

Э. Ф. ЛОПАТНИНА

### ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЕЙСТВИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Фотосинтез является одной из важнейших функций растительного организма. В результате этого процесса в растении образуются пластические вещества, которые способствуют формированию и росту вегетативных и генеративных органов.

Фотосинтетическая деятельность соевого растения отражена в работах многих исследователей [1-3]. Анализ литературных данных показал, что в области изучения фотосинтеза соевого растения основное внимание было уделено взаимосвязи фотосинтеза и урожая. Вопросы, которые отражали бы изменение фотосинтетической активности от уровня питания, в литературе отражены слабо.

Размеры листовой поверхности растений как основного органа, образующего пластические вещества в определенной фазе развития, являются интегральным показателем состояния растений и видам на урожайность. Установлена связь величины площади листовой поверхности на гектаре с урожайностью [4]. Поэтому изучение фотосинтетической активности листьев сои является важным звеном в понимании процесса фотосинтеза.

В предлагаемой работе мы попытались показать синтетическую активность листьев на разных ярусах растений, а также выяснить зависимость накопления пластических веществ от фона питания и распределение этих веществ между органами растения на отдельных этапах его жизни. На основании этого можно будет судить об условиях, в которых проходит процесс репродуктивного развития.

Опыт проводился в 1971-1973 гг. в ДальНИИСХе с двумя сортами сои Амурская 41 и Амурская 310 по схеме: контроль (без удобрений),  $N_{30}P_{60}K_{30}$ , известь, известь +  $N_{30}P_{60}K_{30}$ . Продуктивность фотосинтеза определяли один раз в неделю по методу Ничипоровича [5]. Наблюдения за генеративной сферой сои включали 2 этапа: определение этапов органогенеза и количественный учет цветков, завязи и бобов.

При формировании вегетативной сферы сои не все органы и ткани образуются одновременно. Появлению всякого нового органа соответствуют свои специфические условия внешней среды и питания. Вполне понятно, что и процессы накопления органического вещества в растениях на разных ярусах будут неодинаковы. В этой связи мы изучили листовую активность сои по ярусам.

В ярус входит 3 междоузлия с находящимися в них ветвями. Отсчет идет снизу вверх.

Производительность работы фотосинтетического аппарата находится в прямой зависимости от количества образовавшихся органов, ответственных за этот показатель.

В связи с этим определенным интересом представляет динамика образования листьев исследуемых сортов сои.

Для выяснения зависимости количественного образования листьев от фона питания мы приводим данные по двум контрастным вариантам: контроль и оптимальный фон - известь +  $N_{30}P_{60}K_{30}$ .

Материал по этому вопросу представлен в табл. I.

Таблица I

Динамика образования листьев, шт. на растение

Вариант	26 УI	30 УI	4 УII	7 УII	II УII	14 УII	8 УII	21 УII	24 УII	27 УII	31 УII	Всего листьев
1972												
Амурская 4I												
Контроль	3	-	I	I	I	-	2	2	-	*+10	I	21
Известь + N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	3	-	I	I	2	I	I	I	*I+II	*I+3	I	27
Амурская 3IO												
Контроль	3	I	I	-	-	I	2	I	*I+3	*2+3	-	18
Известь + N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	3	I	I	-	-	2	I	I	I	*2+7	-	19
1973												
Амурская 4I												
Контроль	4	-	I	I	-	I	*4+12	-	I	-	-	24
Известь + N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	4	-	I	I	-	*2+9	*3+4	I	I	-	-	26
Амурская 3IO												
Контроль	3	I	-	I	-	2	*I+6	4	-	-	-	18
Известь + N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	3	I	-	I	I	2	*2+3	2+3	-	-	-	18

\* Прибавляется число заложившихся листьев на ветвях.

Характеризуя полученные данные, следует отметить слабое различие в количестве заложившихся листьев в пределах сорта по вариантам опыта (разница в один-два листа) и более существенное по сортам.

Амурская 4I образует на 5-8 листьев больше, чем Амурская 3IO. Это преимущество достигалось за счет более мощного ветвления. На главном стебле у обоих сортов количество листьев одинаковое.

Интенсивность работы фотосинтетического аппарата важна для нас, прежде всего, как показатель роста, т.е. накопления ассимилянтов, из которых в дальнейшем будут формироваться все органы растения. Следовательно, очень важно знать, как работали листья на свой собственный рост в период роста и развития сои. Данный материал представлен в табл.2.

В 1972 г. до начала бобообразования работа листьев на свой собственный рост составляла большую половину от общей продуктивности фотосинтеза (в среднем продуктивность фотосинтеза целого растения достигала от 3,7 мг/м<sup>2</sup> в сутки на первом до 12,9 г/м<sup>2</sup> в сутки на третьем ярусах). С первого августа зафиксировано появление бобов на первом ярусе и, как следствие, полное прекращение роста листьев. На втором же ярусе, где образовывались еще бобы, половину от общей продуктивности питательных веществ листья используют на свой рост.

На следующую дату определения несколько возобновляют рост листья первого яруса за счет образующихся листьев ветвей, падает активность ростовых процессов на втором и активно растут листья третьего яруса. Со второй половины августа, когда на всем растении отмечено появление бобов, работа листьев на свой собственный рост полностью прекращается. Аналогичный анализ можно провести по мате-

Таблица 2

Показатели интенсивности работы листьев на свой собственный рост по ярусам, г/м<sup>2</sup> в сутки

Вариант	1972									1973											
	19.УП		25.УП		1.УШ		8.УШ			17.УШ			11.УП		18.УП		24.УП		31.УП		
	1	1	1	2	1	2	3	1	2	3	1	1	1	2	1	2	3				
	Амурская 41																				
Контроль	2,4	2,0	-	3,8	1,5	0,8	5,0	-	0,4	-	2,5	1,7	0,2	4,8	-	1,6	5,2				
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	3,0	2,1	-	2,6	1,1	2,2	4,5	1,6	0,1	4,7	3,5	2,8	-	2,9	-	1,7	6,0				
Известь	3,4	2,5	-	2,6	-	1,5	4,6	1,6	-	2,4	3,4	0,6	0,9	4,5	-	0,3	3,7				
Известь + N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	2,5	2,8	-	2,8	1,0	1,6	3,9	2,5	0,8	3,6	3,7	1,7	-	3,8	-	0,6	5,5				
	Амурская 310																				
Контроль	3,0	2,4	-	4,9	-	1,6	4,9	-	2,2	2,6	2,3	1,3	-	3,8	-	2,9	-				
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	2,7	2,9	-	4,7	1,8	1,7	5,1	-	-	2,1	3,5	1,6	1,6	1,6	-	3,6	6,5				
Известь	3,4	2,2	-	5,4	2,0	2,0	5,7	-	-	2,3	3,4	2,1	3,8	-	-	5,8	-				
Известь + N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	2,6	2,6	-	4,5	3,2	1,8	6,2	-	-	2,2	3,2	3,5	-	2,4	-	1,2	6,5				

риалам 1973 г. Следовательно, с момента образования бобов на растении до минимума ослабевал или полностью прекращался рост листьев.

Усредненные за вегетацию сои показатели продуктивности фотосинтеза представлены в табл.3. Приведенные данные показывают, что некоторое улучшение пищевого режима по варианту известь +  $N_{30}P_{60}K_{30}$  в 1971 г. обусловило и заметное увеличение продуктивности фотосинтеза. По остальным фоновым она различалась незначительно, что вполне согласуется с обеспеченностью сои питательными веществами. Подобная закономерность просматривается по обоим сортам при ведущей роли минеральных удобрений для сои Амурская ЗЮ.

Таблица 3

Влияние удобрений на продуктивность фотосинтеза сои  
в среднем за вегетацию, г/м<sup>2</sup> в сутки

Вариант	Амурская 4I			Амурская ЗЮ		
	1971	1972	1973	1971	1972	1973
Контроль	2,6	4,4	4,0	3,1	4,9	4,1
$N_{30}P_{60}K_{30}$	2,9	4,7	4,5	3,5	4,7	3,6
Известь	2,8	4,6	4,0	2,9	4,9	4,2
Известь + NPK	3,5	5,0	4,6	3,7	4,9	4,5

Улучшение питания сои в последующие годы вызвало и довольно резкое повышение продуктивности фотосинтеза, которая на отдельных вариантах возросла на 50-70% по сравнению с 1971 г. Существенных различий по сортам в 1972-1973 гг. не было.

Усредненные данные продуктивности фотосинтеза, приведенные в табл.1, не дают нам полного представления о прохождении фотосинтетических процессов в период вегетации. Об этом можно судить по данным динамики продуктивности фотосинтеза (рис.1,2). Комментируя рис.1,2, следует отметить общую закономерность для всех лет испытания: кривые продуктивности фотосинтеза имеют синусоидальный характер, т.е. подъемы сменяются спадами. Но выраженность этих изменений по годам и сортам была различна. Поэтому в своих исследованиях мы попытались установить взаимосвязь между темпами роста и развития растений, выяснив при этом, гармонично ли сочетался в нашем опыте рост вегетативной массы и органов плодоношения у изучаемых сортов сои.

У сои Амурская 4I на дату первого определения продуктивность фотосинтеза в 1971 г. составляла 3-3,5 г/м<sup>2</sup> в сутки, что соответствует среднему уровню фотосинтетической активности листового аппарата бобовых. Это благоприятствовало заложению цветочных почек. Наилучшие условия сложились при внесении минеральных удобрений по фону извести.

В фазу цветения сои вследствие переувлажнения почвы продуктивность фотосинтеза резко снизилась. Исключение составил вариант известь +  $N_{30}P_{60}K_{30}$ , где она осталась на прежнем уровне. Процесс бобообразования проходил при высокой фотосинтетической активности листьев.

Таким образом, в переувлажненном 1971 г. характер накопления пластических веществ у сои благоприятствовал ее репродуктивному развитию и в большей степени по варианту известь +  $N_{30}P_{60}K_{30}$ .

В 1972 г., по данным органогенеза, закладка генеративных почек началась с 23 июня и к моменту массового образования (19 июля) продуктивность фотосинтеза

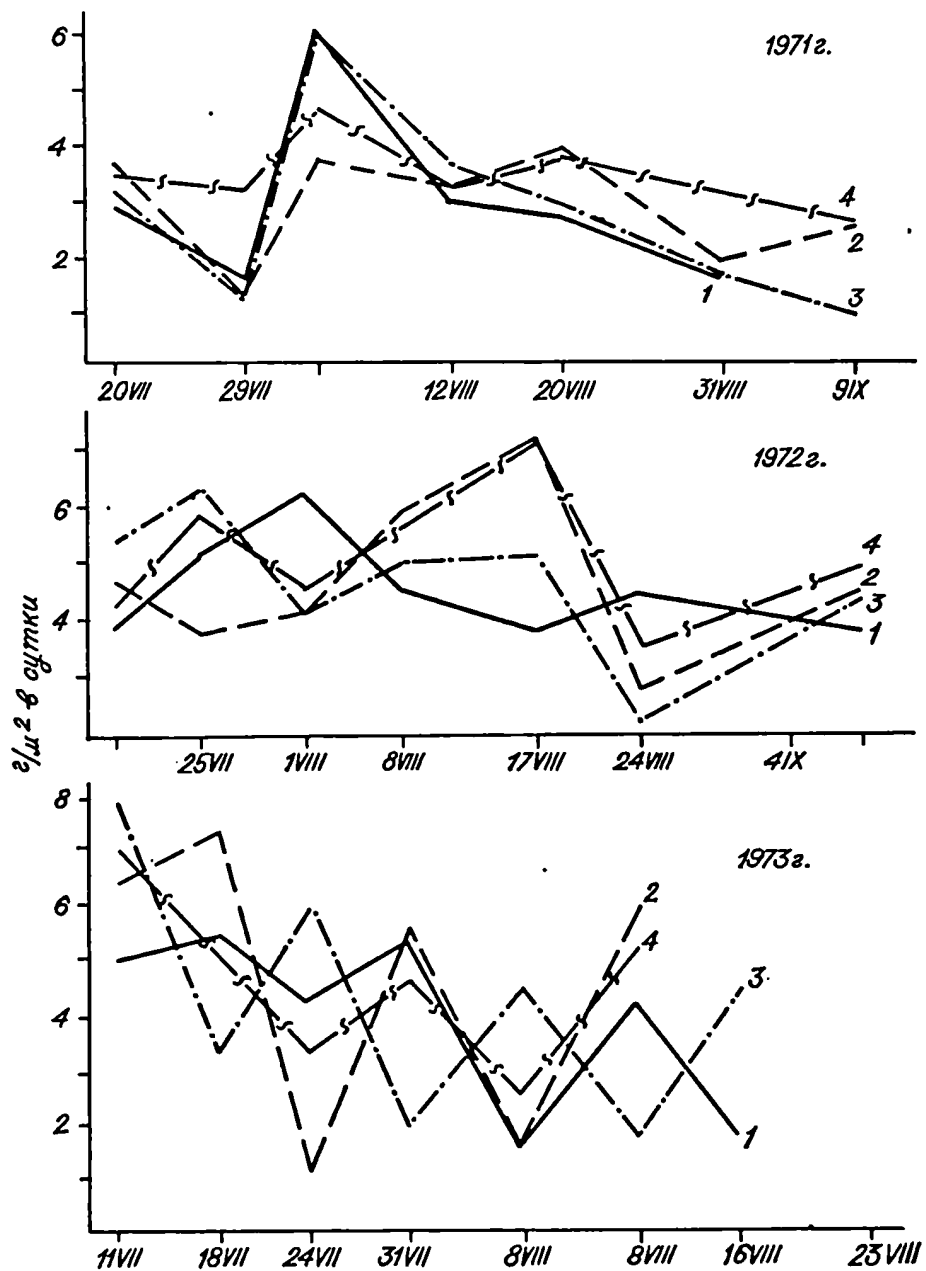


Рис. I. Динамика продуктивности фотосинтеза сои Амурская 4I:  
 I - контроль; 2 - N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub>; 3 - известь; 4 - известь + N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub>

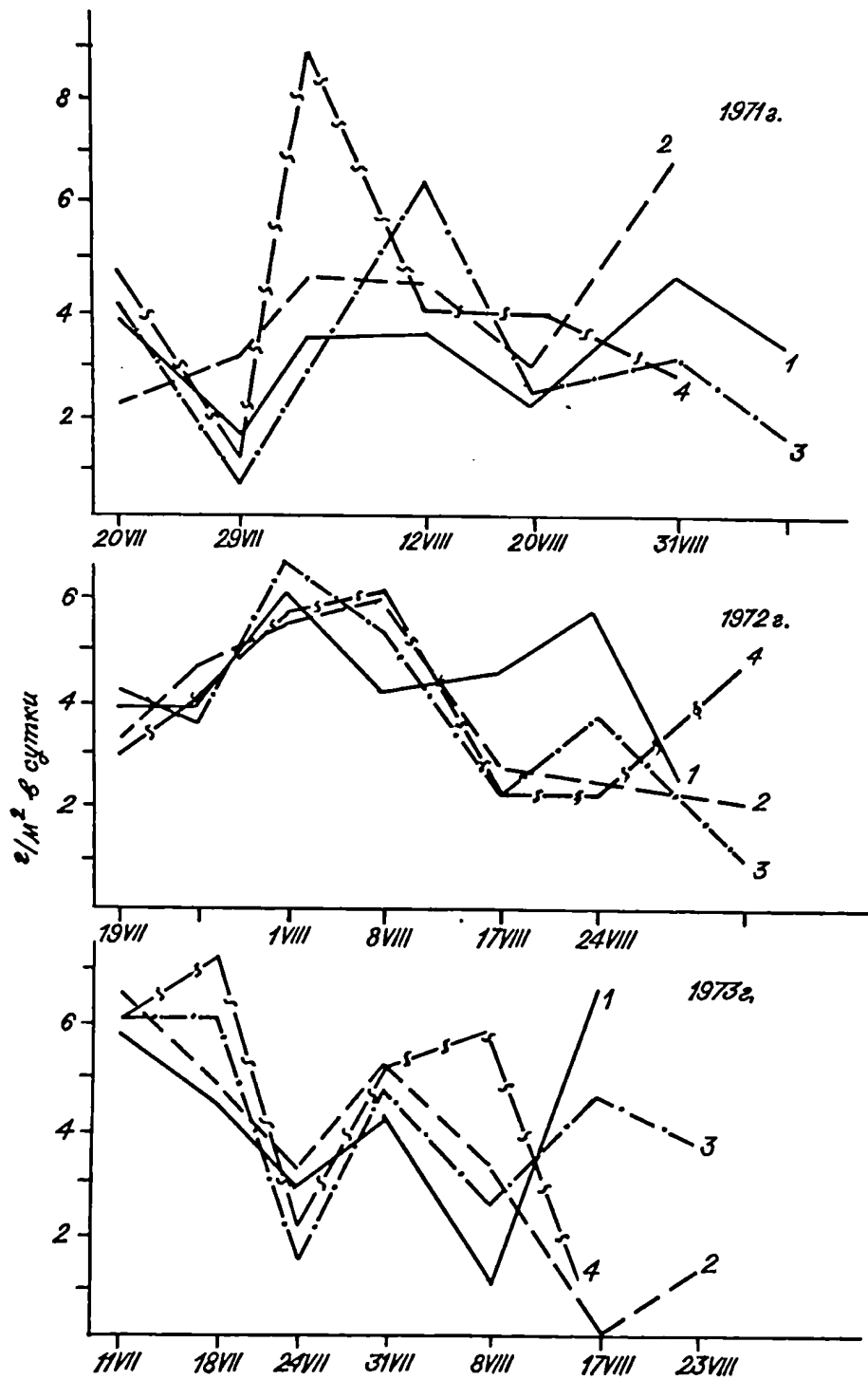


Рис.2. Динамика продуктивности фотосинтеза сои Амурская ЗЮ: 1 - контроль; 2 - N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub>; 3 - известь; 4 - известь + N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub>

сой имела величину порядка  $3,5-5,0 \text{ г/м}^2$  в сутки. Эти условия следует считать удовлетворительными для образования цветочных почек.

Несмотря на то, что массовое цветение сои совпало с понижением продуктивности фотосинтеза растений, в абсолютном значении она была равна  $4,0-4,5 \text{ г/м}^2$  в сутки, что является довольно высоким показателем. Поэтому в этот период репродуктивные органы не испытывали недостатка в пластических веществах.

В период бобообразования прирост вегетативной массы в единицу времени достиг наивысшей величины на удобренных вариантах —  $7,3 \text{ г/м}^2$  в сутки и минимальной на контроле —  $3,6 \text{ г/м}^2$ . Из этого следует, что образование и налив зерна на фоне удобрений проходили в лучших условиях, чем на контроле. В целом репродуктивное развитие сои в 1972 г. находилось в соответствии с ростовыми процессами.

В 1973 г. самая высокая производительность листового аппарата наблюдалась в период закладки генеративных почек. К началу цветения она имела высокие показатели —  $4,0-7,0 \text{ г/м}^2$  в сутки, но в период массового цветения продуктивность фотосинтеза стала снижаться и особенно по варианту с минеральными удобрениями. В лучших условиях цветение растений проходило на варианте с одной известью. Период бобообразования характеризовался повышенной ассимиляционной деятельностью листьев на варианте с известью и пониженной на остальных. Как видим, продуктивность фотосинтеза в 1973 г. была высокой, но отличалась крайней неустойчивостью на протяжении всего периода вегетации. Это привело к несоответствию ростовых и органообразовательных процессов на этапах цветения и бобообразования.

У сои Амурская ЗЮ продуктивность фотосинтеза растений в 1971 г. отличалась неравномерностью. Образование цветочных почек проходило при слабой фотосинтетической активности листового аппарата сои и особенно на варианте с известью.

В период цветения продуктивность фотосинтеза также имела низкие показатели. Сравнительно лучшие условия для ростовых процессов сои в этот период сложились по варианту с минеральными удобрениями. Бобообразование и налив зерна сопровождались усилением фотосинтетических процессов по всем вариантам и особенно на фоне извести.

Анализируя динамику продуктивности фотосинтеза за 1971 г., следует отметить, что ростовые процессы сои не благоприятствовали заложению цветочных почек и их переходу в цветки, но были вполне удовлетворительными в фазу бобообразования.

Производительность листового аппарата сои в 1972 г. в период заложения цветочных почек, цветения и бобообразования была оптимальной. Это способствовало проявлению максимальной продуктивности растений.

Очень хорошие условия сложились в период заложения цветочных почек в 1973 г. Продуктивность фотосинтеза в этот период имела максимальные значения по всем вариантам опыта —  $5,8-7,3 \text{ г/м}^2$  в сутки. В результате этого в растениях образовалось наибольшее количество цветочных почек за все годы исследования.

В период массового цветения произошло резкое снижение фотосинтеза листьев по всем вариантам опыта, поэтому количество сформировавшихся цветков в этом году было меньше, чем в предшествующем.

Бобообразование и налив семян по всем вариантам, кроме контроля, проходили при высокой активности фотосинтетического аппарата. Следствием этого являются высокие показатели массы 1000 семян.

## Выводы

Повышенный фон питания не оказал положительного влияния на увеличение количества образующихся листьев на растениях. Существенное различие по этому показателю наблюдается между сортами: Амурская 4I образует листьев больше, чем Амурская 3IО.

Использование пластических веществ на рост листьев продолжается до момента образования бобов в их пазухах. После бобообразования этот показатель либо ослабевает до минимума, либо полностью прекращается. Фон питания не изменяет направленности данного процесса.

Динамика производительности листового аппарата у изучаемых сортов сои характеризуется периодической изменчивостью: в графическом изображении она представлена ломаной кривой с чередующимися максимальными и минимальными величинами.

Продуктивность фотосинтеза сои зависит от сорта и условий внешней среды. Удобрения существенно не влияют на этот показатель. Данное положение подтверждается тем, что производительность листьев на контрольном варианте была того же порядка, что и на удобренных.

В целом показатель продуктивности фотосинтеза можно использовать для характеристики условий прохождения репродуктивного процесса. Об этом свидетельствует коррелятивная связь между количеством образовавшихся цветков, завязи и бобов и продуктивностью фотосинтеза. По трехлетним данным, они равны для сорта Амурская 4I соответственно +0,84, +0,86, +0,83, для Амурской 3IО - +0,86, +0,74, +0,76.

Установлено, что наилучшее сочетание ростовых и органогенераторных процессов наблюдалось тогда, когда темпы накопления пластических веществ в растении не имели резких колебаний в абсолютных величинах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ч и р к о в Ю. И. Обеспеченность фотосинтетической деятельности посевов некоторых сельскохозяйственных культур ресурсами климата и проблема прогноза урожая. - В кн.: Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. М., 1970.
2. Б е л и к о в И. Ф. Биологические основы рационального использования световых условий в посевах сои. - "Зерновые и масличные культуры", 1968, № I.
3. Х о л у п е н к о И. П. Листовой аппарат и продуктивность растений амурских сортов сои в зависимости от густоты посева. Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук. Владивосток, 1968.
4. Б е л и к о в И. Ф., Х о л у п е н к о И. А. Биологические особенности сои дальневосточных сортов и вопросы ее агротехники. - В кн.: Всесоюзное совещание по вопросам биологии сои в Советском Союзе. Владивосток, 1967.
5. Н и ч и п о р о в и ч А. А. О методах учета и изучения фотосинтеза как фактора урожайности. - "Труды Института физиологии растений имени К.А. Тимирязева", 1955, т. 10.