

УДК 581.132:633.16:631.81:631.452

## **ТРОФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОЛОСА ЯЧМЕНЯ ПРИ РАЗЛИЧНОМ УРОВНЕ ПЛОДородИЯ И МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ**

**И.С. ШАТИЛОВ, А.В. КОРНИЕНКО**

(Кафедра растениеводства)

**Рассчитаны значения фотосинтетических потенциалов всех листовых пластинок главного стебля ячменя при различных условиях выращивания. Определены изменения вклада в общий фотопотенциал основных ассимилирующих органов ячменя под действием разных уровней минерального питания и плодородия почвы. Показано, что в генеративный период онтогенеза трофическое обеспечение колоса идет в основном за счет главных в это время фотосинтезирующих частей растения ячменя: пластинок четырех и влагалищ двух верхних листьев, а также самого колоса.**

Фотосинтез целого растения определяется совокупной деятельностью всех фотосинтезирующих частей растения, постоянно изменяющих свое состояние в онтогенезе. Оценка вклада этих частей растения в общую фотосинтетическую его деятельность представляет большой научный и практический интерес. Состояние фотосинтетического аппарата целого растения, включая площадь листьев разных ярусов и нелистовых ассимилирующих органов во время их активного функционирования, можно оценить фотосинтетическим потенциалом.

### **Методика**

Исследования проводились в 1987—1989 гг. в полевых стационарных опытах лаборатории программирования урожаев полевых культур на территории учебно-опытного хозяйства Тимирязевской академии «Михайловское». Объектом был районированный сорт ячменя интенсивного типа Зазерский 85, выращиваемый на почвах разной степени окультуренности и при различном минеральном питании.

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, глубина пахотного слоя 20 см. Агрохи-

мические показатели слабоокультуренной почвы были следующими: рН — 4,5, содержание гумуса по Тюрину — 1,4%, подвижных  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  — 3,5 и 6,4—7 мг; среднеокультуренной — рН — 6,5, содержание гумуса — 2%,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  — 15 и 17—18 мг; хорошо окультуренной — рН — 6,5, содержание гумуса — 3%,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  — 25 и 25—30 мг на 100 г.

На слабоокультуренной почве органические и минеральные удобрения, а также любые другие средства химизации не применялись в течение более 20 лет.

Схема вариантов в опыте следующая.

На среднеокультуренной почве: 1 — без удобрений (контроль), 2 — расчетная норма удобрений на урожай сухой биомассы 106 ц/га, утилизирующий 2% ФАР, 3 — расчетная норма удобрений на урожай сухой биомассы 144 ц/га, утилизирующий 3% ФАР, 4 — рекомендованные ВИУА нормы удобрений для Московской области (45N45P45K).

На хорошо окультуренной почве: 1 — без удобрений (контроль); 2 и 3 — варианты, соответствующие 3-му и 4-му на среднеокультуренной почве.

В течение вегетации учитывали появление и отмирание листьев, изменение ассимилирующей поверхности. Функционирование листьев и других частей главного стебля растения наблюдали в каждом варианте на 10 этикетированных растениях. За время вегетации каждого отдельного листа принимали период с момента появления пластинки листа из влагалища предыдущего до появления более половины листа. На начальных этапах роста учиты-

вали лишь площадь той части листа, которая появляется из влагалища.

Листовую поверхность посева определяли методом высечек; для этого брали выборки площадью 0,25 м<sup>2</sup> в 4-кратной повторности. Поверхность листовой пластинки, соломины, листового влагалища и колоса вычисляли по формулам геометрических фигур, наиболее близких к этим органам.

Фотосинтетический потенциал рассчитывали по методу А.А. Ничипоровича.

#### **Фотосинтетический потенциал ячменя при разном уровне минерального питания**

К ассимилирующим органам у ячменя относятся листовые пластинки, влагалища листьев, зеленые части колоса и соломины. Основную часть (60—70%) ассимилирующей поверхности составляют листья. В 1987 и 1989 гг. растения ячменя до перехода к репродуктивному периоду сформировали на главном побеге в среднем по 9 листьев, а в неблагоприятных условиях 1988 г. — на один лист меньше.

Фотосинтетический потенциал каждого листа определяется его размерами и временем жизни (табл. 1). Из всех листьев наибольший вклад в фотосинтетический потенциал вносят субапикальные листья 8, 7 и 6-го ярусов (табл. 2). У них большая площадь и более продолжительное время вегетации.

По размеру максимальной площади все листья растения ячменя делятся на 2 группы: листья нижних (1—5-й) и верхних (6—9-й) ярусов. Площадь листьев нижних ярусов постепенно увеличивается в течение вегетации, но не достигает боль-

ших размеров. У каждого последующего листа, развивающегося во влагище предыдущего, максимальная площадь примерно в 1,2—1,5 раза больше. Так, у 1-го листа она достигает в среднем по вариантам 2,82 см<sup>2</sup>, у 2-го — 4,11, 3-го — 4,96, 4-го — 6,33, у 5-го — 8,71 см<sup>2</sup>.

Листья верхних ярусов значительно крупнее, за исключением флагового листа. Самой значительной максимальной площадью характеризуется 7-й лист (12,8 см<sup>2</sup>), у 8-го (предфлагового) она в 1,1—1,3 раза, у флагового — более чем в 3 раза меньше.

Т а б л и ц а 1

Площадь листьев главного стебля ячменя (числитель, см<sup>2</sup>)  
и продолжительность периода активной вегетации (знаменатель, дни)  
в среднем за 1987 и 1989 гг.

Вариант	№ листа на главном стебле								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Среднеокультуренная почва</i>									
1	$\frac{2,2}{29}$	$\frac{3,5}{30}$	$\frac{4,3}{31}$	$\frac{5,3}{30}$	$\frac{6,8}{32}$	$\frac{8,5}{35}$	$\frac{8,7}{39}$	$\frac{7,2}{39}$	$\frac{2,2}{33}$
2	$\frac{2,8}{30}$	$\frac{2,1}{32}$	$\frac{4,7}{32}$	$\frac{6,7}{30}$	$\frac{9,0}{30}$	$\frac{11,3}{32}$	$\frac{14,3}{42}$	$\frac{12,8}{43}$	$\frac{4,3}{38}$
3	$\frac{2,1}{30}$	$\frac{4,3}{30}$	$\frac{5,8}{30}$	$\frac{7,5}{30}$	$\frac{9,5}{32}$	$\frac{11,8}{34}$	$\frac{12,9}{40}$	$\frac{11,0}{42}$	$\frac{4,0}{39}$
4	$\frac{2,8}{30}$	$\frac{4,1}{30}$	$\frac{5,5}{30}$	$\frac{7,0}{29}$	$\frac{8,8}{32}$	$\frac{12,3}{36}$	$\frac{13,9}{44}$	$\frac{12,1}{46}$	$\frac{3,8}{41}$
<i>Хорошо окультуренная почва</i>									
1	$\frac{2,7}{30}$	$\frac{4,0}{29}$	$\frac{5,2}{31}$	$\frac{7,2}{30}$	$\frac{10,1}{30}$	$\frac{13,2}{35}$	$\frac{12,5}{40}$	$\frac{9,1}{43}$	$\frac{3,5}{38}$
2	$\frac{3,1}{32}$	$\frac{4,5}{31}$	$\frac{5,3}{32}$	$\frac{6,5}{29}$	$\frac{9,7}{33}$	$\frac{13,7}{35}$	$\frac{18,8}{42}$	$\frac{18,2}{45}$	$\frac{7,3}{42}$
3	$\frac{3,0}{29}$	$\frac{4,4}{29}$	$\frac{5,2}{28}$	$\frac{6,7}{28}$	$\frac{9,1}{29}$	$\frac{10,5}{37}$	$\frac{10,4}{41}$	$\frac{9,9}{45}$	$\frac{3,0}{42}$
<i>Слабоокультуренная почва</i>									
	$\frac{2,9}{27}$	$\frac{4,8}{35}$	$\frac{3,8}{35}$	$\frac{3,8}{32}$	$\frac{6,5}{30}$	$\frac{8,5}{31}$	$\frac{10,4}{31}$	$\frac{8,7}{38}$	$\frac{3,2}{31}$

Листья нижних и верхних ярусов различаются по продолжительности функционирования. В среднем по всем вариантам листья верхнего

яруса функционировали на 8 дней дольше, чем нижнего. Наиболее долгоживущим является предфлаговый лист, наименее — 1-й лист. Если

Таблица 2

**Фотосинтетический потенциал листьев главного стебля ячменя**  
(числитель,  $\text{см}^2 \cdot \text{дн}$ ) и вклад в него отдельных листьев (знаменатель, %) в среднем за 1987 и 1989 гг.

Ва- ри- ант	№ листа на главном стебле									Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Среднекультуренная почва</i>										
1	$\frac{64,4}{3,9}$	$\frac{104,7}{6,3}$	$\frac{133,0}{8,0}$	$\frac{158,4}{9,5}$	$\frac{217,9}{13,1}$	$\frac{295,8}{17,7}$	$\frac{338,5}{20,3}$	$\frac{280,0}{16,8}$	$\frac{73,6}{4,4}$	$\frac{1666,3}{100}$
2	$\frac{83,4}{3,3}$	$\frac{129,9}{5,2}$	$\frac{151,4}{6,0}$	$\frac{201,3}{8,0}$	$\frac{270,6}{10,8}$	$\frac{360,6}{14,4}$	$\frac{601,9}{23,9}$	$\frac{551,3}{21,9}$	$\frac{163,4}{6,5}$	$\frac{2513,7}{100}$
3	$\frac{89,4}{3,6}$	$\frac{128,1}{5,2}$	$\frac{172,8}{7,1}$	$\frac{224,4}{9,1}$	$\frac{305,0}{12,4}$	$\frac{399,8}{16,3}$	$\frac{517,6}{21,1}$	$\frac{463,7}{18,9}$	$\frac{154,4}{6,3}$	$\frac{2455,2}{100}$
4	$\frac{85,2}{3,2}$	$\frac{121,8}{4,6}$	$\frac{164,7}{6,3}$	$\frac{202,1}{7,7}$	$\frac{281,9}{10,7}$	$\frac{443,8}{16,9}$	$\frac{611,2}{23,3}$	$\frac{557,5}{21,3}$	$\frac{156,2}{6,0}$	$\frac{2624,5}{100}$
<i>Хорошо окультуренная почва</i>										
1	$\frac{81,3}{3,4}$	$\frac{116,6}{4,8}$	$\frac{160,0}{6,8}$	$\frac{215,4}{9,1}$	$\frac{303,3}{12,8}$	$\frac{461,3}{19,6}$	$\frac{501,2}{21,2}$	$\frac{393,0}{16,7}$	$\frac{133,0}{5,6}$	$\frac{2663,0}{100}$
2	$\frac{99,8}{3,0}$	$\frac{138,3}{4,1}$	$\frac{170,2}{5,3}$	$\frac{188,5}{5,7}$	$\frac{321,1}{9,7}$	$\frac{478,1}{14,4}$	$\frac{790,6}{23,8}$	$\frac{820,4}{24,7}$	$\frac{307,0}{9,3}$	$\frac{3313,8}{100}$
3	$\frac{85,8}{3,9}$	$\frac{127,0}{5,8}$	$\frac{144,5}{6,6}$	$\frac{187,6}{8,5}$	$\frac{263,6}{12,0}$	$\frac{387,0}{17,6}$	$\frac{427,6}{19,5}$	$\frac{446,4}{20,3}$	$\frac{127,6}{5,8}$	$\frac{2197,3}{100}$
<i>Слабокультуренная почва</i>										
	$\frac{78,6}{4,6}$	$\frac{146,0}{8,6}$	$\frac{133,0}{7,9}$	$\frac{120,9}{7,2}$	$\frac{196,2}{11,6}$	$\frac{263,2}{15,6}$	$\frac{323,6}{19,2}$	$\frac{328,7}{19,5}$	$\frac{98,3}{5,8}$	$\frac{1688,5}{100}$

расположить листья по продолжительности жизни в убывающем порядке, то ряд будет выглядеть следующим образом: 8 — 7 — 9 — 6 — 3 — 5 — 2 — 4 — 1.

На размеры площади листьев и продолжительность их функционирования влияли степень окультуренности почвы и уровень минерального питания. Особенно это проявилось у листьев верхнего яруса.

В вариантах без внесения мине-

ральных удобрений на слабокультуренной почве площадь листьев верхнего яруса составила  $30,75 \text{ см}^2$ , на среднекультуренной —  $26,54$ , на хорошо окультуренной —  $38,45 \text{ см}^2$ ; при внесении расчетных норм удобрений на среднекультуренной —  $39,70$ , на хорошо окультуренной —  $58,02 \text{ см}^2$ .

В зависимости от плодородия почвы различия в продолжительности жизни листьев верхнего яруса со-

ставляли 2—8 дней, а в зависимости от минерального питания — 1—4 дня. Исключением был флаговый лист: сбалансированное минеральное питание удлиняло его жизнь на среднекультуренной почве на 6 дней, а на хорошо окультуренной — на 5.

Максимальная поверхность листьев главного стебля наблюдается в межфазный период выход в трубку — колошение, когда идет формирование структурных элементов колоса и отмечается быстрый рост соломины.

Основной вклад в фотосинтетический потенциал в период созревания и налива зерна дают 3 верхних листа. До начала налива колоса их площадь сравнима с общей площадью листьев нижних ярусов. К моменту налива зерна нижние листья отмирают и фотосинтетический потенциал в основном определяется листьями верхних ярусов. При благоприятных условиях минерального питания фотосинтетический потенциал 3 верхних листьев составляет 53,3% общего потенциала на среднекультуренной почве и 57,8% — на хорошо окультуренной почве, но при недостаточном минеральном обеспечении его доля падает соответственно до 41,5 и 43,5%.

Наибольшим фотосинтетическим потенциалом обладает 7-й лист (21,5%), наименьшим — 1-й (3,6%). По вкладу в общий фотосинтетический потенциал побега листья располагаются в следующем убывающем порядке: 7 — 8 — 5 — 4 — 3 — 9 — 2 — 1.

Повышение плодородия почвы способствовало увеличению фотосинтетического потенциала главного стебля ячменя: его значение на

хорошо окультуренной почве было в 1,4 раза выше, чем на слабо- и среднекультуренной почвах.

При внесении расчетных доз удобрений этот показатель на хорошо окультуренной почве оказался в 1,4 раза, а на среднекультуренной — в 1,5 раза выше.

Рост, тканевая дифференцировка и старение листа определяют непрерывное изменение структурного и функционального состояния всех элементов ассимиляционного аппарата. В результате фотосинтетическая функция растения непрерывно изменяется и на каждом этапе онтогенеза важно выделить те части растения, которым принадлежит роль в ассимиляции  $\text{CO}_2$ .

Несомненный интерес представляет изменение вклада пластинок и влагалищ листьев, а также нелистовых ассимилирующих органов растения ячменя в общий фотопотенциал при различных условиях выращивания.

В период интенсивного налива колоса наблюдаются снижение фотосинтетической функции пластинок листьев и ее увеличение у влагалищ и колосьев. Первое объясняется уменьшением площади ассимилирующей поверхности и старением фотосинтетического аппарата пластинок листьев, а последнее — достаточной ассимиляционной активностью остающихся зелеными влагалищ листьев. По нашим наблюдениям, колос ячменя сорта Зазерский 85 при благоприятных условиях продолжает активно ассимилировать до начала восковой спелости, затем, даже после пожелтения других элементов колоса, еще до 4 дней продолжают функционировать ости колоса, остающиеся зелеными.

Значительная площадь и продолжительный срок вегетации позволяют другим ассимилирующим органам вносить больший вклад в общий фотопотенциал побега по сравнению с листьями. Так, в среднем за

вегетацию он составлял от 66,3 до 61,2% (рисунок, табл. 3), но уменьшался по мере улучшения минерального питания, при этом соответственно увеличивался вклад листовых пластинок.

Т а б л и ц а 3

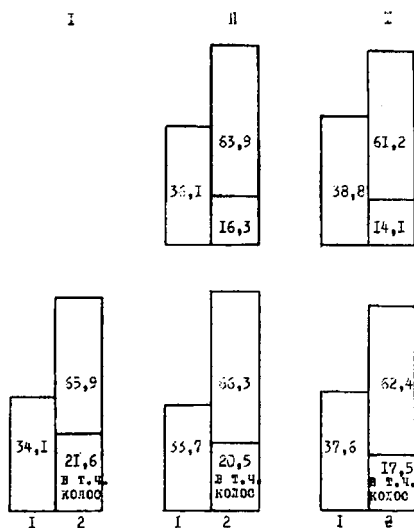
**Структура фотосинтетического потенциала главного стебля ячменя в среднем за 1987 и 1989 гг. (в см<sup>2</sup> · дн — числитель и в % — знаменатель)**

Вариант	Пластинки листьев	Влагалище листьев со стеблем	Колос	Суммарный
<i>Среднеокультуренная почва</i>				
1	$\frac{1666,3}{33,7}$	$\frac{2266,4}{45,8}$	$\frac{1002,6}{20,5}$	$\frac{4945,2}{100}$
2	$\frac{2513,7}{38,0}$	$\frac{3057,4}{46,2}$	$\frac{1052,5}{15,8}$	$\frac{6623,7}{100}$
3	$\frac{2455,2}{36,1}$	$\frac{3241,5}{47,6}$	$\frac{1114,4}{16,3}$	$\frac{6811,1}{100}$
4	$\frac{2624,5}{38,8}$	$\frac{3097,7}{45,8}$	$\frac{1047,5}{15,4}$	$\frac{6769,7}{100}$
<i>Хорошо окультуренная почва</i>				
1	$\frac{2363,0}{37,6}$	$\frac{2823,9}{44,9}$	$\frac{1098,5}{17,5}$	$\frac{6285,8}{100}$
2	$\frac{3313,8}{38,8}$	$\frac{4027,9}{47,1}$	$\frac{1210,1}{14,1}$	$\frac{8551,8}{100}$
3	$\frac{2197,3}{36,2}$	$\frac{2858,6}{47,0}$	$\frac{1023,3}{16,8}$	$\frac{6079,2}{100}$
<i>Слабоокультуренная почва</i>				
	$\frac{1688,5}{34,1}$	$\frac{2195,0}{44,3}$	$\frac{1069,7}{21,6}$	$\frac{4953,1}{100}$

По мере улучшения окультуренности почвы и минерального питания заметно уменьшался (от 21,6 до 14,1%) и вклад колоса.

На основании данных о структуре фотосинтетического потенциала все листья можно разделить на 2 груп-

пы. К 1-й группе относятся листья нижних ярусов (1—5-й), деятельность которых определяет обеспечение ассимилятами вегетативного этапа онтогенеза, закладку колоса и формирование корневой системы. Ко 2-й группе относятся листья вер-



Вклад ассимилирующих частей растения ячменя в фотосинтетический потенциал главного стебля (%) при внесении расчетных норм удобрений на усвоение 3% ФАР (вверху) и без удобрений (внизу); I, II, III — соответственно слабоокультуренная, среднеокультуренная, хорошо окультуренная почва; 1 — пластинки листьев, 2 — другие ассимилирующие органы.

ных ярусов (6—9-й), обеспечивающие рост колоса и налив зерна.

Полученные нами данные о доли участия листьев разных ярусов в фотопотенциале растения согласуются с литературными [2, 4, 5]. В то же время для пшеницы установлены лишь незначительные различия между флаговыми и предшествующими листьями по площади и продолжительности вегетации [3, 6]. Нами же отмечены 3-кратная разница по площади и значительные (4 дня) различия по продолжительности вегетации между листьями двух верхних ярусов. Близкие данные получены на ячмене [9, 10, 16].

Имеются данные по нетто-асси-

миляции основных фотосинтезирующих органов при различном минеральном питании посевов ячменя [13]. С их учетом можно определить продуктивность фотосинтеза этих органов по каждому варианту и их вклад (в процентах к суммарному) в обеспечение ассимилятами колоса (табл. 4).

Наибольший вклад в среднем по вариантам вносит сам колос — 28,7%, затем следуют пластинки предфлагового листа — 23,0, 7-го листа — 8,5, влагалище флагового листа — 7,5, пластинка 6-го листа — 7,1 и, наконец, влагалище предфлагового листа — 3,8%. Столь малую долю вклада влагалищ по сравнению с пластинками можно объяснить низкой нетто-ассимиляцией этих органов из-за высоких значений ночного дыхания, обусловленных энергетическими затратами на транспорт ассимилятов.

Из табл. 4 следует, что вклад различных органов значительно варьирует в зависимости от обеспечения растений основными минеральными элементами. В вариантах без удобрений вклад колоса самый значительный и изменяется от 29,6% на хорошо окультуренной почве до 36,3% на слабоокультуренной. В этих вариантах значительно меньше, чем в вариантах с удобрениями, доля трех верхних листьев. Она составляет на средне-, хорошо и слабоокультуренной почвах соответственно 44,7%, 50,3 и 46,7%.

Наименьший вклад колоса в суммарную ассимиляцию  $CO_2$  (21,2%) отмечен в варианте с расчетными дозами удобрений на хорошо окультуренной почве. Это обусловлено значительной листовой повер-

Т а б л и ц а 4

Трофическое обеспечение урожая колоса главным стеблем ячменя  
в среднем за 1987, 1989 гг. (в мг CO<sub>2</sub> — числитель, в % — знаменатель)

Ва- ри- ант	Пластинки листьев				Влагалище листьев		Колос	Всего
	6	7	8	9	8	9		
<i>Среднеокультуренная почва</i>								
1	<u>211,2</u> 7,4	<u>560,9</u> 19,8	<u>539,0</u> 19,0	<u>167,9</u> 5,0	<u>113,8</u> 4,0	<u>225,6</u> 8,0	<u>1016,7</u> 35,9	<u>2835,1</u> 100
2	<u>257,5</u> 6,1	<u>997,3</u> 23,7	<u>1061,2</u> 25,2	<u>372,7</u> 8,8	<u>150,4</u> 3,6	<u>308,4</u> 7,3	<u>1067,3</u> 25,3	<u>4214,8</u> 100
3	<u>285,5</u> 7,1	<u>857,7</u> 21,4	<u>892,6</u> 22,3	<u>352,3</u> 8,8	<u>166,9</u> 4,2	<u>317,5</u> 7,9	<u>1130,0</u> 28,3	<u>4002,5</u> 100
4	<u>316,9</u> 7,4	<u>1012,7</u> 23,6	<u>1073,2</u> 25,0	<u>356,3</u> 8,3	<u>148,0</u> 3,5	<u>318,0</u> 7,4	<u>1062,1</u> 24,8	<u>4287,2</u> 100
<i>Хорошо окультуренная почва</i>								
1	<u>329,4</u> 8,8	<u>830,5</u> 22,1	<u>756,6</u> 20,1	<u>303,4</u> 8,1	<u>143,6</u> 3,8	<u>284,5</u> 7,5	<u>113,9</u> 29,6	<u>3761,9</u> 100
2	<u>341,4</u> 5,9	<u>1309,8</u> 22,7	<u>1579,2</u> 27,3	<u>700,3</u> 12,1	<u>202,1</u> 3,5	<u>418,0</u> 7,3	<u>1227,0</u> 21,2	<u>5777,8</u> 100
3	<u>276,3</u> 7,6	<u>708,6</u> 19,6	<u>859,3</u> 23,8	<u>291,2</u> 8,1	<u>150,4</u> 4,2	<u>287,2</u> 8,0	<u>1037,6</u> 28,7	<u>3610,6</u> 100
<i>Слабоокультуренная почва</i>								
	<u>187,9</u> 6,3	<u>536,3</u> 18,0	<u>632,7</u> 21,2	<u>224,2</u> 7,5	<u>108,9</u> 3,6	<u>211,3</u> 7,1	<u>1084,7</u> 36,3	<u>2986,0</u> 100

хностью и продлением времени функционирования листьев в результате действия минеральных удобрений. Вклад 3 верхних листьев в этом варианте наибольший (62,1%), что объясняется не только увеличением 7-го и предфлагового листьев, но главным образом ростом вклада флагового листа (12,1%), который, очевидно, более отзывчив на сбалансированное минеральное питание. В наибольшей мере варьирует в зави-

симости от уровня минерального питания (до 15%) вклад колоса в общее трофическое обеспечение, в наименьшей — вклад 6-го листа и влагалищ верхних листьев.

Высокая продуктивность растений обеспечивается как эффективным фотосинтезом, так и оптимальным распределением ассимилятов между колосом и другими органами.

На любой фазе развития растения наибольшей силой аттракции обла-



дает растущий орган. Так, в период роста элементов колоса (конец фазы выхода в трубку) основная часть ассимилятов из 4 верхних листьев направляется к нему. В фазу колошения, когда интенсивно растет соломина, выносящая колос из влагалища флагового листа, поток ассимилятов идет преимущественно в нее и не только из листьев, но даже из колоса, ости которого первыми появляются из влагалища флагового листа и направляют в это время ассимиляты в соломину [12]. После того как рост соломины прекращается и колос полностью выходит из влагалища, некоторое время соломина остается главным аттрагирующим центром и интенсивно запасает ассимиляты. В период налива зерна колос снова становится основным акцептором ассимилятов.

Из 3 верхних листьев предфлаговый можно назвать ведущим донором, немного меньше посылает ассимилятов в колос 7-й лист и значительно меньше (в 2,7 раза) — флаговый. В это время происходит реутилизация запасенных в соломине продуктов фотосинтеза, свидетельством чего служит уменьшение ее массы в фазу налива зерна, что согласуется с литературными данными [9]. Такое уменьшение массы продолжается до начала фазы восковой спелости, а потом наступает ее стабилизация. К этому же времени начинается созревание зерна и стабилизируется масса колоса. Реутилизация запасенных в соломине за период трубкувания и колошения ассимилятов может обеспечивать у ячменя около 20% урожая зерна.

Кроме соломины, важнейшей частью растения, где происходят отложение пластических веществ в

запас и по мере необходимости их обратный отток, является корневая система.

На озимой пшенице показано [11], что за счет использования резервных углеводов, жира и белка, содержащихся в листьях, стеблях и корнях, формируется 20% урожая зерна. Причем основными донорами белка являются листья, углеводов — стебли, а жир в зерно поступает главным образом из корней.

Мы вправе предположить, что по такой же схеме происходят запасающие и реутилизация основных пластических веществ и у ячменя, хотя количественные характеристики могут варьировать. Последнее требует дальнейшего изучения.

### Выводы

1. По структуре фотосинтетического потенциала, роли верхних листьев в обеспечении колоса и роли колоса в продукционном процессе ячмень отличается от других хлебных злаков. По размерам и времени функционирования флаговый лист значительно уступает остальным листьям верхнего яруса. Для ячменя также характерна большая доля колоса в общем фотосинтезе стебля.

2. Основными поставщиками пластических веществ для налива зерна следует считать колос, предфлаговый и 7-й листья.

3. Вклад каждого из поставщиков ассимилятов значительно меняется в зависимости от обеспечения ячменя элементами минерального питания.

4. Минеральные удобрения способствуют формированию более мощного фотосинтетического потенциала: на уровне отдельного побега — за счет более развитых

ассимилирующих органов и продления времени их функционирования, на уровне посева — за счет большего количества органов, способных к ассимиляции.

5. Применение минеральных удобрений продлеvalo жизнь и функционирование листьев верхнего яруса ячменя на 1—6 дней. Различия в плодородии почвы изменяли продолжительность жизни этих листьев от 2 до 8 дней.

6. Флаговый лист исследуемого сорта ячменя раскрывает полностью свой потенциал только при высоком уровне обеспечения элементами питания в близких к оптимальным условиям выращивания. Так, в благоприятные по погодным условиям годы площадь флагового листа ячменя в варианте с нормами удобрений, рассчитанными на утилизацию урожаем 3% ФАР, увеличивалась в 2,5 раза и достигала 10 см<sup>2</sup>, а в менее благоприятные — составляла 2—4 см<sup>2</sup>. В 2,6 раза при этом возрастал фотосинтетический потенциал флагового листа.

7. Формирование мощного листового фотосинтетического аппарата за счет увеличения вклада 7-го и предфлагового листьев, а также за счет 3—4-кратного увеличения площади флагового листа — путь к наиболее полному раскрытию потенциальной урожайности ячменя сорта Зазерский 85.

Флаговый лист ячменя — естественный индикатор условий выращивания.

8. Значительное увеличение вклада самого колоса в общее его трофическое обеспечение по мере ухудшения условий минерального питания характеризует колос ячменя как орган, компенсирующий недоста-

точно развитый фотосинтетический листовой аппарат при дефиците основных элементов минерального питания либо влаги. Естественной реакцией при этом является снижение урожайности зерна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Быстрых Е.Б.* Фотофосфорилирование и продуктивность яровой пшеницы. — С.-х. биология, 1983, т. 18, с. 44—45. — 2. *Гуляев Б.И., Ильязук Е.М., Митрофанова Б.А.* Фотосинтез и продукционный процесс. Киев: Наукова думка, 1983. — 3. *Кумаков В.А.* Селекция на повышение фотосинтетической продуктивности растений. — Итоги науки и техники. Сер. физиол. раст. М., 1977, т. 3, с. 108—126. — 4. *Кумаков В.А.* Коррелятивные отношения между органами растения в процессе формирования урожая. — Физиол. раст., 1980, т. 27, вып. 5, с. 957—985. — 5. *Кумаков В.А.* Физиология яровой пшеницы. М.: Колос, 1980. — 6. *Кумаков В.А.* Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. М.: Колос, 1985. — 7. *Лимарь Р.С., Антилогова Н.Н.* Динамика транспорта углерода в растениях яровой пшеницы. — Бюл. ВНИИ растениеводства. М., 1979, № 87, с. 55—58. — 8. *Лясковский М.И., Калинин Ф.Л.* Синтез компонентов клеточной стенки стебля пшеницы и ее устойчивость к полеганию. — Тез. докл. конфер. «Селекция на устойчивость к полеганию и короткостебельность растений». Киев, 1974, с. 60—62. — 9. *Терентьев В.М., Петрович Ж.И.* Ометаболической подвижности гемицеллюлоз у ячменя. Физиолого-биохимические исследования растений. Минск: Наука и техника,

- 1968, с. 114—119. — **10.** Шатилов И.С., Ваулин А.В. Динамика ассимилирующей поверхности и роль отдельных органов растений в формировании урожая ячменя. — Изв. ТСХА, 1972, вып. 1, с. 11—30. — **11.** Шатилов И.С., Силин А.Д., Полев Н.А., Шаров А.Ф. Значение фотосинтетической продуктивности и оттока пластических веществ из разных органов для формирования урожая озимой пшеницы. — Изв. ТСХА, 1989, вып. 2, с. 17—28. — **12.** Шатилов И.С., Замираев А.Г., Корниенко А.В. Транспорт пластических веществ от цветения до созревания ячменя при разном уровне минерального питания. — Изв. ТСХА, 1990, вып. 1, с. 84—94. — **13.** Шатилов И.С., Замираев А.Г., Шаров А.Ф., Корниенко А.В. Углекислотный газообмен ячменя в онтогенезе. — Изв. ТСХА, 1994, вып. 3, с. 3—13. — **14.** Cook M.G., Evans L.T. Role of sink size in distribution of assimilates of the photosynthesis. — Plant industry Ann. Report Canberra, 1977, p. 91—92. — **15.** Wareing P.F., Patrick I. Source-sink relations and partition of assimilates in the plant. — Photosynthesis and productivity in different environments. — Cambr. Univ. Press, 1975, p. 481—499. — **16.** Wheeler A.W. — Ann. Bot., 1980, vol. 46, № 3, p. 379—381.
- Статья поступила 21 марта 1995 г.*

#### SUMMARY

The values of photosynthetic potentials in all leaf plates of the main stem of barley under different growing conditions are calculated. Variation in the contribution to general photopotential of the main assimilating barley organs under the effect of different mineral nutrition and changes in soil fertility is determined. In generative period of ontogenesis trophic supply of the ear by the main photosynthesizing parts of barley plants — by plates of four and sheaths of two upper leaves, as well as by the ear itself — is shown.