

УДК 633.367:631.55:581.2

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ У ВИДОВ И СОРТОВ ЛЮПИНА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Г. Г. ГАТАУЛИНА, М. С. ТРИШКИН

(Кафедра растениеводства)

Проведено сравнительное изучение люпина белого, желтого, узколистного и разных сортов в пределах каждого вида в Тамбовской области.

Выявлены видовые и сортовые различия люпина, а также влияние условий вегетации на рост и развитие растений; определены особенности фотосинтетической деятельности в разрезе периодов развития: I — всходы — начало цветения; II — цветение и образование бобов; III — рост плодов; IV — налив семян.

Установлены суммы активных температур, требуемых для полного вызревания изучаемых сортов, ФП и ЧПФ.

В условиях северной части Центрально-Черноземной зоны лучшими по семенной продуктивности, сбору белка, стабильности урожаев и дружности созревания были раннеспелые сорта люпина белого.

В нашей стране к люпину традиционно относились как к культуре, способной произрастать на бедных легких почвах и давать при достаточной влагообеспеченности высокий урожай зеленой массы. В основном возделывали люпин желтый (*L. luteus* L.) [1, 4, 5].

В настоящее время у нас и во многих странах мира проявляется повышенный интерес к люпину как к высокобелковой культуре, которая может заменить сою и расти в более суровых природно-климатических условиях. При этом основным направлением в современном люпино-

сеянии является производство зерна с высоким содержанием белка (38—45 %) [7—10, 12, 17].

Первое место по производству зерна люпина занимает Австралия, где, как правило, выращивают узколистный люпин (*L. angustifolius* L.), высеваемый под зиму [8, 17]; однако в большинстве стран основное внимание уделяется люпину белому (*L. albus* L.), характеризующемуся высокой урожайностью и нерастрескиваемостью бобов при созревании [12, 14]. В последние годы раннеспелые сорта люпина белого успешно возделываются в северной части Центрально-Черноземной зоны России, в частности сорт Старт районирован в Тамбовской области.

Виды люпина существенно различаются по особенностям роста, развития и отношению к экологическим факторам, а также и по морфологическим особенностям. Ботаническая характеристика культурных видов люпина дана в работе А. М. Атабековой [2]. Имеются данные о потенциальных возможностях разных видов и сортов люпина, а также факторах, ограничивающих формирование урожая [1, 3, 4—6, 11, 13, 15, 16]. Однако сравнительное изучение параметров формирования урожая, фотосинтетической деятельности современных сортов трех видов люпина ранее не проводилось; это и явилось целью наших исследований.

Методика

Полевые опыты проводились в 1986—1988 гг. на экспериментальной базе учхоза им. Калинина Мичуринского района Тамбовской области. Почва — выщелоченный чернозем средней мощности, $pH_{\text{сол}}$ — 6,0—6,5, содержание легкогидролизуемого азота — 6,7—7,3; подвижных форм P_2O_5 — 9,6—10,0; обменного K_2O — 18—20 мг на 100 г.

Объектами исследования служили: люпин белый — сорта Старт, Мановицкий (селекции кафедры растениеводства Тимирязевской академии) и Дружба (совместной селекции Украинского НИИ земледелия и селекционной станции Борнгоф — Германия); люпин желтый — сорта Академический 1 (Белорусская с.-х. академия), Нарочанский (Белорусский НИИ земледелия), Копыловский и Золотар (Украинский НИИ земледелия); люпин узколистный — сорта Тимир 1 (Тимирязевская академия и ВНИИЗБК), Немчиновский 846 (НИИСХ Центрального района Нечерноземной зоны).

Все указанные сорта люпина белого относятся к скороспелому биотипу, однако Старт среди них наиболее раннеспелый. Сорта люпина желтого Академический и Нарочанский характеризуются быстрым начальным ростом (быстрорастущие), а сорта Копыловский и Золотар довольно долго находятся в фазе розетки (нормальный тип роста). Сорт люпина узколистного Немчиновский 846 распространен достаточно широко, сильно ветвится, по сравнению с ним сорт Тимир 1 более скороспелый.

Высевали люпин в ранний срок — одновременно с ранними яровыми — обычным рядовым способом при норме высева 1,0—1,1 млн всхожих семян на 1 га с расчетом получить густоту стояния 0,8—0,9 млн растений.

Размер опытной делянки 50 м², повторность 4-кратная, размещение делянок рендомизированное.

В опытах осуществляли фенологические наблюдения, определяли густоту стояния растений в фазу полных всходов, во время цветения и в период созревания. Биометрические учеты (высота растений, накопление зеленой массы и сухого вещества, площадь листьев,

динамика развития репродуктивных органов) проводили через каждые 15 дней в течение вегетации. Ассимиляционную поверхность определяли методом «высечек», фотосинтетический потенциал (ФП) — по методу А. А. Ничипоровича, чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) — как частное от деления прироста сухой биомассы на ФП, урожай семян — методом сплошного учета. Данные об урожае обрабатывали методом дисперсионного анализа.

Погодные условия в годы исследований различались по температурному режиму, количеству осадков и их распределению в течение вегетации. Первая половина вегетации в 1986 и 1988 гг. характеризовалась недостатком влаги. Среднесуточная температура воздуха в мае и начале июня и в течение всей вегетации в 1988 г. была выше средней многолетней на 4—7 °С. В связи с этим растения были низкорослыми, а вегетационный период — укороченным. Условия 1987 г. оказались более благоприятными для люпина, температурный и водный режимы приближались к средним многолетним, растения развивались нормально.

Результаты

Периоды развития. При рассмотрении посева как фотосинтезирующей системы выделяются отдельные периоды вегетации. Конечные показатели предшествующего периода оказывают решающее влияние на последующее развитие растений. Поэтому обоснованное выделение периодов и определение их характеристик необходимо для выявления лимитирующих факторов, оптимизации процесса формирования урожая. Определение параметров формирования урожая по периодам позволяет объективно сравнивать

виды и сорта люпина в разных условиях выращивания.

В соответствии с ранее проведенными исследованиями [3] выделяются отдельные этапы в развитии белого люпина: посев — всходы (А); активная фотосинтетическая деятельность (В) и созревание (С). Этап развития, в течение которого осуществляется фотосинтез (от всходов до начала созревания) разделен на 4 биологически обоснованных периода, границы которых определяются по морфологическим признакам, увязанным с фенологическими фазами. В нашей работе мы попытались выделить и охарактеризовать эти периоды развития растений в посевах белого, желтого и узколистного люпинов.

Общая продолжительность начального (посев—всходы) и конечного (созревание) этапов, когда фотосинтез отсутствует, составляла 15—20 % продолжительности всей вегетации и зависела от метеорологических условий. Продолжительность созревания помимо этого определялась видом, а также сортом люпина. Так, у люпина белого данный этап наиболее длительный. Среди сортов желтого и узколистного люпинов более продолжительным созреванием отличались сорта с интенсивным побегообразованием, у которых в условиях 1986 г. созревание продолжалось 20—30 дней против 5—6 дней у сортов с ограниченным побегообразованием (Копыловский, Золотар).

Продолжительность I периода (от всходов до начала цветения) в зависимости от вида и сорта колебалась от 30 до 55 дней и была наибольшей у люпина желтого. У быстрорастущих сортов (Академический I и Нарочанский) она была равна 38—40 дням, а у сортов с нормальным типом роста (Копыловский и Золотар), которые долго находились в фазе розетки,— 52—

Таблица 1

Продолжительность периодов развития (дни) видов и сортов люпина (1986—1988 гг.)

Сорт	Этап и период развития							
	А	В			С	посев — созревание		
		I	II	III+ IV		со- зре- вание	1986— 1988	1987— 1988
Люпин белый:								
Старт	11	31	18	34	10	104	103	
Мановицкий	11	33	21	36	9	110	107	
Дружба	12	31	24	35	18	120	110	
Люпин желтый:								
Академический 1	12	38	22	19	9	100	92	
Нарочанский	12	40	32	21	13	114	102	
Копыловский	12	52	19	18	5	105	102	
Золотар	12	54	17	18	6	108	107	
Люпин узколистный:								
Тимир 1	8	33	28	21	14	105	91	
Немчиновский 846	8	34	27	22	18	109	92	

54 дням (табл. 1). Цветение у сортов с нормальным типом роста начиналось в более благоприятных метеорологических условиях, что положительно сказалось на формировании урожая семян.

Второй период (от начала цветения до завершения образования бобов, хотя непродуктивное цветение еще может продолжаться на верхних побегах) — наиболее противоречивый и сложный в формировании урожая семян. Быстрое увеличение листовой поверхности, продолжающийся рост боковых побегов и одновременно цветение с образованием бобов требуют благоприятных условий. При этом часто возникают конкурентные отношения между вегетативными и генеративными органами. У люпина узколистного и у быстрорастущих сортов люпина желтого продолжительность II периода отличалась наи-

большей изменчивостью. Так, в 1986 г. при недостатке влаги в начале цветения цветки и плоды на главном побеге почти полностью опали. Последующие осадки вызвали усиленное образование боковых побегов (израстание), цветение и завязывание бобов на которых продолжалось более 40 дней против 19—20 в другие годы исследования. У сортов люпина желтого Копыловский и Золотар продолжительность данного периода была более стабильной.

Третий (рост бобов) и четвертый (налив семян) периоды — наиболее длительные (35—40 дней) у люпина белого из-за очень крупных плодов и толстых створок бобов. Метеорологические условия в это время определяют общую продолжительность вегетационного периода у сортов люпина белого. Границы периодов у быстрорастущих

сортов люпина желтого и узколистного были нечеткими, поэтому данные по III и IV периодам объединялись.

Более высокая изменчивость длительности вегетационного периода отмечалась у сортов желтого и узколистного люпинов. Она определялась в основном изменчивостью продолжительности II периода. Так, у сорта Нарочанский вегетационный период в 1986 г. длился 139 дней, в 1987 г. — всего 99, а у сорта Немчиновский 846 — соответственно 142 и 89 дней.

Изучаемые сорта разных видов устойчиво вызревали в условиях Тамбовской области. Более скороспелыми были сорта люпина узколистного и сорт Академический I люпина желтого, продолжительность вегетационного периода которых в благоприятные годы составила 90—95 дней. У наиболее скороспелого сорта люпина белого Старт вегетация длилась в эти же годы 103 дня (табл. 1).

Изучаемые сорта люпина белого требовали для полного вызревания суммы активных температур 1990—2200 °С. Люпину желтому и узко-

листному было необходимо соответственно 1700—1900 и 1600—1800 °С (табл. 2).

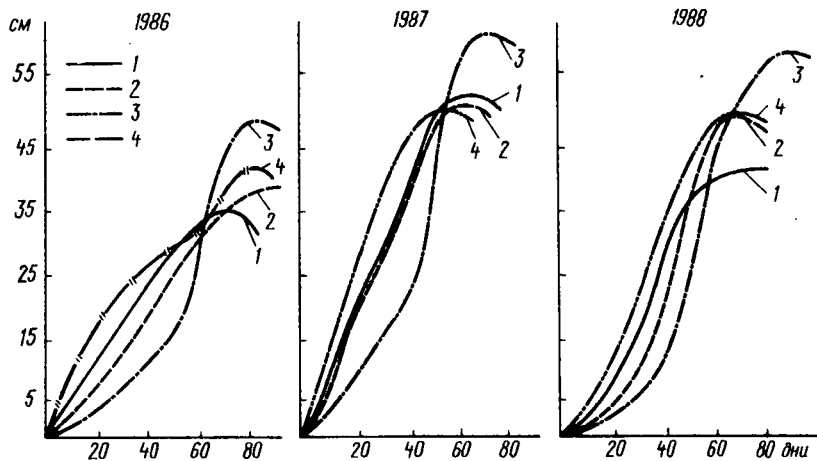
В опытах отмечены межвидовые различия по сумме активных температур, необходимых для прохождения отдельных периодов. У люпина желтого на первые два периода (от всходов до завершения образования бобов) приходилось 70 % активных температур, у люпина белого — лишь 50 %. Для прохождения периодов роста бобов и налива семян люпину белому требуется в 2 раза большая сумма активных температур, чем другим видам. Эта его особенность является лимитирующим фактором в продвижении данного вида в более северные районы.

Рост растений в высоту. В годы исследований растения были сравнительно невысокими — не более 60 см (рисунок), а в засушливые годы — на 10—15 см ниже. Скороспелые сорта отличались большей низкорослостью. Так, в благоприятном по погодным условиям 1987 г. высота растений белого люпина сорта Старт составила 49 см, сортов Мановицкий и Дружба — 63 см; у

Таблица 2

Сумма активных температур (°С) при прохождении отдельных периодов у видов и сортов люпина (1986—1988 гг.)

Сорт	Этап и период развития						C	Вегетационный период
	A	B						
		I	II	III	IV	III+IV		
Люпин белый:								
Старт	155	531	355	344	329	637	203	1917
Мановицкий	155	585	388	344	366	710	178	2016
Дружба	169	568	444	374	356	730	290	2201
Люпин желтый:								
Академический I	174	707	409	—	—	381	189	1860
Нарочанский	174	731	601	—	—	445	298	2250
Копыловский	168	950	377	197	171	368	103	1966
Золотар	168	992	323	199	175	374	117	1973
Люпин узколистный:								
Тимир I	123	550	517	—	—	406	264	1861
Немчиновский 846	123	580	487	—	—	404	307	1901



Рост растений различных видов и сортов люпина в высоту.

1 — Старт; 2 — Академический 1; 3 — Копыловский; 4 — Немчиновский 846.

сортов люпина желтого Академический 1 и Нарочанский — соответственно 49 и 65 см.

Интенсивный рост у всех видов люпина отмечался в течение I и II периодов. Как правило, к моменту окончания цветения на боковых побегах заканчивался и рост растений в высоту. Между видами и сортами отмечены существенные различия в интенсивности начального роста. Наибольшие приросты в первые 25 дней вегетации были у люпина узколистного, наименьшие — у люпина желтого с нормальным типом роста (в 1987 г. соответственно 30 и 10 см). Растения сортов Копыловский и Золотар очень медленно росли до начала бутонизации на главном побеге, зато в последующие 20 дней — очень интенсивно. За 10 дней они выравнивались по высоте с другими сортами и видами, а затем быстро обгоняли их, оказываясь наиболее высокорослыми.

Площадь листьев. В I период (от всходов до начала цветения) листо-

вая поверхность быстрее увеличивалась у люпина белого. К концу периода она составляла в среднем за 3 года 17 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, в то время как у люпина узколистного — лишь 10 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$. Значительные различия в величине ассимиляционной поверхности на конец I периода отмечены у сортов люпина желтого. Быстрорастущие сорта Академический 1 и Нарочанский к началу цветения формируют 15—16 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, в то время как сорта с нормальным типом роста — Копыловский и Золотар — до 30 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$. У этих сортов I период весьма продолжителен (табл. 1) и к началу цветения площадь листьев у них наибольшая (табл. 3), причем максимальные приросты отмечаются непосредственно перед цветением.

Основной прирост листовой поверхности у большинства изучаемых сортов отмечался во II период развития растений. К его концу у всех сортов значения данного показателя были максимальными. Наибольшую

Площадь листьев (тыс. м²/га) у видов и сортов люпина на конец периода

Сорт	1986 г.			1987 г.			1988 г.		
	период								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Люпин белый:									
Старт	13	23	31	25	38	27	9	36	24
Мановицкий	16	32	24	31	53	29	6	38	20
Дружба	16	43	32	30	49	29	7	39	19
Люпин желтый:									
Академический I	11	25	11	24	29	9	13	36	14
Нарочанский	10	51	6	30	37	13	8	28	18
Копыловский	26	40	31	38	42	21	35	39	8
Золотар	29	44	27	27	38	21	30	38	18
Люпин узколистный:									
Тимир I	7	24	6	15	28	13	4	25	18
Немчиновский 846	7	29	11	18	34	18	7	30	16

листовую поверхность к концу II периода в среднем за 3 года формировал люпин белый (32—44 тыс. м²/га), несколько меньшую — люпин желтый и узколистный (30—40 и 26—31 тыс. м²/га). Более скороспелые сорта отличались меньшей ассимиляционной поверхностью (табл. 3).

Различия в формировании листового аппарата в благоприятные и неблагоприятные годы были более значительными у люпина белого. Сорта желтого и узколистного люпина в неблагоприятные годы склонны к повышенному побегообразованию, что ведет к увеличению листовой поверхности без соответствующего роста урожая семян.

К концу III периода в связи с пожелтением и опадением нижних листьев площадь листовой поверхности уменьшалась. Этот процесс более интенсивно протекал у сортов желтого и узколистного люпинов. Опадение листьев достигало 50—60 %.

Сокращение ассимиляционного аппарата у люпина белого в III период было меньше, чем у других видов, — около 30 %. Среди сортов желтого и узколистного люпинов

сорта Копыловский и Золотар больше сохраняли листья. В целом в течение II и III периодов (цветение, образование и рост бобов) средняя площадь листьев у всех изучаемых сортов была большой и составляла у люпина белого 27—36, желтого — 23—39, узколистного — 19—25 тыс. м²/га.

К концу IV периода листья у сортов люпина белого полностью опали. Между тем у некоторых сортов желтого и узколистного люпинов в этот период небольшое число листьев еще сохранялось, на непродуктивных побегах 3-го и 4-го порядков они оставались и в период созревания.

Фотосинтетический потенциал. Изменение фотосинтетического потенциала по периодам вегетации шло аналогично изменению листовой поверхности, т. е. наблюдалось медленное ее формирование в I период, интенсивное возрастание во II, сохранение высокого значения этого показателя в III период и снижение в IV (табл. 4).

В I период у сортов белого и узколистного люпинов ФП составляла лишь 10—13 % общего за вегетацию, а у сортов желтого люпина

Таблица 4

Фотосинтетический потенциал (тыс. м²·дн/га) по периодам развития люпина

Сорт	1986 г.			1987 г.			1988 г.		
	период								
	I	II	III+IV	I	II	III+IV	I	II	III+IV
Люпин белый:									
Старт	244	335	866	262	713	967	68	472	797
Мановицкий	286	462	900	377	1008	1385	54	440	790
Дружба	211	819	1253	381	886	1115	61	509	713
Люпин желтый:									
Академический I	183	246	693	360	516	240	147	451	323
Нарочанский	162	1235	693	531	720	615	113	517	220
Копыловский	345	815	492	563	840	510	392	629	330
Золотар	387	682	533	633	618	777	367	620	450
Люпин узколистный:									
Тимир I	101	701	328	150	482	570	51	290	578
Немчиновский 846	109	874	550	156	592	601	70	357	568

Копыловский и Золотар с более длительным I периодом — до 30 %.

Наибольший ФП за вегетационный период отмечался у люпина белого, что обуславливает его более высокую продуктивность в условиях ЦЧЗ. Важно то, что ФП у данного вида равномерно распределяется по периодам развития растений, в то время как у сортов желтого и узколистного люпинов 70—75 % ФП приходится на I и II периоды. Суммарный ФП в III и IV периоды у люпина белого в 1,5—2 раза превышал данный показатель у двух других видов. Сумма ФП за время роста бобов и налива семян (III и IV) у люпина белого была равна 900—1000, у желтого и узколистного — 400—600 тыс. м²·дн/га. Выявленные видовые различия в уровне ФП III и IV периодов в основном определяли и различия в значениях ФП всего вегетационного периода. Так, у люпина белого в

среднем за 3 года ФП составлял 1,6—2,0 млн м²·дн/га, а у люпинов желтого и узколистного — соответственно 1,2—1,7 и 1,1—1,3 млн м²·дн/га в зависимости от сорта (табл. 5).

Таблица 5

Фотосинтетический потенциал (тыс. м²·дн/га) за вегетационный период

Сорт	1986 г.	1987 г.	1988 г.
Люпин белый:			
Старт	1445	1942	1337
Мановицкий	1647	2770	1284
Дружба	2283	2382	1283
Люпин желтый:			
Академический I	1422	1116	921
Нарочанский	2090	1866	850
Копыловский	1652	1913	1351
Золотар	1592	2028	1437
Люпин узколистный:			
Тимир I	1135	1209	921
Немчиновский 846	1533	1349	1005

Разнотипные сорта в пределах вида весьма существенно различались по значению ФП. У более позднеспелых сортов оно значительно выше, что подтверждает их способность накапливать большую биомассу. В каждом изучаемом виде можно выделить более скороспелые сорта (Старт, Академический 1, Тимир 1), ФП которых в пределах своего вида был ниже на 300—500 тыс. м²·дн/га, чем у более позднеспелых. Распределение продуктов фотосинтеза у них более благоприятно для формирования урожая семян, особенно у люпина белого.

Чистая продуктивность фотосинтеза. В наших исследованиях отмечены существенные различия между видами и сортами люпина по чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ). Основные видовые различия были в I период развития. Наибольшая ЧПФ в этот период отмечалась у люпина узколистного и составляла около 12 г/м²·сут; у люпина белого и желтого в I период ЧПФ в 2 раза ниже, чем у люпина узколистного (около 6,5 г/м²·сут).

Во II, III и IV периоды ЧПФ у всех видов и сортов люпина последовательно снижалась.

В засушливые годы листовая по-

Таблица 6
Чистая продуктивность фотосинтеза (г/м²·сут) за вегетацию

Сорт	1986 г.	1987 г.	1988 г.
Люпин белый:			
Старт	5,0	4,2	3,2
Мановицкий	3,7	3,4	4,6
Дружба	3,2	4,1	3,1
Люпин желтый:			
Академический 1	3,9	4,2	5,1
Нарочанский	3,9	3,7	4,5
Копыловский	4,2	3,6	3,6
Золотар	3,8	3,5	5,1
Люпин узколистный:			
Тимир 1	4,8	4,9	5,8
Немчиновский 846	4,4	4,6	6,1

верхность была небольшой, что вызывало повышение ЧПФ. В годы с благоприятным увлажнением ассимиляционная поверхность увеличивалась, поэтому ЧПФ в результате затенения нижних листьев снижалась (табл. 6).

В годы исследования ЧПФ у видов и сортов люпина за вегетацию в целом была невысокой и изменялась в пределах 4—5 г/м²·сут: у люпина узколистного она была несколько выше (5—6 г/м²·сут), чем у люпинов белого и желтого (3,5 г/м²·сут).

Наращение зеленой массы и сухо-

Таблица 7

Прирост зеленой массы (ц/га)

Сорт	1986 г.			1987 г.			1988 г.		
	период								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Люпин белый:									
Старт	60	115	240	140	140	100	50	120	70
Мановицкий	80	130	90	168	220	82	40	110	70
Дружба	80	220	100	180	170	150	55	105	226
Люпин желтый:									
Академический 1	85	240	—	180	84	—	70	110	—
Нарочанский	85	365	—	295	116	—	40	110	—
Копыловский	185	225	—	320	90	—	150	90	30
Золотар	185	190	—	265	75	10	160	160	90
Люпин узколистный:									
Тимир 1	65	245	—	150	140	—	30	180	—
Немчиновский 846	65	295	—	150	150	—	70	180	—

го вещества. Прирост зеленой массы и сухого вещества по периодам вегетации является производной ФП и ЧПФ. Между видами люпина выявлены существенные различия в накоплении сырой и сухой массы, основное из которых состояло в том, что максимальное накопление зеленой массы у всех сортов люпина белого приходилось на конец III периода, а у сортов желтого и узколистного люпинов — на конец II (табл. 7).

Темпы нарастания зеленой массы в I период более высокие у сортов люпина желтого — до 3—4 ц/га в сутки, в то время как у других видов они были меньше 3 ц/га.

Во II период развития приросты зеленой массы у люпина белого возрастали, у желтого и узколистного люпина в 1987 г. они снижались, а в 1986 и 1988 гг. увеличивались в связи с израстанием растений этих видов при выпадении осадков после засушливого периода.

В условиях ЦЧЗ большой урожай зеленой массы в годы исследованных формировали в среднем за 3 года сорта люпина белого, причем более позднеспелые были урожайнее Старта: в благоприятном 1987 г.

470—500 против 380 ц/га (табл. 8).

В засушливые годы, как правило, урожай зеленой массы снижался, особенно у сортов люпина белого. В 1986 г. недостаток влаги в I период отрицательно сказался на сборах зеленой массы люпина белого. Ее урожай у сортов желтого и узколистного люпинов в этих условиях был более высоким, что как будто бы кажется странным. Однако это объясняется своеобразной реакцией данных сортов на осадки после водного стресса, вызвавшего опадение бобов на главном побеге: растения начали усиленно ветвиться, образовалось много боковых побегов (израстание), чего не наблюдалось у люпина белого. Кроме того, видовые отличия связаны с разной долей участия бобов в формировании зеленой массы. У люпина белого бобы крупные, с толстыми створками, на них приходится 65—70 % максимального количества сырой массы растений, у сортов желтого и узколистного люпинов — редко выше 40 %. Большая часть биомассы формируется за счет вегетативных органов, поэтому в III период (рост бобов) сырая масса люпина белого существенно увеличивается,

Таблица 8
Максимальное накопление зеленой массы и доля участия бобов в ее формировании

Сорт	Урожай зеленой массы, ц/га			Доля участия бобов в формировании урожая, %			
	1986	1987	1988	1986	1987	1988	X
Люпин белый:							
Старт	415	380	240	67	73	54	65
Мановицкий	300	470	220	53	65	51	56
Дружба	400	500	386	70	66	64	67
Люпин желтый:							
Академический 1	325	264	180	30	39	22	37
Нарочанский	450	411	150	20	35	53	36
Копыловский	410	410	270	34	40	27	34
Золотар	375	350	410	31	33	34	33
Люпин узколистный:							
Тимир 1	310	290	210	16	31	49	32
Немчиновский 846	360	300	250	39	35	31	35

Таблица 9

Основные показатели фотосинтетической деятельности посевов (1986—1988 гг.)

Сорт	Высота расте-ний, см	Мак-симальная пло-щадь листь-ев, тыс. м ² /га	ФП, млн м ² ×Хдн/га	ЧПФ, г/м ² ×Хсут	Максимальное накопление массы, ц/га		K _{хоз}
					зеле-ной	су-хой	
Люпин белый:							
Старт	42	32	1,6	4,2	345	52	0,46
Мановицкий	48	41	1,9	3,7	330	59	0,38
Дружба	49	44	2,0	3,7	426	60	0,35
Люпин желтый:							
Академический I	45	30	1,2	4,1	266	43	0,22
Нарочанский	55	39	1,6	3,7	337	55	0,18
Копыловский	57	40	1,6	3,5	353	54	0,19
Золотар	58	40	1,7	4,1	378	61	0,18
Люпин узколистный:							
Тимир I	46	26	1,1	5,3	270	53	0,10
Немчиновский 846	45	31	1,3	4,4	303	52	0,19

а у других видов — не изменяется.

Темпы накопления сухого вещества аналогичны темпам нарастания зеленой массы.

В I период у сортов люпина белого накапливалось всего до 20 % сухого вещества, у сортов Академический I и Нарочанский — до 30 %, а у Копыловского и Золотара — 50 % максимального за вегетацию. У всех видов и сортов во II период накопление сухого вещества шло наиболее высокими темпами. В отличие от других видов у люпина белого значительный прирост сухого вещества отмечался и в III период, а накопление сухой биомассы было максимальным в конце IV периода развития.

Как видно из табл. 9, более позднеспелые по сравнению со Стартом сорта люпина белого формировали самые высокие ФП, урожаи зеленой и сухой массы. У люпина узколистного площадь листьев и ФП были меньше, чем у других видов, однако ЧПФ во все годы исследований и в среднем за 3 года значительно превышала значения этого показателя

у других видов.

Можно отметить, что накопление сухой биомассы у всех видов было небольшим — всего 50—60 ц/га, что связано с неблагоприятными условиями вегетации в 1986 и 1988 гг.

Судя по индексу урожайности ($K_{хоз}$), у различных видов и сортов при одинаковом накоплении сухой биомассы продукты фотосинтеза весьма различно использовались для формирования урожая семян. Наиболее высокая эффективность использования ассимилятов для формирования хозяйственной части урожая — семян — во все годы исследования отмечалась у сортов люпина белого ($K_{хоз}$ 0,30—0,50) и особенно у полудетерминантного сорта Старт (0,40—0,53). Высокий $K_{хоз}$ у сортов люпина белого с ограниченным ветвлением подтверждает наибольшую эффективность такого типа сортов в северной части ЦЧЗ. Люпины желтый и узколистный значительно уступали люпину белому по значениям $K_{хоз}$ (всего 0,18—0,21).

О лучшей приспособленности сор-

Таблица 10

Урожай семян и элементы его структуры

Сорт	Урожай семян, ц/га				Доля главного побега, %	Масса 1000 семян, г	Число побов, шт/раст
	1986 г.	1987 г.	1988 г.	Х			
Люпин белый:							
Старт	29,2	31,9	22,9	28,0	93	349	3,5
Мановицкий	27,2	29,6	21,0	25,9	88	383	4,5
Дружба	22,0	28,7	21,7	24,1	74	438	4,7
НСР ₀₅	3,81	$F_{05} > F_{\phi}$	$F_{05} > F_{\phi}$	—	—	—	—
Люпин желтый:							
Академический 1	11,6	13,0	7,8	10,8	92	136	3,1
Нарочанский	11,8	11,1	11,1	11,3	86	139	6,3
Копыловский	16,6	12,7	10,0	13,1	96	139	5,2
Золотар	15,1	13,3	9,8	12,7	100	109	4,4
НСР ₀₅	4,44	1,51	$F_{05} > F_{\phi}$	—	—	—	—
Люпин узколистный:							
Тимир 1	6,0	10,6	2,3	6,3	11	121	4,5
Немчиновский 846	8,5	15,8	11,0	11,8	25	169	5,1
НСР ₀₅	1,84	3,68	2,3	—	—	—	—
НСР ₀₅ для частных различий	4,5	3,3	1,8	—	—	—	—

тов люпина белого к климатическим условиям северной части ЦЧЗ свидетельствует и урожай семян, который за годы исследований составил 25—30 ц/га, в то время как у желтого и узколистного люпинов —

соответственно 11—13 и 2—11 ц/га (табл. 10).

Основная часть семян у сортов белого и желтого люпинов была получена с главных побегов, а у люпина узколистного — с побегов

Таблица 11

Содержание белка и жира (%) в семенах

Сорт	Содержание белка, %				Х сбор белка с урожая семян, ц/га	Содержание жира, %			
	1986 г.	1987 г.	1988 г.	Х		1986 г.	1987 г.	1988 г.	Х
Люпин белый:									
Старт	42,6	43,4	40,3	42,1	13,4	9,3	11,0	8,0	9,4
Мановицкий	42,8	45,0	40,9	42,9	11,1	8,7	11,1	6,8	8,9
Дружба	37,1	42,9	41,4	40,5	9,8	8,7	9,4	6,0	8,0
Люпин желтый:									
Академический 1	41,6	46,1	42,6	43,9	6,0	4,5	4,5	3,3	4,1
Нарочанский	43,4	50,7	43,2	45,8	5,2	4,8	5,0	2,9	3,9
Копыловский	46,1	51,3	41,6	46,3	6,1	4,9	4,7	2,6	4,1
Люпин узколистный:									
Тимир 1	39,3	39,3	38,1	38,9	2,5	3,6	5,9	4,6	4,8
Немчиновский 846	38,6	37,4	35,9	37,9	5,9	4,2	6,1	4,3	4,9

I порядка. Масса 1000 семян у люпина белого в 2—3 раза выше, чем у люпина желтого и узколистного. Значительно меньшие урожаи семян желтого и узколистного люпина, чем у люпина белого, обусловлены относительно малым количеством бобов на растениях. Недостаток влаги в первой половине вегетации в условиях ЦЧЗ лимитирует их образование. От завязывания плодов до начала созревания растения этих видов сбрасывают до 50 % завязавшихся бобов. Кроме того, растрескиваемость бобов у люпина узколистного и обламывание у люпина желтого при созревании существенно снижают их количество к уборке. Поэтому в период уборки у всех видов количество бобов на растении было примерно одинаковым и составляло 4—5 шт.

Виды и сорта люпина важно оценить по содержанию белка и жира в семенах (табл. 11).

Годы исследований характеризовались недостатком влаги, в связи с чем содержание белка в семенах всех видов люпина было выше по сравнению со средними показателями, характеризующими сорт [1, 10]. Однако и в указанных условиях сортовые особенности в отношении содержания белка в семенах сохранялись. Так, наибольшим оно было у сортов люпина желтого, за ним идут люпины белый и узколистный. Наиболее высоким сбором белка отличались сорта люпина белого, среди которых по белковой продуктивности выделялся скороспелый сорт Старт.

В условиях ЦЧЗ белковая продуктивность сортов желтого люпина была в 2 раза ниже, чем у белого. Узколистный люпин оказался весьма нестабильным по урожайности и сбору белка, растения израстали при поздних осадках, бобы растрескивались при созревании.

Изучение различных сортов трех однолетних видов люпина — белого, желтого и узколистного — в условиях северной части Центрально-Черноземной зоны позволило выявить видовые и сортовые различия в росте и развитии. Особенности фотосинтетической деятельности растений определены в разрезе периодов развития. Часть вегетации, характеризующаяся активной фотосинтетической деятельностью растений (от всходов до начала созревания), разделена на 4 биологически обоснованных периода: I — всходы — начало цветения; II — цветение — образование бобов; III — рост бобов; IV — налив семян. Выделены периоды, когда фотосинтез отсутствует: посев — всходы и созревание. Определена продолжительность каждого периода в зависимости от вида, сорта и метеорологических условий.

Наиболее скороспелыми были сорта люпина узколистного и сорт Академический I люпина желтого, продолжительность вегетации которых (в среднем за 1987—1988 гг.) составила 92, а у скороспелого сорта люпина белого Старт — 103 дня. Наибольшей изменчивостью длины вегетационного периода отличались сорта люпина узколистного, а также сорта люпина желтого с быстрым начальным ростом (Академический I и Нарочанский) в основном за счет колебаний продолжительности II периода (от 20 до 60 дней). У люпина белого изменение продолжительности вегетации определялось периодами налива семян и созревания.

Изучаемым сортам люпина белого требовалась для полного вызревания сумма активных температур 1900—2200 °С, а люпинам желтому и узколистному — соответственно 1700—1900 и 1600—1800 °С. Опре-

делена требуемая сумма температур для прохождения отдельных периодов в условиях ЦЧЗ. Для люпина белого во время роста бобов и налива семян необходима в 1,5—2 раза большая сумма активных температур, чем для других видов. Эта особенность является основным лимитирующим фактором в продвижении данного вида в более северные районы.

Период цветения и образования бобов наиболее противоречивый и сложный в формировании урожая семян люпина, так как наряду с развитием генеративных органов в это время происходит активный вегетативный рост, что и определяет возникновение конкурентных отношений между ними. Это противоречие наиболее четко проявляется у сортов люпинов желтого и узколистного, склонных в определенных условиях к усиленному побегообразованию. При недостатке влаги на фоне повышенных температур в период цветения у этих сортов резко снижается завязываемость бобов, а последующие осадки вызывают повышенное побегообразование. Растения люпина белого, напротив, в подобных условиях характеризуются ограниченным ростом и ветвлением.

Наибольший ФП был у сортов люпина белого (1,6—2,0 млн м²·дн/га). У скороспелых сортов в пределах вида (Старт, Академический 1, Тимир 1) ФП был ниже на 0,3—0,5 млн м²·дн/га, чем у более позднеспелых. Распределение продуктов фотосинтеза у раннеспелых сортов более благоприятно для формирования урожая семян; $K_{хоз}$ сорта Старт наивысший (0,46).

Прирост зеленой массы в III период развития у сортов желтого и узколистного люпинов незначителен, в то время как у люпина белого он достигает 170—190 ц/га. Эти различия определяются неоди-

наковой долей участия бобов в формировании надземной массы растений. У сортов люпина белого она составляет 60—65 %, а у желтого и узколистного — 30—35 %.

В условиях северной части ЦЧЗ лучшим по семенной продуктивности, сбору белка, стабильности урожая и дружности созревания были раннеспелые сорта люпина белого. В годы исследований урожаи семян сорта Старт при обычном рядовом способе сева и густоте стояния 80 раст/м² составляли 25—30 ц/га. По среднему содержанию белка в семенах виды люпина располагались в следующий убывающий ряд: желтый, белый, узколистный. Сбор белка с 1 га у люпина белого в среднем был равен 10—13 ц, у других видов люпина — в 2 раза меньше.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев Е. К.* Однолетние кормовые люпины. М.: Колос, 1968.— 2. *Атабекова А. И.* Ботаническая характеристика культурных видов люпина.— В кн.: Люпин. М.: ТСХА, 1962, с. 115—160.— 3. *Гатаулина Г. Г.* Применение системного подхода при анализе изменчивости показателей формирования урожая люпина белого по периодам развития.— Изв. ТСХА, 1986, вып. 3, с. 29—46.— 4. *Наймарк Л. Б.* Биологические основы и агротехнические факторы формирования высоких урожаев желтого кормового люпина.— Автореф. докт. дис. Скривери, 1978.— 5. *Савицнев К. И.* Пути повышения эффективности селекции желтого люпина.— В кн.: Организация промышленного семеноводства люпина. Минск: Ураджай, 1979, с. 101—106.— 6. *Степанова С. И.* Изменчивость вегетационного периода у видов люпина средиземноморского происхождения.— Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции, 1975, т. 45, вып. 3, с. 122—127.— 7. *Baer E.* Comparative advantages of lupin. Proc. of the 6th Intern. Lupin Conf. Temuco, Chile, 1990, p. 141.— 8. *Gladstones J. S.* Developments in *L. angustifolius* breeding. Proc. of the 4th

Intern. Lupin Conf. Geraldton, Australia, 1986, p. 25—30.— 9. Ford R. The international market for lupins. Proc. of the 6th Intern. Lupin Conf. Temuco, Chile, 1990, p. 142—152.— 10. Hill G. D. Recent developments in the use of lupins of the 4th Intern. Lupin Conf. Geraldton, Australia, 1986, p. 40—63.— 11. Jasinska Z., Kotecki A. The influence of sowing dates and sowing rates on the development and yield of yellow lupin varieties. Proc. of the 5th Intern. Lupin Conf. Poznan, Poland, 1988, p. 472—476.— 12. Lopez-Bellido L., Fuentes M. Lupin crop as an alternative source of protein. Advances in Agronomy (USA), 1986, vol. 40, p. 239—294.— 13. Mey J. A. M., Middel J., McDonald A. S. Afr. J. Plant Soil, 1989, vol. 3, p. 171—178.— 14. Reeves D. W., Mask P. L. The potential for white lupin production in the

southeastern United States. Proc. of the 1st Europ. Conf. on Grain Legumes. Angers., France, 1992, p. 221—222.— 15. Seymour M. Yield component and correlation studies of narrow-leaved lupin (*L. angustifolius* L.) cultivars on the south coast of Western Australia. Proc. of the I Europ. Conf. on Grain Legumes. Angers., France, 1992, p. 237—238. — 16. Welcker C., Huyghe C., Papineau J. Yield potential of different architectural types of spring sown white lupins. Proc. of the 1st Europ. Conf. on Grain Legumes. Angers. France, 1992, p. 219—220.— 17. Williams W. The current status of the crop lupins. Proc. of the 4th Intern. Lupin Conf. Geraldton, Australia, 1986, p. 1—13.

Статья поступила 11 декабря 1992 г.

SUMMARY

In Tambovsky region a comparative study of white yellow and blue lupine and of different varieties within each species has been performed.

Specific and varietal distinctions in lupine, as well as the effect of conditions of vegetation on growth and development of plants have been detected; specific features of photosynthetic activity in different periods of development have been determined: I — sprouts — early blossoming; II — blossoming and bean formation; III — fruit growth; IV — seed filling.

Sums of active temperatures required for complete ripening of the studied varieties, photosynthetic potential and pure productivity of photosynthesis are ascertained.

In the northern part of Central-Chernozem zone early ripening varieties of white lupine were the best in seed production, protein collection, stable yields and even sprouts.