т/га) и качественного (40% белка) урожая сои.

Вклад листьев в общую ассимиляцию  $\text{CO}_2$  в значительной степени зависит от их ярусного расположения и пространственной ориентации

(Алиев и Акперов, 1985; Мирзоев, 1990). Физиологически активные листья средних ярусов (9,10, 11) с более высокой удельной поверхностной плотностью ( $0,44 - 0,51 \text{ г/дм}^2$ ) обладают более интенсивным поглощением  $\text{CO}_2$  по сравнению с листьями остальных ярусов. Листья верхних ярусов по сравнению с нижними также обладают максимальной величиной УПП и интенсивности фотосинтеза. Очевидно, повышение УПП верхних и средних ярусов при благоприятной освещенности приводит к тому, что нижние слои находятся при недостаточной для активного фотосинтеза освещенности.



Рис. 1. Генотип сои [*Glycine max* (L) Merr.].



Рис. 2. Посевы различных генотипов сои.



Рис. 3. Измерение интенсивности фотосинтеза и фотодыхания у генотипов сои в полевых условиях.



Рис. 4. Сбор урожая генотипов сои.

Сравнительное исследование интенсивности фотосинтеза в течение дня показало, что дневные изменения интенсивности фотосинтеза листьев независимо от генотипов характеризуются двухвершинными кривыми, показывающими резкое возрастание интенсивности фотосинтеза в утреннее (9-11 ч) и вечернее (16-18 ч) время, с полуденной депрессией (Рис. 5-7). Фотосинтез листьев низкоурожайного генотипа Быстрица начинается, примерно, около 7 ч утра, быстро возраста-

ет с восходом солнца и достигает своего максимального значения к 11 ч. Затем интенсивность фотосинтеза к 14-15 ч резко падает и наблюдается его самое низкое значение за день. После 15 ч начинается второй подъем. Следует отметить, что солнечная радиация к 14 ч была наибольшей и составляла  $0,44 \text{ кал/см}^2 \text{ мин}$ .

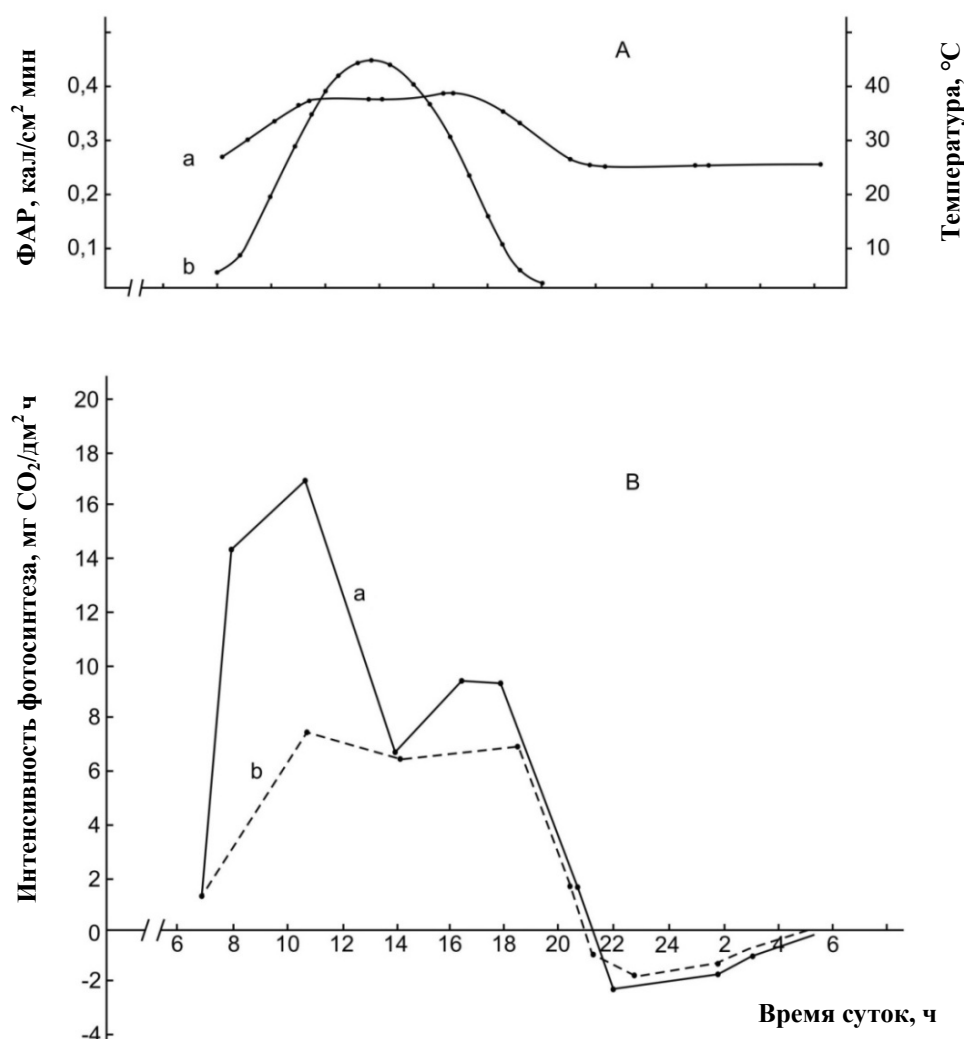
Изменение температуры окружающей среды и ФАР за сутки показывает, что их максимальное значение достигается к 12-16 ч (Рис. 5

А). В это время и происходит дневная депрессия фотосинтеза. В полуденное время спад ассимиляции  $\text{CO}_2$  обуславливается повышением температуры листьев, вследствие чего усиливается дыхание, нарушается водный режим, ослабляется отток ассимилятов и изменяются другие физиологические процессы.

В вечерние часы понижается интенсивность фотосинтеза и наблюдается углекислотный компенсационный пункт. С наступлением темноты фотосинтетический газообмен переходит на дыхательный и наблюдается выделение углекислотного газа в результате дыхания. В ночные часы интенсивность темнового дыхания дости-

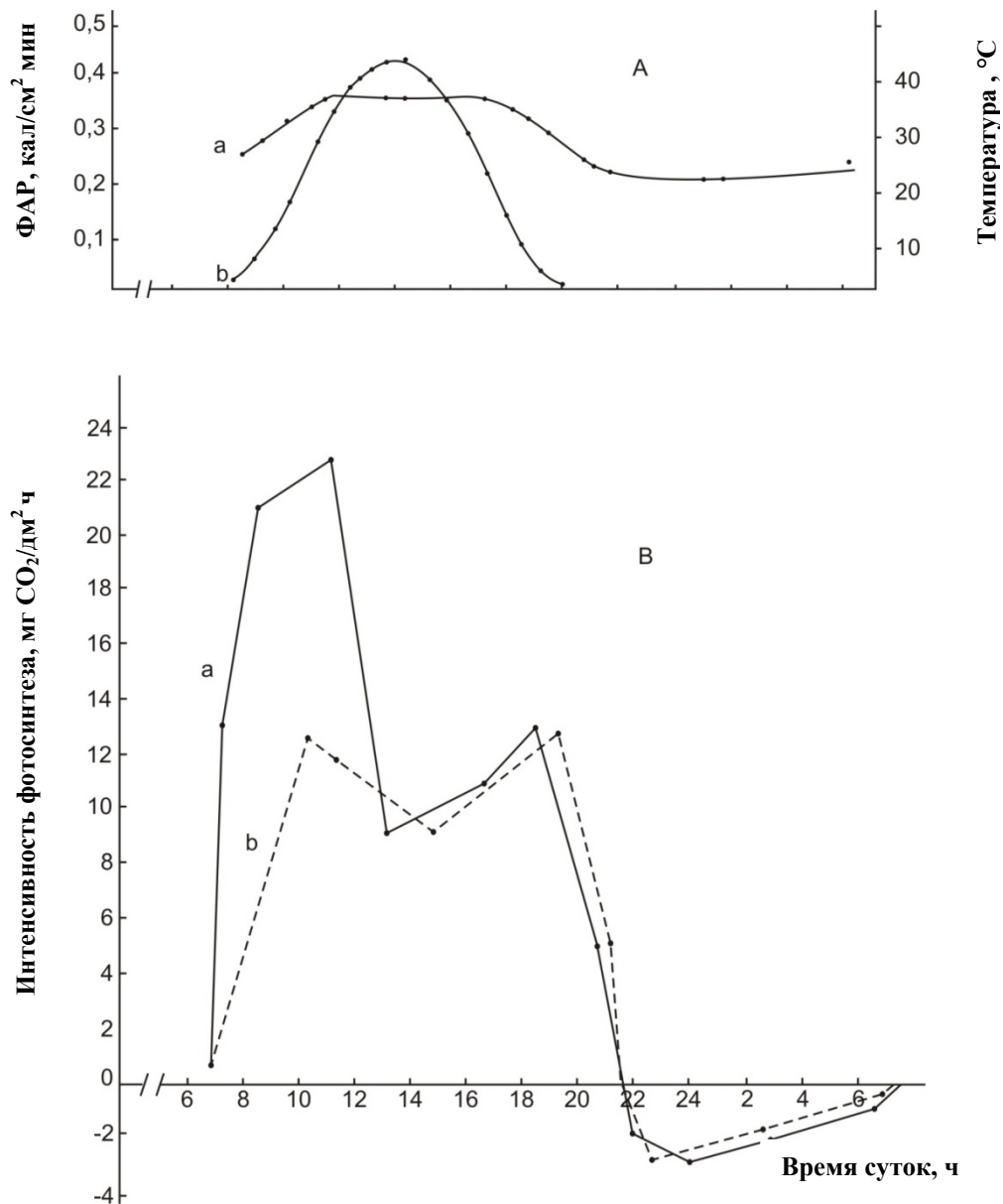
гает своего максимального значения и проявляется тенденция к его уменьшению. После 5-6 ч интенсивность выделения  $\text{CO}_2$  за счет темнового дыхания резко уменьшается, а после 7 ч утра с выходом солнца дыхательный газообмен переходит к фотосинтетическому, который в течение короткого времени резко возрастает.

Высокоурожайные генотипы отличаются более высокой интенсивностью фотосинтеза, чем листья низкоурожайных генотипов. Аналогичная картина наблюдается и в динамике дыхательного газообмена. В течение ночного периода высокоурожайные генотипы имеют относительно высокую интенсивность дыхания.



**Рис. 5.** Суточная динамика интенсивности газообмена листьев у низкоурожайного генотипа Быстрица в фазе налива зерна.

Аа – температура окружающей среды, Аб – ФАР; Ва – интенсивность газообмена листьев растений, выращенных при применении минеральных элементов; Вб – интенсивность газообмена листьев растений, выращенных без применения минеральных элементов (контроль).

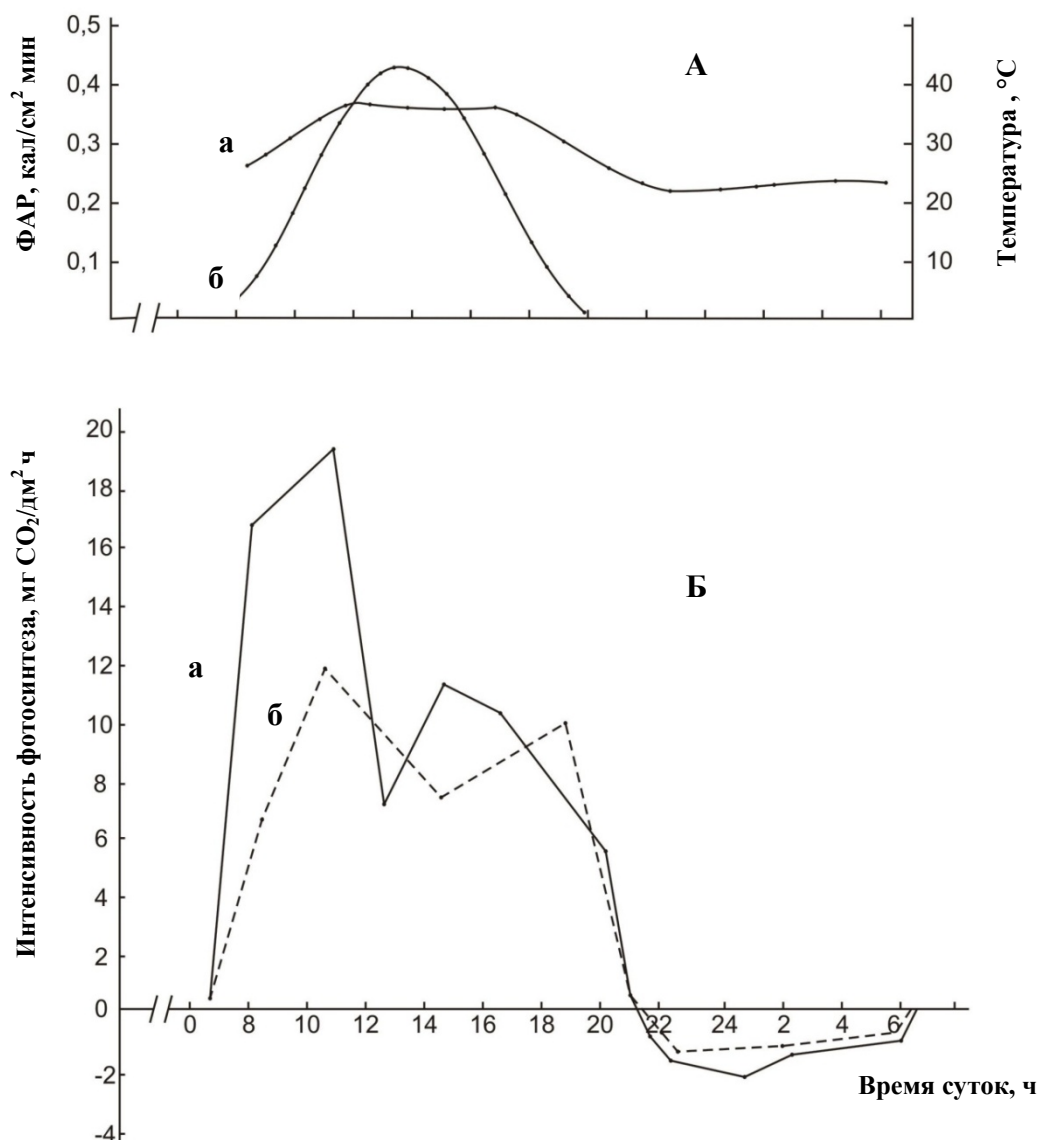


**Рис. 6.** Суточная динамика интенсивности газообмена листьев высокоурожайного генотипа Комсомолка в фазе налива зерна. Аа – температура окружающей среды, Аб – ФАР; Ва – интенсивность газообмена листьев растений, выращенных при применении минеральных элементов; Вб – интенсивность газообмена листьев растений, выращенных без применения минеральных элементов (контроль).

Листья нижнего и среднего ярусов у высокоурожайных генотипов в фазе ветвления поглощают  $\text{CO}_2$  несколько больше, чем листья соответствующих ярусов среднеурожайных генотипов. У всех генотипов в этой фазе больше  $\text{CO}_2$  поглощают листья среднего яруса (Рис. 8). В фазе цветения интенсивность ассимиляции  $\text{CO}_2$  резко увеличивается у всех генотипов и во всех ярусах, но максимальное поглощение  $\text{CO}_2$  наблюдается в листьях среднего яруса. В фазе формирования бобов интенсивность листьев нижнего яруса сильно падает. На протяжении всего периода вегетации наибольшей интенсив-

ностью фотосинтеза отличались листья среднего яруса. К концу вегетации оставалась высокой и активность листьев верхнего яруса.

В онтогенезе генотипы сои, контрастные по гено- и фенотипическим особенностям, отличаются как по максимальной величине интенсивности фотосинтеза, так и по продолжительности их высокоактивного периода (Рис. 9). Интенсивность фотосинтеза листьев различных генотипов сои, начиная с фазы ветвления, постепенно возрастает и достигает максимума в фазе цветения - формирования бобов и затем снижается в конце фазы формирования бобов.



**Рис. 7.** Суточная динамика интенсивности газообмена листьев у среднеурожайного генотипа Провар в фазе налива зерна.

Аа – температура окружающей среды, Аб – ФАР; Ба – интенсивность газообмена листьев растений, выращенных при применении минеральных элементов; Бб – интенсивность газообмена листьев растений, выращенных без применения минеральных элементов (контроль).

При этом листья у высокоурожайных генотипов (ВНИИМК-3895 и Комсомолка) во все фазы развития, особенно в период цветения и формирования бобов, более интенсивно поглощают  $\text{CO}_2$  и поддерживают высокую интенсивность фотосинтеза более длительное время. Сорт ВНИИМК-3895 вступает в фазу формирования бобов на 5-8 дней раньше и в течение 10-15 дней интенсивность фотосинтеза поддерживается на высоком уровне. Самый длинный период цветения - формирования бобов отмечен у этого сорта (в среднем 53 дней за четыре года). Следовательно, в накоплении урожая зерна основную роль играет не общая длина вегетационного периода, а продолжительность периода формирования бобов и на-

лива зерна (Мирзоев, 1988 а, б; Акперов и Мирзоев, 1990; Алиев и др., 1992).

В отличие от средне- и высокорослых генотипов, низкорослые скороспелые генотипы (Быстрица и Волна) характеризовались непродолжительным периодом высокого значения интенсивности фотосинтеза. Это указывает на то, что скороспелость и низкорослость не всегда сопровождаются высоким значением интенсивности фотосинтеза. Среднеурожайный генотип Пламя при относительно невысоком поглощении  $\text{CO}_2$  (23.3 мг  $\text{CO}_2/\text{дм}^2\text{час}$ ) характеризуется более продолжительным активным периодом, а по урожайности уступает среднерослым генотипам (Рис. 9).

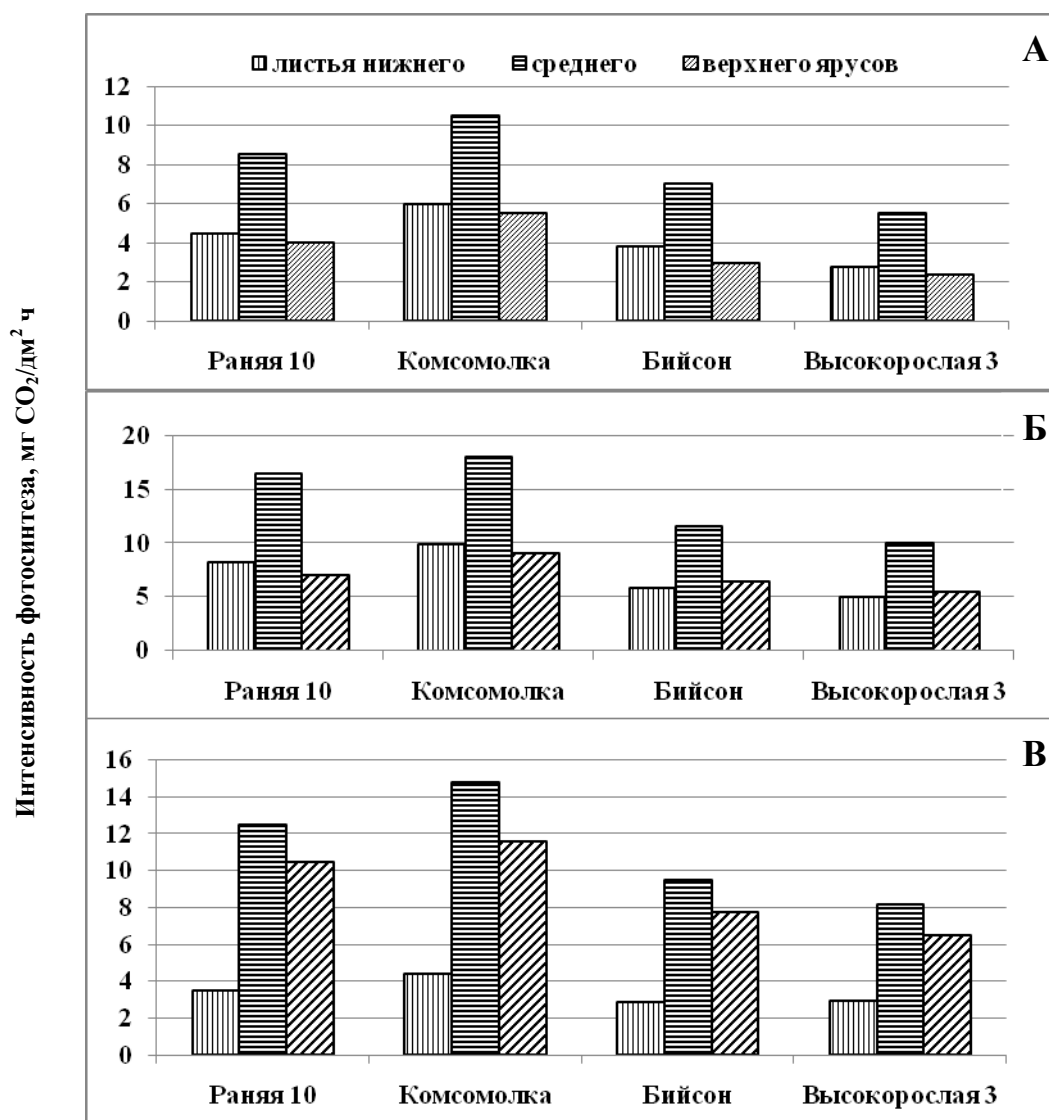


Рис. 8. Сезонная динамика интенсивности фотосинтеза листьев различных ярусов низкорослых высокоурожайных (Раняя), среднерослых высокоурожайных (Комсомолка) и высокорослых среднеурожайных (Бийсон, Высокорося 3) генотипов сои: А - фаза ветвления, Б - цветение, В - начало формирования бобов.

Улучшение условий выращивания значительно способствует активизации фотосинтетической деятельности растений в посеве. При этом интенсивность фотосинтеза повышается на 30-50%. Соя, как большинство сельскохозяйственных культур, относящихся к С<sub>3</sub>-растениям, имеет активное фотодыхание, на которое тратится часть продуктов фотосинтеза.

Изменение составляющих углекислотного газообмена, за исключением темнового дыхания, у всех исследованных генотипов в онтогенезе происходит пропорционально (Рис. 10-11). Максимальная величина этих составляющих, наблюдается у низкоурожайных сортов (Быстрица и Волна) к 60-дневному возрасту, у высокоурожайных (ВНИИМК - 3895 и Комсомолка) и среднеурожайных (Провар и ВНИИМК-9) к 80-дневному, а у Пламя к 90-дневному возрасту.

Отношение истинного фотосинтеза и фотодыхания в онтогенезе листьев довольно постоянно и составляет у низкоурожайных сортов в среднем 29%, у высокоурожайных - 35% и у среднеурожайных - 28% (Мирзоев, 1988 а, б, 1990; Алиев и др., 1992). Это означает, что при фотодыхании тратится около трети углерода, ассимилированного при фотосинтезе.

Одинаковый характер изменения интенсивности истинного фотосинтеза и фотодыхания в течение вегетации доказывает существование положительной связи между ними.

Количественная характеристика составляющих углекислотного газообмена показывает, что если принять величину истинного фотосинтеза за 100%, тогда величина наблюдаемого фотосинтеза у растений I группы в среднем составляет 65%, фотодыхания - 29%, темнового дыхания - 6%,



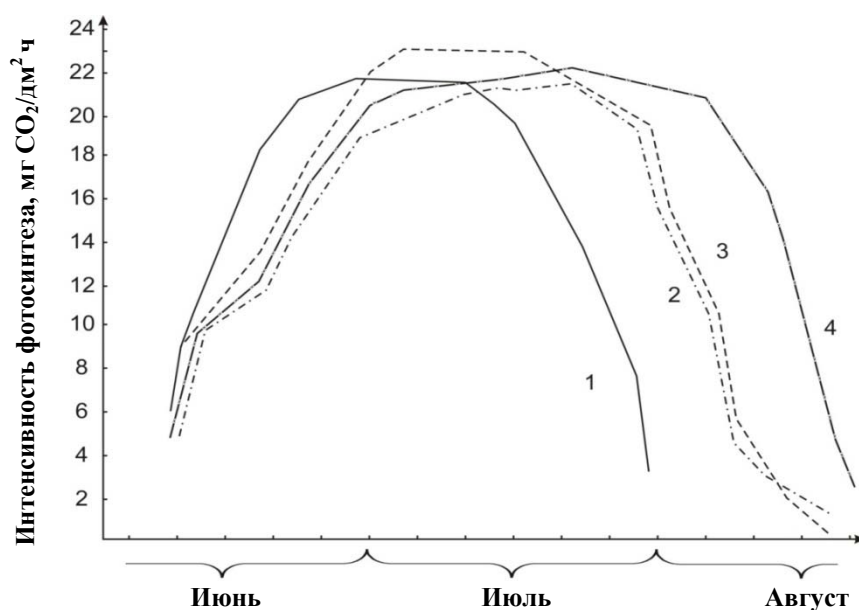


Рис. 9. Онтогенетические изменения интенсивности фотосинтеза у различных генотипов сои. 1 - Волна; 2 - ВНИИМК-9; 3 - ВНИИМК-3895; 4 - Пламя.

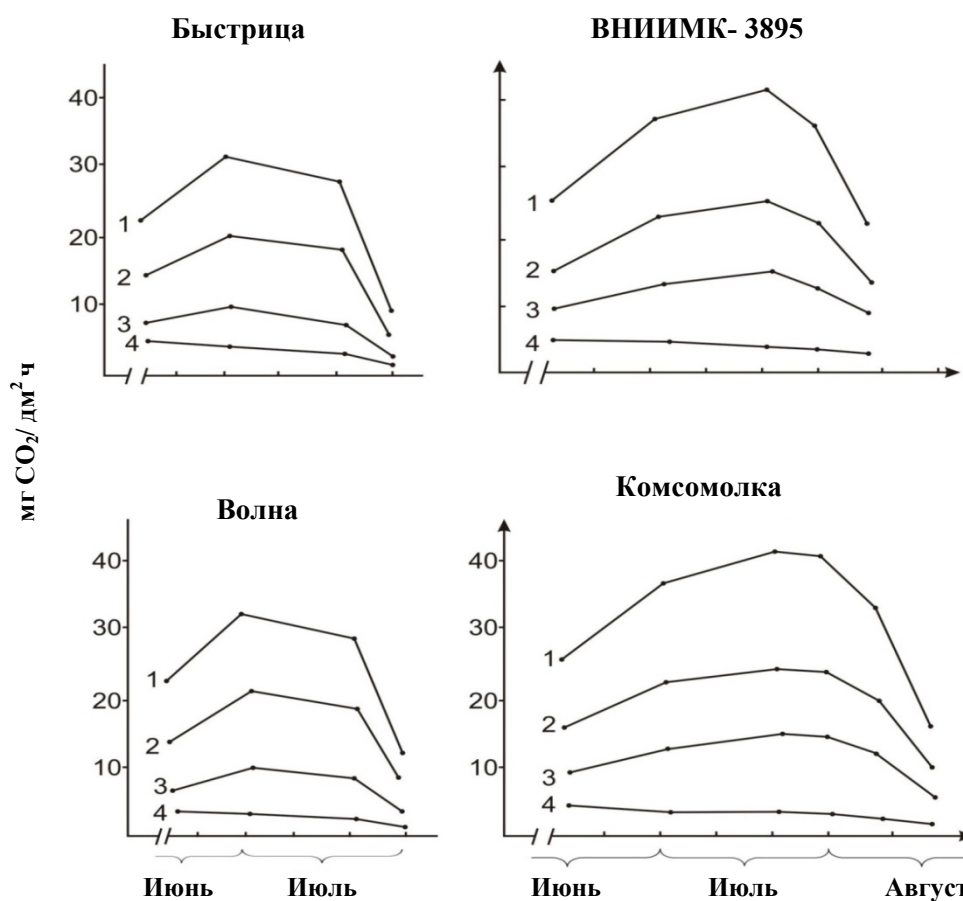
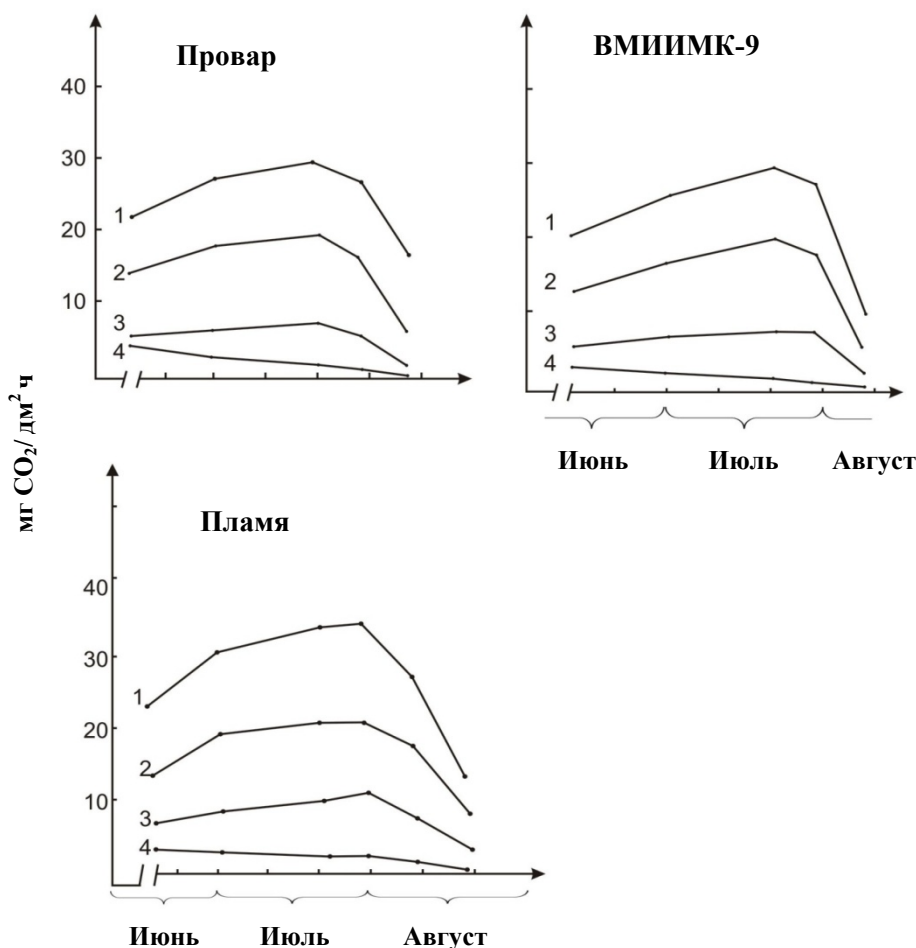


Рис. 10. Составляющие углекислотного газообмена листьев из низкоурожайных (Быстрица, Волна) и высокоурожайных (ВНИИМК, Комсомолка) генотипов сои: 1 - истинный фотосинтез; 2 - наблюдаемый фотосинтез; 3 - фотодыхание; 4 - темновое дыхание.



**Рис. 11.** Составляющие углекислотного газообмена листьев среднеурожайных (Провар, ВМИИМК-9 и Пламя) генотипов сои:  
1 - истинный фотосинтез; 2 - наблюдаемый фотосинтез;  
3 - фотодыхание; 4 - темновое дыхание.

II группы - 60%, 35%, 5% и III группы - 66%, 28% и 6 %, соответственно. Эти данные показывают, что в процессе выделения СО<sub>2</sub> на свету основная роль принадлежит фотодыханию, величина которого больше у высокоурожайных генотипов сои по сравнению с низкоурожайными.

На основании этих результатов можно сделать вывод, что попытки обнаружить или получить высокопродуктивные генотипы с высокой интенсивностью фотосинтеза и низким фотодыханием малоперспективны и целесообразно в селекционной работе ориентироваться на генотипы с высокой интенсивностью и фотосинтеза, и фотодыхания.

Таким образом, для целенаправленной селекции высокоурожайных генотипов сои предлагаются следующие параметры: форма листа компактная, листья средней крупности, располагающиеся преимущественно в среднем ярусе, с высокой интенсивностью фотосинтеза и фотодыхания, высокой удельной поверхностной плотностью и более длительным периодом образования бобов - налива зерна.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акперов З.И., Мирзоев Р.С.** (1990) Фотосинтетические признаки различных генотипов сои, отличающиеся по урожайности. Вестник с/х-науки АзССР, Баку **2**: 6-9.
- Алиев Д.А., Акперов З.И.** (1985) Динамика структуры посевов и фотосинтетические признаки генотипов сои. Известия АН Азербайджанской ССР (серия биологических наук) **3**: 3-10.
- Алиев Д.А., Акперов З.И.** (1986) Представление об идеальной сое. Известия АН Азербайджанской ССР (серия биологических наук) **2**: 3-11.
- Алиев Д.А., Акперов З.И.** (1995) Фотосинтез и урожай сои. Москва-Баку, Родник: 126 с.
- Алиев Д.А., Акперов З.И., Набиев М.Г.** (1981) Возделывание сои в орошаемых условиях Азербайджанской ССР (Рекомендации). Баку: 8 с.
- Алиев Д.А., Акперов З.И., Набиев М.Г.** (1982) Возделывание сои на орошаемых землях Азербайджанской ССР. Баку, Азернешр: 54 с.

- Алиев Д.А., Ахмедов А.А., Мирзоев Р.С.** (1992) Динамика компонентов углекислотного газообмена листьев сои в полевых условиях. Известия АН Азербайджанской ССР (серия биологических наук) **1-6**: 76-82.
- Алиев Д.А., Гулиев Н.М., Керимов С.Х., Идаятов Р.Б.** (1988) Ферменты первичного акцептирования CO<sub>2</sub> в онтогенезе флагового листа генотипов пшеницы. Известия АН АзССР (серия биологических наук) **4**: 12-20.
- Алиев Д.А., Керимов С.Х., Гулиев Н.М., Ахмедов А.А.** (1996) Особенности метаболизма углерода у генотипов пшеницы, контрастных по фотосинтетическим признакам. Физиол. раст. **43(1)**: 42-48.
- Доспехов В.А.** (1985) Методика полевого опыта. Москва, Агропромиздат: 351 с.
- Мирзоев Р.С.** (1988 а) Сезонные изменения интенсивности фотосинтеза различных генотипов сои. Тезисы докладов IV республиканской конференции. Баку: 78.
- Мирзоев Р.С.** (1988 б) Углекислотный газообмен и фотосинтетические признаки различных генотипов сои. Тезисы докладов республиканской конференции аспирантов и молодых научных работников. Тбилиси: 38.
- Мирзоев Р.С.** (1990) Обмен CO<sub>2</sub> генотипов сои, отличающихся по фотосинтетическим признакам и продуктивности. Автореф. дис. канд. биол. наук. Баку: 22 с.
- Рекомендации по возделыванию сои** на орошаемых землях Северного Кавказа (1978) Краснодар: 19 с.
- Тооминг Х.Г., Гуляев Б.И.** (1967) Методика измерения фотосинтетически активной радиации. Москва, Наука: 143 с.
- Aliyev D.A., Akperov Z.I.** (1998) Fotosinteza și recolta de soia. Știninta, Chișina: 127 p.
- Burris R.H., Roberts G.P.** (1993) Biological nitrogen fixation. Annu. Rev. Nutr. **13**: 317-335.
- Chollet R., Ogren W.L.** (1975) Regulation of photorespiration in C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> species. Bot. Rev. **41(2)**: 137-179.
- Friedman M., Brandon D.L.** (2001) Nutritional and health benefits of soy proteins. J. Agric. Food Chem. **49**: 1069-1086.
- Holaday A.S., Chollet R.** (1984) Photosynthetic/photorespiratory characteristics of C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> intermediate species. Photosynth. Res. **5**: 307-323.
- Kebeish R., Niessen M., Thiruveedhi K., Bari R., Hirsch H.-J., Rosenkranz R., Stäbler N., Schönfeld B., Kreuzaler F., Peterhansel C.** (2007) Chloroplastic photorespiratory bypass increases photosynthesis and biomass production in *Arabidopsis thaliana*. Nature Biotech. **25**: 593-599.
- Maurino V.G., Peterhansel C.** (2010) Photorespiration: current status and approaches for metabolic engineering. Curr. Opin. Plant Biol. **13**: 249-256.
- Ogren W.L.** (1975) Control of photorespiration in soybean and maize. In: Environmental and Biological Control of Photosynthesis (Marchelle R., ed.), The Hague, W. Junk: 45-52.
- Ogren W.L.** (1976) Search for higher plants with modifications of the reductive pentose phosphate pathway of CO<sub>2</sub> assimilation. In: CO<sub>2</sub> Metabolism and Plant Productivity (Burris R.H., Black C.C., eds.), University Park Press, Baltimore: 19-29.
- Ososki A.L., Kennelly E.J.** (2003) Phytoestrogens: a review of the present state of research. Phytother. Res. **17**: 84-869.
- Peterhansel C., Maurino V.G.** (2011) Photorespiration redesigned. Plant Physiol. **155**: 49-55.
- Pimentel D., Patzek T.** (2008) Ethanol production using corn, switchgrass and wood; biodiesel production using soybean. In: Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems (Pimentel D., ed.), Springer, New York: 373-394.
- Sakai T., Kogiso M.** (2008) Soy is of flavones an immunity. J. Med. Invest. **55**: 176-173.
- Servaites J.C., Ogren W.L.** (1977) Chemical inhibition of the glycolate pathway in soybean leaf cells. Plant Physiol. **60**: 461-466.
- Sharkey T.D.** (1988) Estimating the rate of photorespiration in leaves. Physiol. Plant. **73**: 147-152.
- Zelitch I.** (1971) Photosynthesis, photorespiration, and plant productivity. Acad. Press, New York-London: 247 p.
- Zelitch I.** (1975) Improving the efficiency of photosynthesis. Science **188**: 626-633.
- Zelitch I.** (1992) Control of plant productivity by regulation of photorespiration. BioScience **42**: 510-516.

**J.A. Aliyev, R.S. Mirzoyev**

**Photosynthesis and Productivity of Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]**

The peculiarities of leaf carbon dioxide gas exchange in soybean genotypes grown in field over a large area and contrasting in duration of vegetation, photosynthetic traits and productivity were studied. Varietal differences in the daily and ontogenetic changes in photosynthesis and photorespiration were identified. It was established that the period of the high activity of photosynthetic apparatus in high productive soybean genotypes lasts for a longer time. The photosynthetic rate and the rate of CO<sub>2</sub> release in light due to photorespiration are higher in high productive genotypes. The magnitude of photorespiration in contrast soybean genotypes constitutes about 28-35% of photosynthetic rate. The ratio between true photosynthesis and photorespiration in genotypes with different productivity is constant enough during ontogenesis, indicating a direct positive correlation between true photosynthesis and photorespiration.

**С.Ә. Әлиев, R.S. Mirzәyev**

**Soyanın [*Glycine max* (L.) Merr.] Fotosintezi və Məhsuldarlığı**

Tarlada böyük sahədə yetişdirilən, vegetasiyanın davam etmə müddətinə, fotosintez göstəricilərinə və məhsuldarlığına görə kontrast olan soya genotiplərinin yarpaqlarının karbon qazı mübadiləsinin xüsusiyyətləri öyrənilmişdir. Fotosintez və fototənəffüsün sutka ərzində və ontogenezin gedişində sortlar arasındakı fərqlər aşkar olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, yüksək məhsuldar soya genotiplərinin fotosintetik aparatının aktiv fəaliyyət dövrü daha uzun müddət davam edir. Fotosintezin intensivliyi və fototənəffüs hesabına işıqda karbon qazının ayrılma sürəti yüksək məhsuldar genotiplərdə çoxdur. Kontrast soya genotiplərində fototənəffüsün qiyməti fotosintezin intensivliyinin 28-35%-ni təşkil edir. Müxtəlif məhsuldarlığa malik genotiplərdə xalis fotosintezin fototənəffüsə nisbəti ontogenezin zamanı kifayət qədər sabit qalır ki, bu da xalis fotosintezlə fototənəffüs arasında birbaşa müsbət korrelyasiyanın olmasını göstərir.