

УДК 635.652'655:581.132

ИНТЕНСИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА У СОИ И ФАСОЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ СИМБИОТИЧЕСКОГО АППАРАТА

Г. С. ПОСЫПАНОВ, Г. Х. ДЖАМРО, Т. П. КОБОЗЕВА, М. В. МОТОРИНА,
В. Ф. ФЕДОРОВ, У. А. ДЕЛАЕВ, В. Н. ПОСЫПАНОВА

(Кафедры растениеводства и физиологии растений)

Процесс связывания азота воздуха весьма энергоемкий. Для фиксации одной молекулы N_2 затрачивается 15—20 молекул АТФ [3, 4]. Источниками энергии служат углеводы, созданные в процессе фотосинтеза. В связи с этим активность симбиотической азотфиксации зависит от количества поступающих в клубеньки углеводов. Эксперименты Ф. Миншина и И. Пейта [5] демонстрируют высокую зависимость формирования симбиотического аппарата и активности азотфиксации от углеводного питания.

По данным Дюпона (по [1]), обогащение атмосферы углекислым газом и соответственно повышение интенсивности фотосинтеза способствовало увеличению массы клубеньков у сои, повышению их азотфиксирующей способности в 2 раза и количества фиксированного азота — почти в 5 раз. Урожай семян сои составил 67,2 ц/га, причем более 80 % азота, поступившего в растения, было усвоено из воздуха.

Нашей целью было определить связь интенсивности фотосинтеза с величиной симбиотического аппарата в онтогенезе.

Условия и методика

Лабораторные опыты с соей проводили в 1979—1980 гг. Растения выращивали на питательной смеси Кнопа, которую ежедневно аэрировали в течение светового периода (16 ч). Раствор меняли каждую неделю. Освещенность на уровне растений составляла 5 и 10 тыс. лк (люминесцентные лампы), температура 20°.

Вегетационные опыты с соей и фасолью проводили на Опытной станции полеводства и льноводства в 1980—1982 гг. в сосудах емкостью 6 кг почвы, pH_{H_2O} 6,5, содержание гумуса — 2,5 %, P_2O_5 — 15—17, K_2O — 10 мг на 100 г почвы. Сосуды находились в вегетационном домике, огороженном сеткой, при естественной освещенности.

Полевые эксперименты с соей и фасолью проводили на Опытной станции полеводства ТСХА в 1980—1982 гг. Характеристика почвы та же, что и в вегетационных опы-

тах. Площадь каждой делянки 50 м², повторность 4-кратная.

В течение вегетации вели фенологические наблюдения. Через каждые 10 дней делали биометрический анализ 40 растений. Учитывали количество и массу клубеньков, накопление сухого вещества растениями, площадь листьев. Активность азотфиксации определяли ацетиленовым методом, предложенным в 1967 г. Р. Харди (по [2]). Интенсивность фотосинтеза разных ярусов листьев регистрировали на интактных растениях с помощью инфракрасного газоанализатора ГИП-10МБ2.

При изучении связи интенсивности фотосинтеза с массой клубеньков в вариантах с инокуляцией отбирали по 10—15 наиболее и наименее развитых растений.

Объектами исследований были соя Северная 5 и фасоль Мотольская белая. В вариантах с инокуляцией семена обрабатывали соевым нитрагином шт. 646.

Результаты

В наших опытах установлена прямая зависимость интенсивности фотосинтеза от массы активных клубеньков.

Лабораторные опыты с соей показали, что чем больше масса активных клубеньков, тем выше интенсивность фотосинтеза растений. Эта закономерность сохранялась на всех ярусах листьев и на всех этапах развития растений.

В лабораторном опыте с постоянной освещенностью при продолжительности светового периода 16 ч интенсивность фотосинтеза положительно коррелировала с массой клубеньков на корнях (табл. 1, рис. 1). При этом чем выше была освещенность и, как следствие, — интенсивность фотосинтеза, тем больше была масса клубеньков. Во второй поло-

Средняя интенсивность фотосинтеза (в числителе, мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{ч}$) и сырая масса клубеньков (в знаменателе, мг/растение) инокулированной (ин) и неинокулированной (ни) сои в онтогенезе при разной освещенности. Лабораторный опыт, 1980 г.

Освещенность, тыс. лк	Дней от всходов									
	20		30		40		50		60	
	ин	ни	ин	ни	ин	ни	ин	ни	ин	ни
5	—	—	4,00	3,71	4,13	3,14	4,14	3,59	4,52	4,12
	—	—	6,00	0	5,00	0	50	5,00	50	8,0
10	4,32	4,29	5,05	4,78	5,86	4,08	6,01	4,05	6,32	3,18
	—	—	8,00	0	10	0	110	0	120	5,0

вине вегетации при освещенности 10 тыс. лк масса клубеньков и интенсивность фотосинтеза инокулированной сои достигали максимума. У неинокулированных растений последняя практически не изменялась в те-

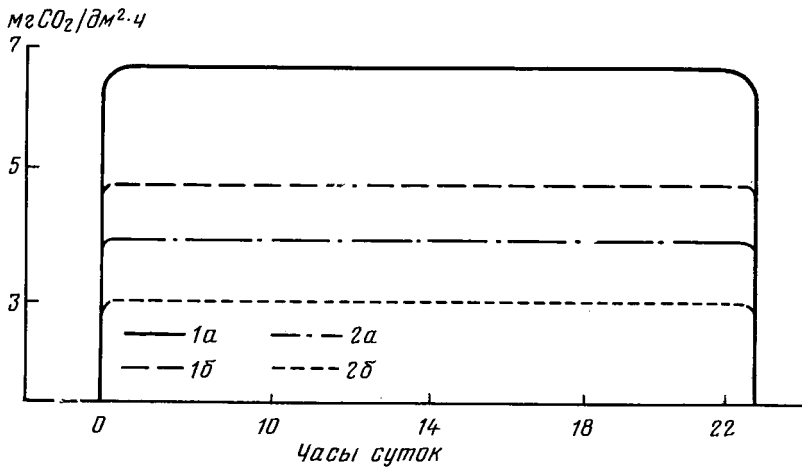


Рис. 1. Интенсивность фотосинтеза инокулированной (1) и неинокулированной (2) сои за световой период при освещенности 10 тыс. лк (а) и 5 тыс. лк (б) в фазу образования бобов. Лабораторный опыт, 1979 г. В условиях 1а и 1б масса клубеньков составляет соответственно 100 и 50 мг на растение; в условиях 2а и 2б — клубеньков не было.

чение вегетации и при освещенности 10 тыс. лк была несколько выше, чем при 5 тыс. лк.

Интенсивность фотосинтеза сои при освещенности 10 тыс. лк на 20-й день опыта не зависела от инокуляции.

Опадение листьев и созревание у неинокулированной сои происходило примерно на неделю раньше, чем у инокулированной, тогда как последняя в это время продолжала накапливать органическую массу. Аналогичные данные получены в вегетационных опытах с соей и фасолью при естественной освещенности (рис. 2). Так, в фазу бутонизации сои в 9 ч при массе клубеньков 450 мг на растение интенсивность фотосинтеза была на 25 % выше, чем у растений без клубеньков. При изменении освещенности в течение дня данная закономерность сохранялась. На корнях инокулированной фасоли к фазе цветения этот показатель достигал 1300 мг. В варианте без инокуляции клубеньки также образовывались (за счет спонтанных бактерий в почве), но их масса была в 2 раза меньше (680 мг на растение).

Таким образом, лабораторные и вегетационные опыты с соей показали, что у инокулированных растений даже при слабой освещенности (5 тыс. лк) интенсивность фотосинтеза в 1,2 раза выше, чем у неиноку-

мг CO₂/дм²·ч

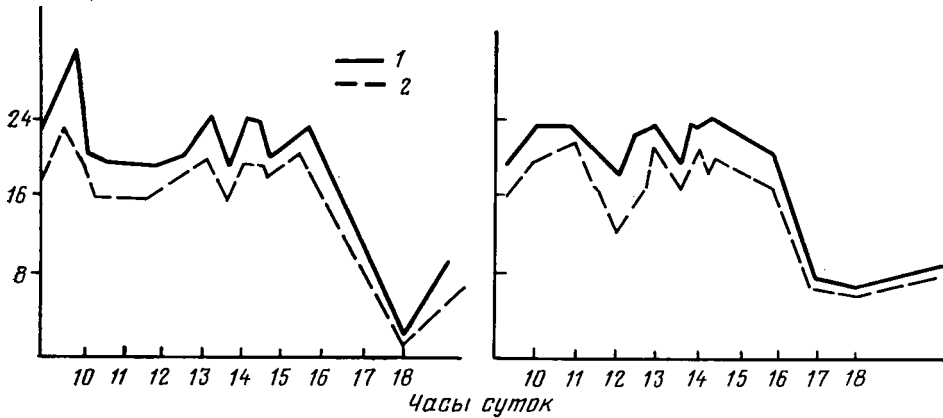


Рис. 2. Интенсивность фотосинтеза инокулированной (1) и неинокулированной (2) сои (слева) и фасоли в фазу бутонизации при естественной освещенности (сырая масса клубеньков на корнях при инокуляции соответственно 450 и 1300 мг, без инокуляции — 0 и 680 мг). Вегетационный опыт, 1980 г.

лированных при высоком уровне освещенности (10 тыс. лк).

Растения, фиксирующие азот воздуха, используют световую энергию в 2 раза полнее. С другой стороны, при увеличении освещенности с 5 до 10 тыс. лк вдвое увеличивается масса клубеньков. Эти опыты свидетельствуют о наличии тесной взаимосвязи интенсивности фотосинтеза с массой клубеньков. Азотфиксирующие бактерии, находящиеся в клубеньках, способствуют улучшению азотного питания бобового растения, увеличению интенсивности фотосинтеза в листьях, что, в свою очередь, определяет повышение притока пластических веществ в клубеньки, а следовательно, — усиление развития последних.

Необходимо отметить, что разница в интенсивности фотосинтеза у инокулированных и неинокулированных растений сказалась на их биомассе и семенной продуктивности. Лабораторный опыт показал, что количество бобов на растении увеличивалось при повышении освещенности и инокуляции, но наибольший эффект достигался при совместном действии этих факторов (табл. 2). При этом масса семян только за счет инокуляции в 1979 г. повысилась при освещенности 5 тыс. лк на 20 %, при 10 тыс. лк — на 56 %. Следовательно, усиление освещенности способствует лучшему проявлению действия инокуляции. Такая закономерность наблюдалась как в 1979, так и в 1980 г.

Наши опыты свидетельствуют о том, что бобоворизобияльный симбиоз, увеличивая интенсивность фотосинтеза, не изменяет закономерности ее хода в течение суток и в онтогенезе (рис. 3). Примерно такие

Т а б л и ц а 2

Структура урожая инокулированной и неинокулированной сои при разной освещенности. Лабораторный опыт

Освещенность, тыс. лк	Количество бобов на растении		Биомасса, г/расте- ние		Масса семян, г/растение		Выход семян, %		
	ин	ни	ин	ни	ин	ни	ин	ни	
1979 г.									
5	6	6	1,79	1,75	0,50	0,40	28	23	
10	8	7	2,22	2,15	0,90	0,50	41	23	
1980 г.									
5	7	6	2,75	2,60	0,54	0,50	20	19	
10	9	7	3,53	3,40	1,20	1,00	34	29	

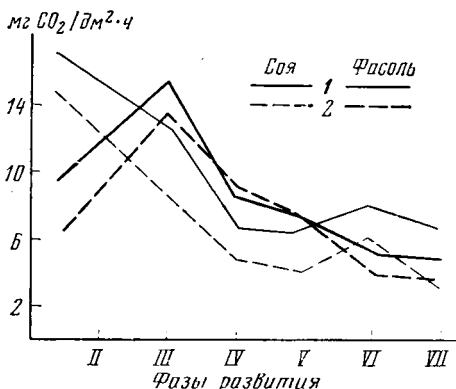


Рис. 3. Средняя интенсивность фотосинтеза инокулированной и неинокулированной сои и фасоли. Вегетационный опыт, 1980 г.

II — бутонизация; III — цветение; IV — образование бобов; V — рост бобов; VI — налив семян; VII — начало созревания.

синтеза в обоих случаях была близкой.

Полевые опыты с соей показали, что в одном и том же посеве у разных по развитию растений неодинаковая интенсивность фотосинтеза. Она выше у тех растений, у которых больше масса активных клубеньков (табл. 4, рис. 4).

же результаты получены в вегетационных опытах с соей, проведенных в 1981—1982 г. (табл. 3).

Почти во все фазы развития интенсивность фотосинтеза сои в варианте с инокуляцией была выше, чем в варианте без инокуляции. Во второй половине вегетации 1982 г. на неинокулированных растениях также образовывались клубеньки, однако их масса была в 2—8 раз меньше, чем у инокулированных растений, а интенсивность фотосинтеза — ниже в 1,5—6 раз.

У неинокулированной фасоли в 1980 г. в результате спонтанного заражения образовывались клубеньки, которые по массе ненамного уступали клубенькам инокулированной фасоли (рис. 3). Этим объясняется то, что интенсивность фото-

Т а б л и ц а 3

Средняя интенсивность фотосинтеза инокулированной (ин) и неинокулированной (ни) сои в зависимости от массы клубеньков. Вегетационный опыт

Фаза развития	Время суток, ч	Число учетов	Интенсивность фотосинтеза, мг CO ₂ /дм ² в 1 ч		Масса клубеньков, мг/растение	
			ин	ни	ин	ни
3-й настоящий лист	12—19	19	13,7	12,9	0	0
	10—16	15	27,9	18,0	Не опр.	Не опр.
Бутонизация	9—18	18	11,7	8,9	50	0
	9—15	14	20,0	17,5	220	0
Цветение	10—19	13	16,4	8,4	1300	0
	8—14	19	16,1	12,6	1020	0
Образование бобов	13—20	9	5,7	4,1	1790	0
	9—16	20	13,4	9,8	1100	290
Рост бобов	13—17	7	6,9	2,0	2100	0
	9—16	17	8,2	2,6	2580	370
Начало созревания**	9—16	24	6,0	1,1	2230	290

* Числитель — 1984 г., знаменатель — 1982 г.

** 1982 г.

К началу образования бобов интенсивность фотосинтеза несколько снизилась у всех растений, но все же ее уровень коррелировал с массой клубеньков.

Такая же закономерность установлена на фасоли (рис. 4).

Следует отметить, что от инокуляции фотосинтетическая активность сои зависела больше, чем фасоли, поскольку у фасоли даже без инокуляции образовались клубеньки за счет спонтанных штаммов клубеньковых бактерий. Причем разница в массе клубеньков неинокулированных и инокулированных растений уменьшалась к фазе образования бобов, одновременно уменьшались и различия в интенсивности фотосинтеза.

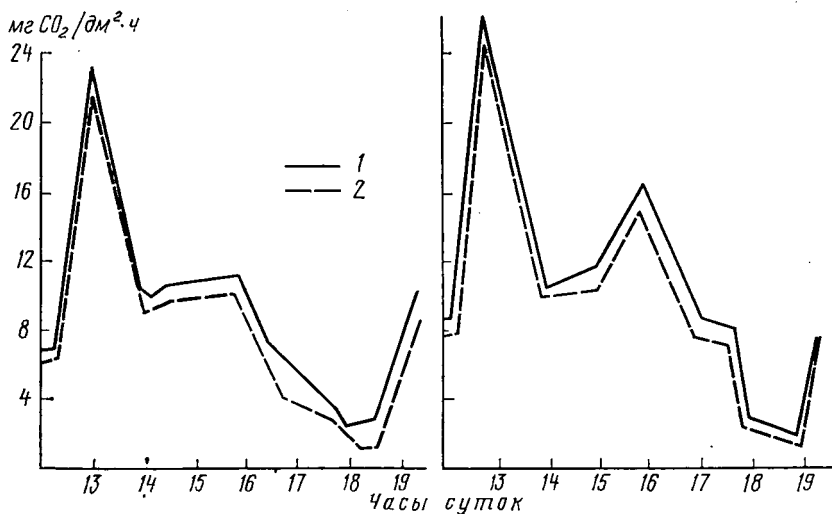


Рис. 4. Интенсивность фотосинтеза сои (слева) и фасоли в зависимости от массы сырых клубеньков на корнях. Полевой опыт, 1980 г. Для сои: 1 — масса клубеньков в фазу роста бобов 2,4 г; 2 — 1,8 г на растение; для фасоли — соответственно 2,8 и 2,5 г.

Таблица 4

Связь интенсивности фотосинтеза с массой активных клубеньков у наиболее (I) и наименее (II) развитых растений сои по фазам развития. Полевой опыт, 1980 г.

Фаза развития	мг CO_2 /дм ² ·ч		мг/растение	
	I	II	I	II
Бутонизация	9,1	11,0	1200	1800
Цветение	8,2	9,2	1800	2400
Начало образования бобов	7,0	8,2	1600	2100
Образование бобов	9,8	13,4	290	1100
Рост бобов	2,6	8,2	370	2500
Налив семян	5,6	8,5	900	2100
Полный налив семян	3,8	7,6	500	280

У сои же спонтанное заражение проявлялось в значительно меньшей степени и в более поздние сроки, поскольку в почвах Московской области не содержатся специфичные для нее штаммы клубеньковых бактерий и заражение происходит, по-видимому, через орудия труда в процессе ухода за посевами.

Для сельскохозяйственного производства важно знать зависимость между интенсивностью фотосинтеза массой клубеньков и урожаем биомассы и семян.

Исследования показали, что характер накопления сухой массы растений и массы сырых клубеньков одинаковый, так как эти показатели по мере роста и развития растений увеличиваются, достигают максимума, а затем снижаются (рис. 5). Однако следует отметить, что масса клу-

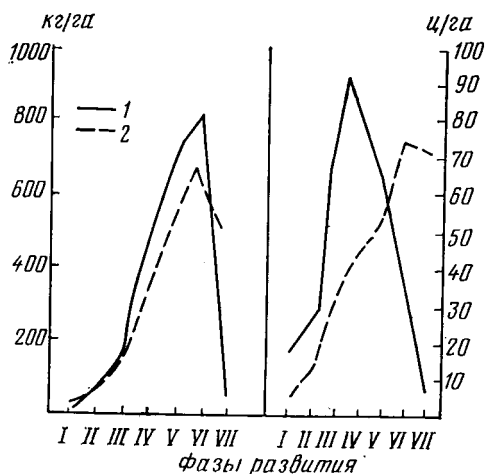


Рис. 5. Динамика накопления массы сырых клубеньков (1, кг/га) и абсолютно сухой массы растений (2, ц/га) у сои (слева) и фасоли по фазам развития. Полевой опыт, 1980 г.

I — 3-й лист. Остальные обозначения те же, что на рис. 3.

беньков была максимальной в более ранние фазы, чем сухое вещество. Так, в 1980 г. у сои масса клубеньков достигала самых больших значений в фазу рост бобов — налив семян. Наибольшая сухая масса растений наблюдалась в фазу полного налива семян.

Таким образом, хорошо развитый симбиотический аппарат определяет повышенную интенсивность фотосинтеза, а следовательно, и высокую урожайность бобовых культур.

Выводы

1. Интенсивность фотосинтеза у сои и фасоли в большой степени зависит от наличия клубеньков, а также их массы. У инокулированных растений всегда выше интенсивность фотосинтеза, чем у неинокулированных. При равных условиях выращивания у растений с большей массой клубеньков она выше.

2. Улучшение освещенности растений сои и фасоли вызывает не только повышение интенсивности фотосинтеза, но и увеличение массы клубеньков на корнях бобовых растений. Инокуляция, в свою очередь, способствует резкому повышению интенсивности фотосинтеза, причем при увеличении освещенности эффект инокуляции возрастает.

3. Хорошо развитый симбиотический аппарат и, как следствие, высокая интенсивность фотосинтеза обеспечивают увеличение биологической массы и урожая семян бобовых культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Посыпанов Г. С., Кошкин Е. И. Биологические азотфиксирующие системы. — Сельск. хоз-во за рубежом. М.: Колос, 1978, № 10, с. 7. — 2. Умаров М. М. Ацетиловый метод изучения азотфиксации в почвенно-микробиологических исследованиях. — Почвоведение, 1976, № 11, с. 119—123. — 3. Hardy R., Holsten K., Envir, Protection Agency, 1972, Oct. 3—4. — 4. Haghparact-Tanha M. — Potash. Inst., 1975, p. 169—175. — 5. Minchin F., Pate J. — J. Exp. Bot., 1973, vol. 24, p. 259—272.

Статья поступила 14 декабря 1983 г.

SUMMARY

Vegetation, laboratory and field experiments carried out at the Experiment Station of the Timiryazev Academy show that photosynthetic intensity of Severnaya 5 soybeans and Motolskaya White beans depends greatly on existence of nodules and their mass. Inoculated plants always have higher photosynthetic intensity than uninoculated ones. Increasing illumination from 5 to 10 thousand lux raise the photosynthetic intensity and nodule mass.