

УДК 633.367.3:581.132

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ РАЗНОТИПНЫХ СОРТОВ БЕЛОГО ЛЮПИНА

П. П. ВАВИЛОВ, Г. Г. ГАТАУЛИНА, В. В. КОЗЛОВ

(Кафедра растениеводства)

Фотосинтетическая деятельность ценозов — динамический процесс, меняющийся во времени и зависящий от особенностей культуры, сорта, возраста растений и условий среды [3, 4, 7, 8]. Исследования фотосинтетической деятельности посевов различных сельскохозяйственных культур позволили определить оптимальные графики формирования урожая для конкретных условий. Показано, что улучшение условий формирования урожая обычно вызывает увеличение ассимиляционной поверхности посева, в результате чего возрастает накопление биомассы [3—6, 8—10]. Однако при чрезмерном разрастании листовой поверхности могут возникать нежелательные изменения в структуре посева, что приводит к снижению хозяйственного урожая и ухудшению его качества [3, 4, 5, 9].

Белый люпин — весьма пластичная культура. В его посевах сильно изменяются характер роста растений и значения показателей фотосинтетической деятельности при изменениях условий среды [1, 2]. Эта ценная высокобелковая и урожайная культура еще не получила широкого распространения в основном из-за неустойчивой по годам урожайности и невызревания семян в отдельные годы. Очевидна необходимость разработки таких агротехнических приемов, которые смогли бы смягчить воздействия неблагоприятных метеорологических условий на его посева, что, в свою очередь, потребует изучения биологических особенностей формирования урожая, в частности фотосинтетической деятельности посевов белого люпина различных сортов.

В данной работе мы рассматриваем развитие растений и формирование урожая белого люпина как фотосинтезирующей системы по периодам [1]. Перед нами стояли следующие задачи: установить особенности фотосинтетической деятельности у разнотипных сортов белого кормового люпина, определить диапазон изменчивости характеристик развития посева как фотосинтезирующей системы и лимитирующие факторы в формировании высоких и устойчивых урожаев семян белого люпина.

Материал и методика

Полевые опыты закладывали в 1973—1975 гг. на экспериментальной базе уроча за им. Калининна в Мичуринском районе Тамбовской области. Почва — выщелоченный чернозем средней мощности, pH 5,8—6,1. Изучали сорта: Белый 6 — позднеспелый многоярусный; Киевский мутант — скороспелый, с ограниченной способностью к ветвлению; Старт — ультраскороспелый низкорослый. Способ посева — широкорядный с междурядьями 45 см, норма — 0,5 млн. семян на 1 га. Испытывали 3 срока посева: 1-й — ранний, одновременно с посевом ранних яровых культур; 2-й и 3-й, следую-

щие за 1-м с промежутком соответственно 15 и 30 дней. Размер опытной делянки — 70 м², повторность — 4-кратная.

Для характеристики свойств посева как фотосинтезирующей системы учитывали в динамике площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал (ФП), чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) и нарастание биомассы по методикам, изложенным в работах А. А. Ничипоровича и других авторов. Урожай семян определяли методом сплошного учета и приводили к 14% влажности. Урожайные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа.

Развитие растений каждого сорта изучали в течение трех лет при трех сроках посева, что позволило выделить 9 сочетаний внешних условий, главные из которых — температурный режим и обеспеченность влагой.

Период вегетации люпина, в течение которого осуществляется фотосинтез, подразделен нами в результате анализа многолетних данных на 4 периода [1].

В I период — от всходов до начала цветения — происходит рост главного побега, закладываются репродуктивные органы. Важнейшим выходным показателем периода, оказывающим влияние на последующее развитие посева и урожай, является размер листовой поверхности к началу цветения.

В наиболее противоречивый и сложный II период — цветение и образование бобов — усиленно растут вегетативные органы (боковые побеги), наиболее быстрыми за вегетацию темпами увеличивается ассимиляционная поверхность, достигающая здесь максимума, и в то же время последовательно по ярусам идут цветение и образование плодов. В конце периода завершается

рост растений в высоту и прекращается нарастание листьев. Важнейшие выходные показатели этого периода — максимальные за вегетацию значение листовой поверхности и число плодов в расчете на единицу площади.

В III период формируются (растут) плоды. Листовая поверхность начинает постепенно уменьшаться в результате опадения нижних листьев. К концу периода плоды становятся наибольшими по размерам и массе, а урожай зеленой массы — максимальным. К главным выходным величинам периода относятся число семян на единицу площади, накопление биомассы и протенна в ней.

IV период — налив семян. Ассимиляционная поверхность быстро уменьшается к концу периода до нуля, идет отток пластических веществ, особенно азота, в семена. Выходные величины этого периода — урожай семян, сбор протенна с гектара, урожай биомассы.

В дальнейшем указывается только номер периода.

Продолжительность периодов и метеорологические факторы

Изучаемые сорта значительно различались по продолжительности вегетации (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

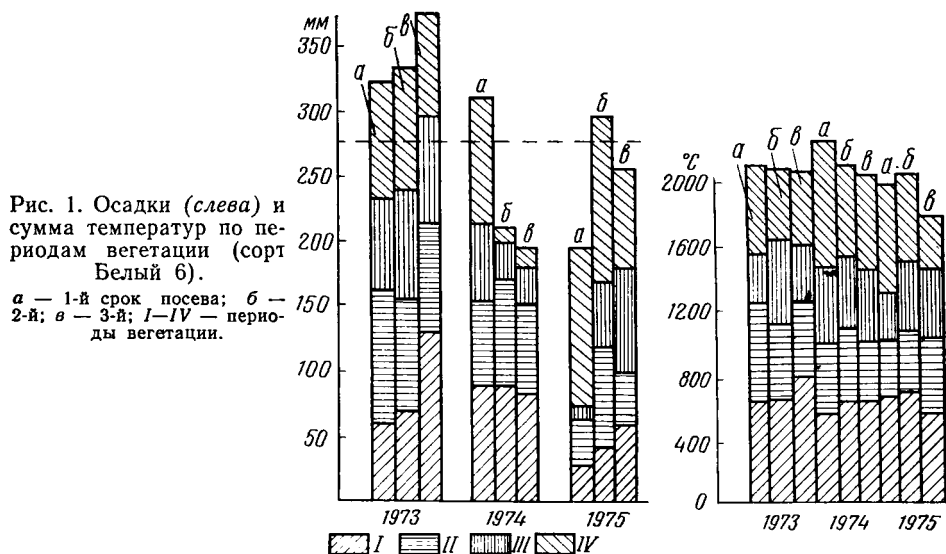
Продолжительность периодов вегетации (дни) в 1973—1975 гг.

Период	Среднее по годам и срокам посева	1973			1974			1975		
		срок посева								
		1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
Белый 6										
I—IV	126	135	140	145	140	133	124	106	111	106
I	38	43	40	44	44	37	36	37	34	31
II	30	34	30	29	29	30	25	20	24	24
III	22	17	27	31	25	25	25	15	23	21
IV	36	37	40	40	42	41	40	34	30	30
Киевский мутант										
I—IV	107	118	110	122	118	112	108	89	98	91
I	37	42	36	43	43	35	35	36	34	31
II	24	25	24	24	24	24	22	18	22	20
III	21	22	23	27	23	23	20	15	21	20
IV	25	29	27	28	28	30	31	20	21	20
Старт										
I—IV	96	107	98	109	109	102	95	80	81	83
I	36	41	34	40	42	34	33	35	31	31
II	20	21	22	22	22	22	17	16	16	18
III	18	19	20	22	20	21	19	12	15	16
IV	22	26	22	25	24	25	26	17	19	18

В среднем из 9 сочетаний условий продолжительность активной фотосинтетической деятельности у позднеспелого сорта Белый 6 составила 126 дней, у Киевского мутанта — на 19 дней, у Старта — на 30 дней меньше. Наибольшие различия отмечались во II и IV периоды. За этими средними величинами стоит широкий диапазон изменчивости про-

должительности вегетации и отдельных периодов в связи с изменением метеорологических факторов (табл. 1—3, рис. 1).

Продолжительность периода от всходов до начала созревания у позднеспелого сорта Белый 6 изменялась от 106 дней в засушливом



1975 г. до 145 дней и более при обилии осадков в 1973 г., у Киевского мутанта — соответственно от 89 до 122, у Старта — от 81 до 109 дней. Даже если исключить год с резким недостатком влаги, колебания этого

Таблица 2

Метеорологические условия в отдельные периоды вегетации (среднее по годам и срокам посева)

Период	Осадки, мм			Среднесуточная температура, °С			Сумма температур, °С		
	Белый 6	Киевский мутант	Старт	Белый 6	Киевский мутант	Старт	Белый 6	Киевский мутант	Старт
I—IV	276	237	226	17,0	17,5	18,0	2149	1878	1732
I	72	69	67	17,1	17,0	16,8	650	629	605
II	71	60	53	19,0	19,0	20,8	570	456	416
III	53	52	53	18,2	18,6	18,6	400	391	335
IV	80	56	53	14,7	16,1	17,1	529	402	376

показателя достигало у сорта Белый 6 20 дней, у Киевского мутанта и Старта — 14—15 дней.

В 1973 г. 1-й срок посева был наиболее благоприятным для формирования урожая семян. Осадков в этом случае выпало не больше, чем при других сроках посева, но температурный режим складывался по-разному для растений различных сроков посева. Во время налива Белого 6 среднесуточная температура была всего 10,2° при 2-м сроке и 8,3° при 3-м. Поэтому продолжительность периода увеличилась и семена не успели созреть.

Понижение температуры в IV периоде при 2-м и 3-м сроках посева у Киевского мутанта и Старта было не таким сильным, как в случае с Белым 6. У них период налива также удлинился, но в меньшей сте-

пени, чем у позднеспелого сорта. При 3-м сроке посева в первые два периода выпало значительно больше осадков, но это существенно не повлияло на продолжительность вегетации.

В 1974 г. весна оказалась затяжной и холодной, при 1-м сроке посева период до цветения также был холодным (среднесуточная температура около 13°, на 2—3° ниже, чем в 1973 г.) и выпало много осад-

Т а б л и ц а 3

Среднесуточная температура по периодам вегетации (°С)

Период	1973			1974			1975		
	срок посева								
	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
Белый 6									
I—IV	16,5	15,4	14,5	16,0	16,5	16,9	19,1	19,0	18,3
I	15,3	17,0	18,3	13,4	16,8	17,2	18,0	19,4	18,4
II	18,8	18,3	18,0	19,2	18,8	18,8	20,3	20,0	18,8
III	17,3	18,0	15,2	18,3	18,1	17,8	20,4	19,2	19,6
IV	15,5	10,2	8,3	15,6	16,4	14,2	19,3	17,3	16,0
Киевский мутант									
I—IV	17,5	16,8	14,9	16,0	17,2	17,2	19,3	19,3	18,6
I	15,8	16,7	18,2	12,9	16,7	17,7	17,9	19,4	18,4
II	18,0	18,1	17,6	18,8	18,8	18,9	20,9	20,6	19,4
III	17,8	18,1	17,3	18,3	18,3	18,8	19,8	19,2	20,0
IV	17,3	19,0	10,0	17,5	15,8	14,9	19,2	18,8	16,7
Старт									
I—IV	16,8	17,3	16,5	16,0	17,3	17,7	18,9	22,0	18,8
I	14,7	16,6	18,1	12,7	16,6	17,1	17,4	14,2	14,4
II	18,0	18,3	17,7	18,8	18,2	25,4	20,9	20,6	19,3
III	18,2	17,9	17,9	17,5	18,2	18,6	20,2	19,3	20,0
IV	18,1	16,7	11,2	17,5	16,8	17,0	19,1	19,6	18,1

ков. Растения росли неплохо, но плодов завязалось меньше, чем в 1973 г. Из-за усиления ростовых процессов у сорта Белый 6 семена не вызрели даже при раннем сроке посева. При 2-м и 3-м сроках посева было теплее в I период (среднесуточная температура 16,7—17,7°), растения зацвели на 7—8 дней раньше, в целом вегетация оказалась более короткой.

1975 г. был резко засушливым, период вегетации растений сократился. Но даже при высокой среднесуточной температуре и недостатке влаги семена не только Белого 6, но и Киевского мутанта при позднем посеве не созрели. При 2-м и 3-м сроках посева в 1975 г. в период вегетации изучаемых сортов, особенно Белого 6 и Киевского мутанта, осадков выпало значительно больше, чем при 1-м.

Таким образом, в любые по погодным условиям годы изучаемые сорта различаются по продолжительности вегетации, но при благоприятных для роста и ветвления условиях эти различия становятся максимальными. Только скороспелый сорт Старт устойчиво созрел во все годы даже при позднем посеве. Падение среднесуточной температуры ниже 14° резко замедляло развитие растений, особенно во время налива. Чаще это случалось при возделывании позднеспелых сортов, а также и при позднем сроке посева скороспелых форм.

Ассимиляционная поверхность и фотосинтетический потенциал

Чем скороспелее и низкорослее сорт, тем меньше у него средняя площадь листьев за период активной фотосинтетической деятельности,

причем различия отмечаются в основном после цветения и усиливаются в каждый последующий период (табл. 4, рис. 2).

В тот момент, когда у Старта уже заканчивался налив семян и все листья опадали, у Киевского мутанта еще продолжался активный фотосинтез, ассимиляционная поверхность составляла около 25 тыс. м²/га, а у Белого 6 — даже 50 тыс. м²/га, т. е. была близка к максимальной. В благоприятных для формирования семян условиях площадь листовой поверхности к цветению достигала 22—27 тыс. м²/га. В течение II и III периодов средняя площадь листьев держалась на уровне 35—40 тыс. м²/га у скороспелого сорта Старт, 40—50 тыс. м²/га — у Киевского мутанта и была несколько больше у Белого 6.

Максимальный за вегетацию размер листовой поверхности у всех сортов отмечался в конце II периода. В связи с разной продолжительностью последнего у разнотипных сортов и неодинаковым ветвлением максимальная за вегетацию листовая поверхность у позднеспелого сорта в среднем составляла 56 тыс. м²/га, у Киевского мутанта — 50, у Старта — 40 тыс. м²/га. В то же время диапазон изменчивости этого показателя в зави-

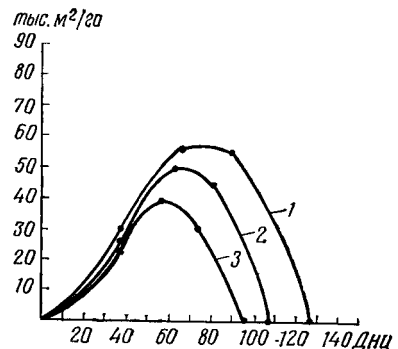


Рис. 2. Площадь листьев разнотипных сортов (среднее по годам и срокам посева).

1 — Белый 6; 2 — Киевский мутант; 3 — Старт.

Таблица 4

Средняя площадь листьев (тыс. м²/га) по периодам вегетации

Период	Среднее по годам и срокам посева	1973			1974			1975		
		срок посева								
		1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
Белый 6										
I—IV	31	21	31	40	43	34	37	18	23	31
I	10	8	12	19	8	11	8	4	4	8
II	44	33	50	80	55	43	37	30	28	38
III	53	30	56	60	74	74	65	30	35	49
IV	30	21	23	12	53	27	38	24	32	45
Киевский мутант										
I—IV	27	27	25	30	30	30	27	17	22	30
I	8	7	9	14	7	9	8	5	3	8
II	40	40	44	63	50	40	33	32	23	33
III	45	48	40	55	59	46	49	26	36	49
IV	29	22	18	12	29	35	41	19	40	43
Старт										
I—IV	21	21	25	30	21	20	23	10	11	16
I	7	6	9	15	6	8	7	4	3	8
II	32	30	40	60	35	33	33	15	14	28
III	35	40	43	53	37	30	40	20	24	24
IV	17	22	19	8	21	17	25	10	14	15

симости от метеорологических факторов очень велик. Так, максимальная величина листовой поверхности в разные годы и сроки посева варьировала у Белого 6 от 35 до 100, у Киевского мутанта — от 32 до 73, у Старта — от 20 до 75 тыс. м²/га. Широкий диапазон изменчивости площади листьев и фотосинтетического потенциала сортов при воз-

дельвании в разные по метеорологическим условиям годы отражен на рис. 3.

Листовая поверхность и фотосинтетический потенциал (табл. 5) в основном определяются количеством осадков. При резком недостат-

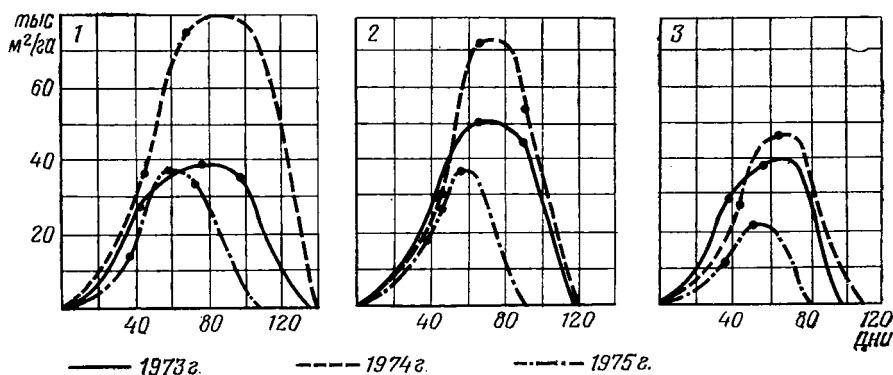


Рис. 3. Площадь листьев разнотипных сортов в разные по метеорологическим условиям годы.

Обозначения те же, что на рис. 2.

ке влаги в первой половине вегетации размер ассимиляционной поверхности уменьшался в 1,5—2 раза по сравнению со средними значениями, характеризующими сорт. Время функционирования листьев и продолжительность отдельных периодов активной фотосинтетической

Таблица 5

Фотосинтетический потенциал (тыс. м²-дн/га)

Период	Среднее по годам и срокам посева	1973			1974			1975		
		срок посева								
		1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
Белый 6										
I—IV	3790	2730	4200	5190	5930	4430	4100	1900	2470	3050
I	365	320	490	850	330	400	340	140	130	240
II	1060	1070	1250	1960	1500	1070	750	520	570	910
III	1285	560	1520	1880	1850	1860	1640	460	820	1000
IV	1070	780	940	500	2250	1100	1400	780	950	900
Киевский мутант										
I—IV	2860	2945	2820	3650	3570	3370	2970	1460	2170	2660
I	300	315	330	620	290	320	270	190	110	250
II	830	930	1050	1200	1160	940	650	520	450	560
III	1000	1070	960	1480	1330	1070	980	360	780	980
IV	730	630	480	350	790	1040	1270	390	830	870
Старт										
I—IV	2000	2310	2530	3340	2440	2100	2260	780	930	1350
I	260	240	300	600	240	270	230	130	80	250
II	630	600	860	1210	860	730	500	210	210	480
III	705	860	940	1330	810	680	860	250	360	340
IV	405	610	430	200	530	420	670	190	280	280

деятельности посева также сокращались. Это определяло значительное снижение значений фотосинтетического потенциала, урожая зеленой массы и семян.

Изменение количества осадков в I—II периоды сразу сказывалось на размере листовой поверхности. Так, в 1973 г. при 3-м сроке посева в I—II периоды выпало заметно больше осадков, чем при 1-м сроке (220 мм против 160), и площадь листьев у всех сортов была в 1,5—2 раза больше. При этом у позднеспелого биотипа она увеличилась значительно, чем у скороспелого,— до 100 тыс. м²/га к концу II периода. Однако такое чрезмерное увеличение листовой поверхности не сопровождалось повышением завязываемости плодов. В засушливом 1975 г. при 3-м сроке посева в I—II периоды осадков выпало значительно больше, чем при раннем посеве, и нарастание листьев в этом случае было близким к норме. При достаточном количестве осадков, но пониженной температуре вегетативный рост усиливался в ущерб формированию семян. Так, в 1974 г. в первой половине вегетации выпало достаточное количество осадков, но среднесуточная температура была на 2—3° ниже, чем в 1973 г. (12,7—13,4° против 14,7—15,8° в 1973 г.). В результате усилились образование боковых побегов и рост листьев, особенно у позднеспелого биотипа.

Чрезмерное нарастание листовой поверхности (свыше 50 тыс. м²/га) не приводило к увеличению семенной продуктивности люпина.

Разнотипные сорта существенно различались по величине фотосинтетического потенциала (табл. 5 и рис. 3), особенно в III и IV периоды (на рисунке величина ФП определяется площадью, заключенной между осью абсцисс и соответствующей кривой площади листьев). У позднеспелого сорта при благоприятных для побегообразования условиях формируется большой фотосинтетический потенциал (5 млн. м²·дн/га), что говорит о способности этого биотипа накапливать высокий урожай зеленой и сухой массы. Однако для обеспечения устойчивого созревания семян нужны формы с ограниченным ветвлением. Скороспелый низкорослый сорт Старт способен формировать фотосинтетический потенциал в 3 млн. м²·дн/га, обеспечивающий создание урожая семян 30—40 ц/га.

Т а б л и ц а 6

Чистая продуктивность фотосинтеза (г/м²·сут)

Период	Среднее по годам и срокам посева	1973			1974			1975		
		срок посева								
		1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
Белый 6										
I—IV	3,6	5,6	2,4	2,0	4,0	5,7	4,5	4,0	5,1	3,5
I	6,3	7,0	5,7	5,3	8,1	6,2	7,1	8,0	9,2	7,5
II	4,3	5,7	5,0	2,0	3,5	5,6	4,1	5,2	5,8	5,0
III	4,0	3,6	1,4	0,8	5,0	5,9	5,6	4,8	6,7	4,0
IV	2,2	6,8	1,0	—	3,0	5,5	2,7	1,9	3,0	1,1
Киевский мутант										
I—IV	3,5	3,6	3,3	2,0	3,5	4,4	4,9	4,1	3,4	2,8
I	6,4	7,7	7,3	6,0	6,5	5,5	4,7	6,5	10,0	6,4
II	4,0	3,8	5,6	2,0	3,7	3,8	4,6	4,8	4,0	4,1
III	3,9	3,9	4,4	0,5	3,8	6,6	6,1	4,0	4,1	3,0
IV	1,2	3,7	—0,4	—	2,0	2,6	3,4	2,9	1,6	0,8
Старт										
I—IV	3,4	3,9	2,6	2,2	4,3	5,4	4,4	5,5	6,4	4,2
I	6,5	8,3	8,3	4,9	7,0	5,5	5,6	6,1	10,0	7,6
II	3,7	7,5	4,9	2,1	3,4	3,3	3,2	5,7	5,2	3,7
III	4,0	3,0	0,6	1,1	4,0	10,8	4,6	8,4	5,0	5,6
IV	—	—1,0	—0,9	—	4,9	—6,4	4,5	1,0	6,8	2,5

Чистая продуктивность фотосинтеза

В среднем по опытам изучаемые сорта почти не различались по продуктивности фотосинтеза. ЧПФ была наиболее высокой за вегетацию в I период и составила 6,3—6,5 г/м²·сут. В II—III периоды она снижалась до 4 г/м²·сут в связи с увеличением площади листьев и их взаимным затенением. Из табл. 6 видно, что видимая (определяемая) ЧПФ очень низка во время налива семян в IV период. В действительности она несколько выше, так как прирост сухой массы учитывался по массе растений в момент взятия проб в период интенсивного опада листьев, что уменьшало определяемый прирост.

В основном на величину ЧПФ оказывал влияние размер площади листьев. Так, в 1973 г. при 3-м сроке посева, когда площадь листьев сильно увеличилась, ЧПФ уменьшалась почти в 2 раза. При недостатке влаги в 1975 г. ЧПФ была выше, чем во влажные годы, в связи с уменьшением листовой поверхности.

Таким образом, ЧПФ не столь сильно зависит от увлажнения и температурного режима, но на нее большое влияние оказывают условия освещенности. У белого люпина ЧПФ всегда снижается при увеличении площади листовой поверхности, так как нижние листья затеняются верхними и фотосинтезируют менее производительно.

Нарастание зеленой, сухой массы и урожай семян

Как правило, максимальное накопление сырой биомассы у всех сортов отмечалось в конце III периода, когда заканчивался рост плодов. Однако у позднеспелого сорта значительное увеличение сырой массы обычно приходилось на время налива, так как опадение листьев здесь замедленно. Некоторое увеличение сырой биомассы в IV период в отдельные годы отмечалось также и у Киевского мутанта. У Старта листья быстро опадали во время налива, сырая биомасса в этот период уменьшалась (табл. 7, рис. 4). В случае выращивания на зеленую массу для силосования белый люпин следует убирать в конце III периода.

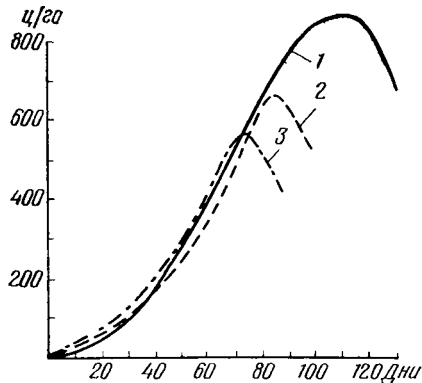


Рис. 4. Нарастание зеленой массы люпина.
Обозначения те же, что на рис. 2.

Различия в темпах и величине накопления сырой и сухой биомассы у разнотипных сортов весьма существенны и прямо зависят от фотосинтетического потенциала. У скороспелого сорта накопление зеленой биомассы было максимальным на 70—75-й

день после появления всходов, у Киевского мутанта — на 80—85-й, а у Белого 6 — только на 98—100-й день вегетации.

У позднеспелого сорта период накопления биомассы более продолжителен и максимум ее наблюдался на 20—25 дней позднее, чем у скороспелого сорта Старт. Эти различия менее существенны в сухие годы. При недостатке влаги у позднеспелых форм не образуется побегов высших ярусов, и растения по своему развитию и урожаю зеленой и сухой массы приближаются к скороспелым.

Различия по урожаю зеленой и сухой массы у каждого из сортов в разные годы и сроки посева могут быть очень большими. У Старта сбор зеленой массы колебался от 280 до 720 ц/га, у Киевского мутанта — от 330 до 1210, у Белого 6 — от 370 до 1110 ц/га. Из-за недостатка

влаги в I и II периоды тормозятся ростовые процессы, формирование листьев, нарастание зеленой и сухой массы. Осадки в III и особенно IV период не влияют на ростовые процессы, так как образование побегов уже закончено, но они могут воздействовать на продолжительность

Т а б л и ц а 7

Прирост зеленой (в числителе) и сухой (в знаменателе) массе (ц/га)
по периодам вегетации

Период	Среднее по годам и срокам посева	1973			1974			1975		
		Срок посева								
		1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
Белый 6										
I—IV	790	750	970	800	1000	1110	890	370	620	630
	152	155	122	100	240	255	184	177	128	113
I	200	190	250	380	240	200	220	100	100	130
	23	23	28	45	27	25	22	11	12	18
II	305	400	480	330	360	370	190	140	200	280
	46	61	62	40	53	60	31	27	33	45
III	285	160	240	90	400	540	480	130	320	220
	52	20	22	15	93	110	93	22	55	40
IV	—	300	—180	—	210	150	70	—20	130	40
	31	53	10	—	67	60	38	15	28	10
Киевский мутант										
I—IV	670	775	1210	590	820	870	630	330	400	450
	103	107	125	68	125	149	148	60	75	75
I	165	185	200	320	180	150	150	95	100	120
	19	105	24	37	19	15	15	12	11	16
II	245	250	580	190	330	300	200	160	100	130
	33	35	59	23	34	36	30	25	19	23
III	260	340	430	80	310	420	280	75	200	200
	39	42	42	8	50	71	60	15	32	29
IV	—	—	—280	—	—160	270	220	—	50	50
	12	51	—2	—	13	27	43	8	13	7
Старт										
I—IV	545	720	690	660	620	600	670	260	280	370
	75	91	73	70	105	113	180	43	60	57
I	145	150	160	230	165	150	140	60	80	140
	17	20	25	29	17	15	14	8	8	19
II	200	300	340	240	285	150	150	90	80	150
	15	45	42	26	30	24	16	12	11	18
III	200	270	190	190	170	300	380	110	120	80
	30	26	6	15	32	74	40	21	18	13
IV	—	—220	—130	—	—190	—200	50	—20	0	80
	3	—6	—4	—	26	—27	10	2	23	1

этих периодов. Большое количество осадков, как правило, связано с пасмурной погодой и пониженной температурой, что задерживает налив.

Наиболее высокие приросты сухой и зеленой массы приходятся на II период — цветение и образование бобов. Высокие темпы прироста сохраняются также в III период, когда растут бобы.

При 2-м и 3-м сроках посева нарастание зеленой и сухой массы в I период вегетации шло быстрее, чем при раннем посеве. В дальней-

шем темпы нарастания биомассы снижались и максимальное накопление ее было практически одинаковым при разных сроках посева.

У позднеспелого сорта формируются высокие фотосинтетический потенциал, урожаи зеленой и сухой массы. Однако направленность ростовых процессов (использование продуктов фотосинтеза на создание новых вегетативных побегов) неблагоприятна для формирования высокого урожая семян, и коэффициент хозяйственной годности (отношение массы семян к общей сухой массе, $K_{хоз}$) у этого сорта значительно меньше, чем у скороспелых сортов. Так, при 1-м сроке посева у сорта Белый 6 $K_{хоз}$ равен 0,20, у Киевского мутанта — 0,33, у Старта — 0,39. При 2-м сроке посева семена Белого 6 не созрели, $K_{хоз}$ у Киевского мутанта равнялся 0,23, у Старта — 0,35.

Исследования показали, что, изменяя густоту стояния растений, можно регулировать величину и темп нарастания ассимиляционной по-

Таблица 8

Влияние способа посева и густоты стояния растений на показатели фотосинтетической деятельности посевов (сорт Киевский мутант, среднее за 3 года)

Густота стояния растений, млн/га	Максимальная площадь листьев, тыс. м ² на 1 га	За период активной деятельности листьев				Максимальное накопление массы, ц/га		Урожай семян, ц/га	$K_{хоз}$
		ЧПФ, г/м ² ·сут	ФП, млн. м ² ·дн/га	суточные приросты массы, кг/га		зеленой	сухой		
				зеленой	сухой				
Рядовой способ посева									
1,5	76	3,2	3,70	979	140	782	111	34,0	0,31
1,0	73	3,5	3,44	839	123	738	107	35,7	0,36
0,7	65	3,8	3,24	832	119	750	106	33,6	0,32
0,5	54	4,2	2,78	721	107	647	95	36,3	0,38
Ширококорядный способ посева									
0,7	63	4,3	3,18	845	128	765	113	30,8	0,27
0,5	51	4,5	2,50	758	115	683	102	37,3	0,37
0,3	43	4,7	2,07	670	96	607	86	29,2	0,34

верхности и надземной биомассы посева. В опыте изучались обычный рядовой и ширококорядный способы посева и густоты от 1,5 до 0,3 млн. растений на 1 га для сорта Киевский мутант (табл. 8).

Таблица 9

Урожайность сортов белого люпина, ц/га

Сорт	Срок посева	1973	1974	1975	Среднее за 3 года
Белый 6	1-й	39,3	Семена не созрели	17,8	28,5*
	2-й	Семена не созрели		17,7	
Киевский мутант	1-й	49,3	42,2	10,5	37,3
	2-й	36,6	31,5	10,3	26,1
Старт	1-й	45,1	37,3	19,7	34,0
	2-й	33,5	28,0	17,4	26,3
НСР ₀₅		3,65	4,70	2,90	

* Среднее за 2 года

В первой половине вегетации ассимиляционная поверхность и зеленая масса быстрее нарастали в загущенных посевах. С увеличением густоты более 0,5 млн. растений на 1 га повышался фотосинтетический

потенциал и несколько снижалась чистая продуктивность фотосинтеза из-за ухудшения освещенности посева. В этом случае уменьшалась доля продуктов фотосинтеза, оттекающих в плоды и семена, о чем свидетельствует значение $K_{хоз}$.

При выращивании белого люпина на семена лучший ход фотосинтетической деятельности был в посевах с густотой 0,5 млн. растений на 1 га. В этом варианте листовая поверхность достигала оптимальных размеров, продукты фотосинтеза в большей степени, чем в других вариантах, направлялись на рост и развитие плодов и семян. При возделывании люпина на зеленую массу хорошие условия для формирования высокого урожая складывались в обычном рядовом посеве с густотой 0,7 млн. растений на 1 га. Здесь урожай зеленой массы в среднем за 3 года составил 750 ц/га. При большем загущении возможно дальнейшее увеличение урожая зеленой массы, однако возрастает расход семян на посев и появляется опасность полегания растений.

Сорт Киевский мутант более урожаен, чем Белый 6 (табл. 9). Временной ход фотосинтетической деятельности у него благоприятен для формирования высокого урожая семян, особенно в годы с достаточным количеством осадков во время цветения и образования плодов. Однако из-за значительной продолжительности вегетации и отдельных ее периодов этот сорт поздно созревает. В случае ненастной погоды осенью периоды налива и созревания затягиваются. Таким образом, сорт Киевский мутант формирует высокие урожаи семян, намного скороспелее сортов позднеспелого биотипа, однако в условиях ЦЧО и во многих других районах, где его возделывают, он характеризуется поздним и неустойчивым созреванием.

Сорт Старт, находящийся в государственном сортоиспытании, самый скороспелый из имеющихся в настоящее время сортов белого люпина (созревает в среднем на 10 дней раньше, чем Киевский мутант). Он устойчиво, даже в самые неблагоприятные по погодным условиям годы, дает урожай семян в условиях северной части ЦЧО, но несколько уступает Киевскому мутанту по их урожаю (35—40 ц/га) из-за своей мелкосемянности.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что у высокорослого позднеспелого сорта Белый 6 средняя по трем срокам посева продолжительность фотосинтетической деятельности посева (от всходов до начала созревания) составляет 126 дней, у скороспелого Киевского мутанта — 107, у наиболее скороспелого сорта Старт — 96 дней. При этом продолжительность I периода вегетации (от всходов до начала цветения) практически одинакова у разных сортов (в среднем 36—38 дней). К началу цветения площадь листьев у сорта Белый 6 в среднем была равна 30, у Киевского мутанта — 25 и у Старта — 23 тыс. м²/га. Во II период (цветение и образование плодов) проявляются различия биотипов по средней его продолжительности: соответственно по сортам 30, 24 и 20 дней. Ассимиляционная поверхность достигает максимума к концу этого периода (в среднем 56 тыс. м²/га у позднеспелого сорта и 40 тыс. у самого скороспелого). III период (рост плодов) длится в среднем 18—22 дня. Площадь листьев за это время постепенно уменьшается. К концу периода отмечается максимум накопления зеленой массы: у Белого 6 в среднем 790, у Киевского мутанта — 670 и у Старта — 545 ц/га.

В IV периоде происходит налив семян. При раннем сроке посева урожай семян выше, чем при более позднем. Они составили у Киевского мутанта 37,3, у Старта — 34,0 и у Белого 6 — 28,5 ц/га.

У позднеспелого сорта фотосинтетический потенциал на 30—40 % выше, чем у скороспелого, за счет образования боковых побегов выс-

ших порядков. Последнее удлиняет вегетацию, и семена часто не вызревают.

Условия среды оказывают большое влияние на изменчивость показателей фотосинтетической деятельности. При недостатке влаги во II период листовая поверхность, фотосинтетический потенциал, урожай зеленой массы и семян в 2—2,5 раза ниже, чем при хорошей обеспеченности влагой. Чистая продуктивность фотосинтеза в основном зависит от освещенности листьев.

Временной ход фотосинтетической деятельности скороспелых сортов более благоприятен для формирования высокого урожая семян. Наиболее скороспелый сорт Старт устойчиво созревает в северной части ЦЧО и при благоприятных условиях в его посевах можно получить 35—40 ц семян с 1 га при сборе протеина 14—16 ц/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов П. П., Гатаулина Г. Г. Биологические особенности формирования урожая белого люпина. — Вестн. с.-х. науки, 1978, № 4, с. 13—27. — 2. Гатаулина Г. Г. Биологические особенности и приемы возделывания белого кормового люпина. — В сб.: Науч. основы агротехники кормовых культур. ТСХА, 1976, с. 76—114. — 3. Ничипорович А. А. Некоторые принципы комплексной оптимизации фотосинтетической деятельности и продуктивности растений. — В сб.: Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. М.: Колос, 1970. — 4. Ничипорович А. А. Фотосинтез и некоторые принципы применения удобрений как средства оптимизации фотосинтетической деятельности и продуктивности растений. — Агрехимия, 1971, № 1, с. 3—13. — 5. Ничипорович А. А. Теория фотосинтетической продуктивности растений и рациональные направления селекции на повышение продуктивности. — В сб.: Физиолого-генетические основы повышения продуктивности зерновых культур. М.: Колос, 1975, с. 5—14. — 6. Оканенко А. С., Митрофанов В. А., Гойса Н. И., Олейник Р. Н., Тимошенко Г. Л., Ковтун И. И., Погорелова Р. А. Пути оптимизации условий формирования урожая зерна озимой пшеницы. — В сб.: Программирование урожаев с.-х. культур. М.: Колос, 1975, с. 133—139. — 7. Росс Ю. К. Математическое моделирование продукционного процесса и урожая. — В сб.: Программирование урожаев с.-х. культур. М.: Колос, 1975, с. 415—426. — 8. Тооминг Х. Г. Перспективы прогноза эффективности изменения параметров растений и оценка максимального урожая. — В сб.: Программирование урожаев с.-х. культур. М.: Колос, 1975, с. 403—414. — 9. Тооминг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая. Л.: Гидрометеоздат, 1977. — 10. Устенко Г. П. Оптимизация структуры агрофитоценозов и способов возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте. — В сб.: Программирование урожаев с.-х. культур. М.: Колос, 1975, с. 79—97.

Статья поступила 10 декабря 1979 г.

SUMMARY

After studying photosynthetic activity of stands of three white lupine varieties of different types at three seeding dates, 4 periods have been established in the development of the plantation as a photosynthesizing system. The limits of the periods and their output data are determined. The course of photosynthetic activity in early maturing low varieties is more favourable for producing high yield of seed than that in late multistage forms. In late variety photosynthetic potential is higher than in early variety by 30—40 % due to formation of lateral branches, which makes the growing period longer, so that seeds do not mature. Variation in the characteristics of photosynthetic activity is greatly influenced by the environmental conditions. Under the lack of moisture in the second period (blossoming and fruit formation), leaf surface, photosynthetic potential, and the yield of green mass and seed become 2—2,5 times lower. The variation in net efficiency of photosynthesis is mainly influenced by the illumination of leaves. The early variety "Start" steadily matures in the northern part of the Central chernozem zone, the yield of seed under favourable conditions makes 35—40 hwt/ha, the amount of protein being 14—16 hwt/ha.