

УДК 633.367.3

## ОСОБЕННОСТИ БИОТИПОВ БЕЛОГО ЛЮПИНА

Г. Г. ГАТАУЛИНА

(Кафедра растениеводства)

В сельскохозяйственном производстве ряда стран все большее значение приобретает люпин как высокобелковая культура, способная конкурировать с соей [14—18]. Белый кормовой люпин (*Lupinus albus* L.) превосходит другие виды люпина и сою по урожаю семян, плоды его при созревании не растрескиваются. В плодах белого люпина содержится не только много белка — 37—40 %, но и 12—14 % жира. По химическому составу семян эта культура приближается к сое, более пригодна для механизированной уборки. Ее потенциальная урожайность 40—50 ц семян с гектара [7, 12, 13, 19, 20]. Белый люпин в отличие от сои можно возделывать на зерно в более северных районах. Однако у белого люпина продолжительный период вегетации, урожай семян сильно зависит от условий среды. В этой связи представляло интерес изучить особенности роста, развития разных биотипов белого люпина, их требования к теплу и влаге.

### Материал, методика и условия проведения опытов

Изучение коллекции образцов белого люпина и полевые опыты проводили с 1962 г. на экспериментальной базе учхоза им. Ка-

линина Тимирязевской академии в Мичуринском районе Тамбовской области (северная часть Центрально-Черноземного района, где

почвы — выщелоченный чернозем средней мощности, рН<sub>сод</sub> 5,8—6,1.

В коллекцию входили образцы кафедры растениеводства ТСХА, а также сорта и образцы, полученные из НИИ земледелия Украины, Черниговской опытной станции, ВИРа, научных учреждений Польши и ГДР. Номер образца, если он не оформлен как сорт, указывается по каталогу ТСХА.

Исследования включали в себя наблюдения за продолжительностью вегетации и отдельных ее периодов различных образцов белого люпина, изучение ветвления, роста растений в высоту, их продуктивности, элементов структуры урожая. Для определения особенностей формирования урожая у сортов, относящихся к разным биотипам, закладывали полевые опыты. Размер опытной делянки 70—100 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная. Оценку показателей проводили обще-

принятыми методами. При обработке многолетних экспериментальных данных с целью установления связей между отдельными элементами структуры урожая, продолжительностью периодов вегетации, урожайностью и факторами среды использовались методы корреляционного и регрессионного анализа.

Годы проведения опытов различались по погодным условиям. В благоприятные годы в среднем за вегетационный период выпадало 280—320 мм осадков, среднесуточная температура была 15—17°. В сухие годы осадков было значительно меньше нормы — 150—230 мм, среднесуточная температура повышалась на 1—2°. Влажные годы отличались большим количеством пасмурных дней, осадков выпадало на 70—100 мм больше нормы, среднесуточная температура понижалась на 1—1,5°.

### Особенности роста и продолжительность вегетации

Белый люпин характеризуется значительным разнообразием экотипов. По классификации Либкинд [9] белый люпин разделен на две географические группы — средиземноморскую и абиссинскую. При изучении коллекции ВИРа Федотов [10] предложил новую классификацию, согласно которой по происхождению и ряду биологических признаков выделено 6 типов белого люпина: грузинский, юго-западный, абиссинский, западноевропейский, средневропейский, палестинский.

В настоящее время многочисленные сорта и образцы белого кормового люпина относятся в основном к средневропейскому и палестинскому типам с быстрым начальным ростом. Однако внутри этих экотипов отмечено значительное многообразие форм, различающихся по степени ветвления, продолжительности вегетации, продуктивности [4, 8]. С помощью искусственного мутагенеза получены формы, характеризующиеся новыми морфологическими, физиологическими и биохимическими свойствами [6, 8].

Т а б л и ц а 1

Особенности роста, ветвления и продолжительность вегетации разнотипных образцов белого люпина

Биотип	Вегетационный период, дни*	Образование боковых побегов, порядок	Рост в высоту, см	Урожай семян, ц/га
Благоприятные годы (7 лет)				
Скороспелый	115—120	II	68—78	55—37
Среднеспелый	120—125	III	75—87	42—35
Позднеспелый	125—145	IV	98—112	40—25
Влажные годы (4 года)				
Скороспелый	125—132	III	70—88	45—30
Среднеспелый	135—145	IV	118—128	40—24
Позднеспелый	150 и более	V	150—155	Не вызревают
Сухие годы (6 лет)				
Скороспелый	95—114	II	53—66	20—15
Среднеспелый	100—120	II	62—72	20—13
Позднеспелый	105—125	II	75—82	19—15

\* В табл. 1, 2 продолжительность вегетации от всходов до созревания.

В наших исследованиях особое внимание было обращено на продолжительность вегетации различных образцов, так как позднеспелость и неустойчивое созревание белого люпина часто препятствуют широкому распространению этой высокобелковой культуры. Опыты показали, что продолжительность вегетации белого люпина тесно связана с особенностями роста и ветвления. По продолжительности вегетации образцы разделены нами на три биотипа — скороспелый, среднеспелый и позднеспелый. К скороспелым образцам относятся Киевский мутант, Днепр, Горизонт, Солнечный, Киевский щедрый, Юбилейный, Бланка, 2241, 2243, 2252 и др.; к среднеспелым — Крафтквелл, Нерквелл, Гела, Ультра, Нойтра, Кали, Калина, 2242, 2204, 2205; к позднеспелым — Носовский 3, Октябрьский, 1602, 1603, 2208, 2209, 2244, 2248 и др. У разнотипных образцов неодинаковые способность формировать побеги высших порядков, рост растений в высоту и продолжительность вегетации (табл. 1).

Позднеспелые образцы высокорослые. У них образуются побеги IV и V порядков, во влажные годы высота растений достигает 1,5 м — в 2 раза больше, чем у скороспелых форм. Цветение и созревание у позднеспелых образцов растянуто, вегетационный период часто превышает 150 дней, семена не вызревают. Скороспелые образцы низкорослые, слабо ветвятся, вегетационный период не больше 130 дней. Среднеспелые образцы по степени ветвления и продолжительности вегетации занимают промежуточное положение.

Наиболее распространенный сорт белого люпина Киевский мутант, полученный в НИИ земледелия Украины, относится к скороспелому биотипу. Однако даже у такого сорта продолжительность вегетации составляет 120—130 дней; во влажные годы она увеличивается. Так как производству нужны более скороспелые сорта, на кафедре растениеводства ТСХА с участием ВНИИ зернобобовых и крупяных культур методом искусственного мутагенеза получен сорт Старт, созревающий в среднем на 12 дней раньше Киевского мутанта (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Продолжительность вегетации и продуктивность скороспелых сортов белого люпина (среднее за 5 лет)

Сорт	Вегетационный период, дни	Рост в высоту, см	В среднем на 1 растение при густоте 50 растений на 1 м <sup>2</sup>			Масса 1000 семян, г	Урожай семян, ц/га
			число бобов, шт.	число семян, шт.	масса семян, г		
Старт	112	62	7,2	26	7,8	300	34,0
Киевский мутант	124	76	5,8	20	8,2	430	36,9

Сорта скороспелого биотипа можно разделить на две группы: ранние типа Старта и среднеранние типа Киевского мутанта.

Мелкосеменной сорт Старт по урожайности несколько уступает Киевскому мутанту. Однако более раннее и устойчивое созревание имеет решающее значение при производстве этой культуры на семена в условиях Центрально-Черноземного района и юга Нечерноземной зоны.

Скороспелость у белого люпина связана с низкорослостью, ограниченным ветвлением и более интенсивным поступлением пластических веществ в плоды.

У разнотипных сортов распределение синтезированного органического вещества между вегетативными и генеративными органами различно. У позднего сорта Белый 6 в течение месяца после отцветания

и завязывания плодов на главном побеге надземная масса растения увеличивается почти в 3 раза, однако только  $\frac{1}{3}$  созданного за этот период органического вещества поступает в плоды разных ярусов, а  $\frac{2}{3}$  идет на создание вегетативных органов — побегов различных порядков. У Киевского мутанта 50—58 % пластических веществ поступает в плоды, а у Старта — 70—80 %. Отмеченные различия сохранялись независимо от сроков посева сортов (табл. 3); аналогичные данные получены в 1974 г.

Таблица 3

Среднемесячное увеличение содержания сухого вещества с момента окончания цветения (г) и поступление его в плоды у разнотипных сортов белого люпина. 1973 г.

Сорт	1-й месяц		2-й месяц		Поступило в плоды за 1-й месяц, % от общего
	всего растения	плодов	всего растения	плодов	
I срок посева					
Старт	15,0	10,5	1,2	10,2	70,0
Киевский мутант	15,4	9,0	6,0	10,0	58,5
Белый 6	14,8	5,0	22,5	13,3	33,8
II срок посева					
Старт	10,2	8,6	-1,2	4,6	84,0
Киевский мутант	15,0	7,6	3,8	8,5	50,0
Белый 6	11,7	4,5	9,8	8,8	38,3

Примечание. I срок посева — ранний, II — через 15 дней после I срока.

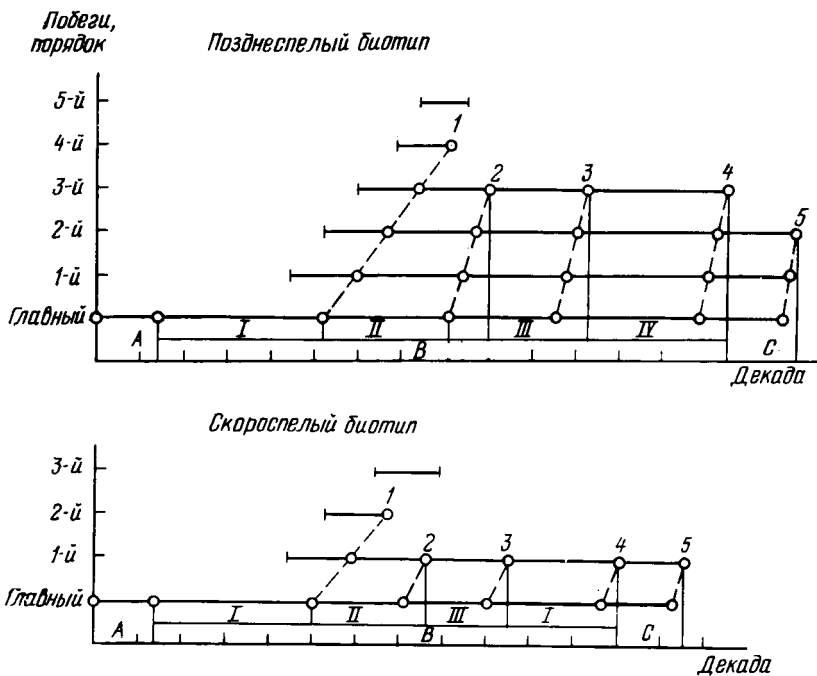
В течение второго месяца после цветения масса плодов продолжает увеличиваться. У скороспелых форм это происходит в основном за счет оттока пластических веществ из листьев и стеблей, общая масса растений за счет фотосинтеза увеличивается значительно меньше, чем масса плодов. К концу второго месяца у скороспелых форм листья полностью опадают, а масса стеблей уменьшается. Этот процесс идет интенсивнее у Старта, чем у Киевского мутанта. У позднеспелого сорта продолжается рост боковых побегов высших порядков, одновременно увеличивается масса плодов, только часть синтезированного за второй месяц сухого вещества поступает в плоды.

Таким образом, у скороспелых низкорослых форм с ограниченным числом побегов распределение продуктов фотосинтеза между плодами и нарастающими вегетативными органами более благоприятное для образования и налива семян на нижних ярусах, а урожай семян выше, чем у высокорослых многоярусных форм.

### Периоды развития посева различных сортов белого люпина

Развитие посева в процессе вегетации обычно связывают с определенными фазами. У белого люпина отмечают следующие фазы: всходы, цветение, сизые бобы, блестящие бобы, пожелтение и побурение бобов, созревание. На главном и боковых побегах фазы развития не совпадают. Так, в одно и то же время главный побег находится в фазе блестящих бобов, побеги I порядка — в фазе сизых бобов, а побеги II порядка — в фазе цветения.

Анализ многолетних экспериментальных данных, характеризующих этапы формирования урожая с позиций рассмотрения посева как фотосинтезирующей системы, позволяет выделить 6 периодов-подсистем с определенными функциями, увязав их с фазами развития растения [2]. Фотосинтетическая деятельность посевов разнотипных сортов белого люпина в отдельные периоды была рассмотрена нами ранее [3].



Сетевой график развития посева белого люпина.

A; B<sub>I</sub>; B<sub>II</sub>; B<sub>III</sub>; B<sub>IV</sub>; C — периоды развития (см. табл. 4); 1 — фаза цветения; 2 — сизых бобов; 3 — блестящих бобов; 4 — желтых бобов; 5 — созревания.

На сетевом графике и табл. 4 отражены прохождения фаз различными побегами, периоды развития посева и его основные функции в процессе формирования урожая. График дает представление о противоречивых процессах, «узких» местах в развитии посева, лимитирующих урожай, о связи между отдельными процессами, происходящими одновременно.

Цветение на главном побеге у различных по продолжительности вегетации форм обычно начинается почти одновременно — через 37—40 дней после появления всходов. У белого люпина боковые побеги I порядка начинают расти с появлением соцветий на главном побеге, а побеги II порядка — при зацветании побегов I порядка и т. д.

На графике обнаруживаются различия в развитии скороспелого и позднеспелого сортов. Так, у первого образуются только боковые побеги I и II порядков, у второго — и побеги III, IV, а иногда и V порядков. Цветение и последующие фазы на верхних побегах обычно менее продолжительны, чем на побегах нижних ярусов. Однако при значительном числе ярусов отток питательных веществ к вновь образовавшимся бобам на верхних ярусах, а также и рост и развитие расположенных ниже бобов замедляются и в целом продолжительность отдельных периодов увеличивается [1].

В развитии посева выделяются начальный (A) и конечный (C) этапы. Они довольно продолжительны — месяц, или  $\frac{1}{4}$  всей вегетации. В данные этапы отсутствует фотосинтез, не создается урожай. В этой связи представляет интерес выявление возможности их сокращения без ущерба для урожая, для чего нужно учесть требования люпина к теплу и влаге в это время.

В табл. 4 дана характеристика этапов и периодов формирования урожая люпина. Основной этап в развитии посева (B) — от всходов до начала созревания, когда в процессе фотосинтеза формируется урожай, разделен нами на четыре периода. Каждый из них включает в

Периоды развития посева, их характеристика и продолжительность

Период, его продолжительность, дни*	Фаза в начале и в конце периода	Характеристика основных процессов и функций посева	Основной выходной показатель
Посев — всходы (А), 14, 14; 14	Посев сухими семенами — всходы	Набухание и прорастание семян	Густота всходов
Всходы — начало цветения (В, I), 36; 37, 38	Всходы — раскрытие нижних цветков на главном побеге	1. Рост главного побега и листьев на нем 2. Образование и развитие генеративных органов на главном побеге	Размеры ассимиляционной поверхности
Цветение — образование плодов (В, II), 21; 26; 38	Начало цветения на главном побеге — образование завязей на верхних боковых побегах	1. Рост боковых побегов 2. Рост листовой поверхности 3. Цветение, образование плодов на главном и боковых побегах	1. Максимальная ассимиляционная поверхность 2. Число плодов на единице площади
Рост плодов (В, III), 18; 18; 22	Сизые бобы — блестящие бобы	1. Рост плодов, максимальный к концу периода размер плодов 2. Площадь листьев сохраняется на высоком уровне	1. Число семян на единице площади 2. Накопление биомассы 3. Площадь листьев 4. Масса плодов 5. Накопление протеина
Налив семян (В, IV), 20, 24; 32	Блестящие бобы — пожелтение бобов	1. Налив семян, отток питательных веществ из других органов в семена, к концу периода масса семян максимальная 2. Опадение листьев	1. Сухая масса семян (урожай) 2. Сбор протеина 3. Урожай биомассы
Созревание (С), 12, 15; 16	Пожелтение бобов — бурые сухие плоды	Созревание, отдача влаги семенами и створками плодов	1. Урожай созревших семян 2. Сбор протеина с урожаем семян

\* Продолжительность периодов указана соответственно для сортов Старт, Киевский мутант и Белый 6. Рассчитана в среднем за 13 лет, для сорта Старт за 6 лет.

себя одну или несколько наиболее важных функций, направленных на создание урожая, и основные выходные данные каждого периода, оказывающие существенное влияние на развитие посева и формирование урожая в последующий период.

В периоде I важным выходным показателем является площадь листовой поверхности. Продолжительность периода II — от начала цветения на главном побеге до образования завязей на верхних боковых побегах у сортов, относящихся к разным биотипам, — резко различается: от 18—20 дней у наиболее скороспелых форм до 40 дней и более у позднеспелых. В это время определяется размер будущего урожая, продолжительность последующих периодов, возможности вызревания семян. Данный период наиболее сложный и противоречивый (график). С одной стороны, происходит усиленный рост вегетативных органов — боковых побегов и листьев на них. В это время отмечаются самые высокие темпы нарастания листовой поверхности [3]. К концу периода листовая поверхность достигает максимума. С окончанием роста верхних побегов прекращается также рост растений в высоту. С другой стороны, одновременно с усиленным нарастанием вегетативных органов последовательно по ярусам происходит цветение и образование

плодов. В этот период у позднеспелого биотипа значительная часть продуктов фотосинтеза направляется на рост новых боковых побегов в ущерб образовавшимся плодам (табл. 3). Из-за длительности ростовых процессов, большой ярусности продолжительность II периода у данного биотипа сильно увеличивается. Образовавшиеся на главном побеге плоды растут медленнее, чем у скороспелого биотипа. Отсюда преимущества его ограниченного ветвления. Однако для сортов этого биотипа, образующих плоды в основном на главном побеге и побегах I порядка, также очевидна сложность этого периода. Необходимы такие условия, которые обеспечили бы рост боковых побегов и листьев на них и одновременно высокую завязываемость плодов. Важнейшими выходными показателями II периода, оказывающими решающее влияние на урожай биомассы и семян, являются максимальная за вегетацию площадь листьев и число плодов, сформировавшихся на единице площади.

В III период происходит рост плодов, который осуществляется в основном за счет увеличения размера и массы створок бобов. К концу периода плоды достигают наибольших размеров и массы [1]. В это время отмечается наивысший за вегетацию урожай зеленой массы, в котором на бобы приходится 65—75 % сухого вещества. Сухая масса створок достигает максимума, а в семенах накапливается всего 25 % их максимальной сухой массы [1]. Листовая поверхность, оставаясь в среднем на высоком уровне, начинает постепенно уменьшаться за счет опадания нижних листьев. К главным выходным показателям этого периода относятся: число семян, сформировавшихся на единице площади, накопление биомассы и протеина в ней.

В IV период в течение 20—25 дней происходит налив семян, осуществляется отток пластических веществ из вегетативных органов и створок плодов в семена. К концу периода листья полностью опадают, а сухая масса семян приближается к максимальному за вегетацию уровню, хотя содержание влаги в семенах еще высокое — около 60 %. Выходные величины IV периода — конечная цель функционирования посева как фотосинтезирующей системы — урожай семян, сбор протеина с гектара, урожай биомассы.

Несмотря на то что урожай семян создан к концу IV периода, уборка невозможна из-за высокой влажности семян и других органов растения. Посев вступает в период созревания, длящийся 12—16 дней, когда влажность семян постепенно уменьшается с 60—70 до 25 % и ниже.

Успешность прохождения отдельных периодов, определяющая формирование высокого урожая семян и их вызревание, в значительной мере зависит от факторов среды и лимитируется ресурсами тепла и влаги.

### Требования к теплу и влаге

Исследователи, изучавшие белый люпин, обычно отмечают его повышенные требования к теплу. Так, Либкинд [9] и Шаратов [11] указывают, что белый люпин в нашей стране с успехом может возделываться только в субтропиках Грузии. Происхождение белого люпина из Средиземноморья свидетельствует о его теплолюбии. Важно учесть то обстоятельство, что во время налива и созревания семян на родине белого люпина стоит жаркая и сухая погода.

В связи с появлением скороспелых сортов белого люпина представляет интерес сопоставить требования к теплу различных биотипов по периодам развития. В табл. 5 приведены данные в среднем за 13 лет, для сорта Старт — за 6 лет.

В период посев — всходы (А) сумма температур для всех биотипов равняется 180°, среднесуточная температура 12,7°.

Требования к теплу разнотипных сортов белого люпина (°C)

Период	Среднесуточная температура			Сумма температур		
	Белый 6	Киевский мутант	Старт	Белый 6	Киевский мутант	Старт
Всходы — цветение (B, I)	17,1	17,0	16,8	650	630	605
Цветение — образование плодов (B, II)	19,0	19,0	20,8	570	455	415
Рост плодов (B, III)	18,2	18,6	18,6	400	390	335
Налив семян (B, IV)	14,7	16,1	17,1	530	405	375
Всходы — налив семян (B, I—IV)	17,0	17,5	18,0	2150	1880	1730
Созревание (C)	13,0	14,7	15,5	260	220	180
Посев — созревание (A+ +B+C)	16,2	16,7	17,1	2590	2280	2090

Наиболее скороспелому сорту Старт от посева до созревания требуется сумма температур около 2000°, Киевскому мутанту — на 200°, а позднеспелому сорту Белый 6 — на 600° больше. При одновременном раннем посеве сортов среднесуточная температура, при которой осуществляются налив и созревание, у позднеспелого сорта ниже, чем у скороспелых. Из-за большей длины периодов у Белого 6 налив и созревание приходится на неблагоприятные по погодным условиям осенние месяцы, что еще больше увеличивает продолжительность периодов.

Основные затруднения, возникающие при возделывании белого люпина в новых районах, — неустойчивая по годам урожайность, невызревание или неустойчивое созревание семян — связаны с тем, что в отдельные периоды требования растений к теплу и влаге не соответствуют погодным условиям. Как показано выше, для отдельных периодов в развитии белого люпина характерны свои, наиболее важные при фор-

Т а б л и ц а 6

Влияние температуры и осадков на продолжительность периодов посев — всходы и созревание

Год	Посев — всходы				Созревание			
	продолжительность периода, дни	осадки, мм	среднесуточная температура, °C	сумма температур, °C	продолжительность периода, дни	осадки, мм	среднесуточная температура, °C	сумма температур, °C
1962	27	60	10,6	286	20	80	11,0	220
1963	11	3	17,3	191	10	3	19,9	199
1964	11	35	14,4	159	18	60	12,0	216
1965	13	17	13,0	169	15	80	14,3	214
1966	15	15	13,8	202	9	1	23,0	206
1967	10	4	17,3	173	13	45	19,7	256
1968	18	32	12,2	219	18	24	13,1	236
1969	13	2	11,7	152	14	4	16,5	231
1970	8	15	16,2	130	14	60	16,2	226
1971	18	18	8,1	146	9	1	21,3	191
1973	10	7	11,3	113	15	43	12,5	188
1974	11	30	9,4	103	20	7	14,2	285
1975	15	10	11,0	166	13	35	19,1	247
$\bar{X}$	14	19,0	12,7	178	14,5	34,0	16,4	230
$m_D$	1,39	4,57	0,805	13,3	1,04	8,26	1,07	7,59
V, %	36,1	86,3	22,7	28,2	26,1	87,4	23,8	12,2
$r^*$	1	0,691	-0,523	0,794	1	0,500	-0,904	0,492

\* Парные коэффициенты корреляции с продолжительностью периода.



мировании урожая функции. Очевидно, и факторы среды должны соответствовать напряженности и направленности основных процессов,

Для производства желательного сокращения тех периодов в развитии посева (посев — всходы и созревание), когда отсутствует фотосинтез. Рассмотрим, как зависит продолжительность этих периодов от температуры воздуха и осадков (табл. 6).

Коэффициент корреляции продолжительности периода посев — всходы с количеством осадков достаточно высокий (0,691). Так как срок посева люпина ранний, то семена заделываются обычно во влажный слой почвы. Большое количество осадков после посева обычно означает, что стоит пасмурная, прохладная погода, почва уплотняется, и всходы появляются позднее. Отрицательная коррелятивная связь свидетельствует о существенном влиянии среднесуточной температуры на длительность периода. Так, при среднесуточной температуре 8—13° и нормальном увлажнении всходы появляются на 18—15-й день, а при температуре 14—17° — на 8—11-й. При посеве через 2-4 нед после раннего срока, когда температура повышается, всходы обычно появляются через 7—10 дней.

В условиях северной части Центрально-Черноземного района на выщелоченном черноземе при раннем сроке посева белого люпина и заделке семян на 4 см можно рассчитывать на появление всходов через 12—14 дней после посева. Сумма температур, необходимая для появления всходов, не вполне стабильна, коэффициент вариации составляет 28,2%. В среднем она равна 178° при  $m_D = 13^\circ$ .

Т а б л и ц а 7

Метеорологические условия и продолжительность периодов развития скороспелого биотипа белого люпина

Группы лет	Продолжительность периода, дни	Осадки, мм	Среднесуточная T, °C	ΣT, °C
<i>I. Всходы — начало цветения</i>				
Благоприятные	40	70	15,9	604
Влажные	38	100	16,1	612
Сухие	34	35	16,4	558
В среднем за 13 лет	37	61	16,0	592
<i>II. Цветение — образование плодов</i>				
Благоприятные	26	74	18,7	486
Влажные	27	103	19,9	537
Сухие	25	28	19,3	482
В среднем за 13 лет	26	60	19,2	499
<i>III. Формирование (рост) плодов</i>				
Благоприятные	18	43	18,0	324
Влажные	21	61	19,0	399
Сухие	17	16	20,2	343
В среднем за 13 лет	18	35	19,2	345
<i>IV. Налив семян</i>				
Благоприятные	25	52	18,0	450
Влажные	26	57	16,9	439
Сухие	22	38	19,4	427
В среднем за 13 лет	24	47	18,4	442
<i>I—IV. Всходы — начало созревания</i>				
Благоприятные	109	239	17,2	1875
Влажные	113	321	17,8	2011
Сухие	98	117	18,7	1832
В среднем за 13 лет	105	202	18,0	1890

Для созревания плодов в среднем необходима сумма температур 230° ( $V=12,2\%$ ). Продолжительность периода тесно связана со среднесуточной температурой ( $r=-0,904$ ). Отрицательная коррелятивная связь близка к функциональной. Осадки во время созревания удлиняют его. Созревание длится 18—20 дней, если среднесуточная температура не превышает 14°, при 16—17° — 14, при 20—23° — 9—10 дней.

Особенно важно выявить требования белого люпина к теплу и влаге, когда осуществляется фотосинтез и поэтапно формируется урожай. Ранее [5] было показано, что наличие достаточного количества питательных веществ и хороший симбиоз с клубеньковыми бактериями на черноземной почве обеспечивают создание высокого урожая, лимитирующими факторами являются недостаток тепла и влаги.

Изучение влияния метеорологических факторов на урожайность и продолжительность вегетации провели на скороспелом биотипе (сорта типа Киевского мутанта). Сорта этого биотипа наиболее распространены в производстве. Ранее был показан уровень урожайности семян в разные по метеорологическим условиям годы (табл. 1). В табл. 7 дана метеорологическая характеристика этих лет по периодам развития посева.

В среднем за 13 лет продолжительность вегетации от посева до полного созревания у скороспелого биотипа составляет 133 дня. Во влажные годы этот период увеличивается до 150 дней, т. е. находится на пределе возможностей выращивания в данной зоне. В сухие годы вегетация значительно сокращается, но и урожайность семян уменьшается в 2 раза.

Мы попытались установить для скороспелого биотипа характер связи между продолжительностью отдельных периодов, элементами структуры урожая, урожайностью, с одной стороны, и факторами среды — с другой, а также дать численные характеристики этим связям (табл. 8).

Как видно из данных табл. 8, продолжительность вегетации тесно связана с количеством осадков ( $r=0,76$ ). Длительность налива семян (IV период) мало зависит от осадков, выпавших в это время, однако на нее влияет влагообеспеченность предшествующих периодов.

Таблица 8

Коэффициенты парной корреляции между факторами среды и продолжительностью периодов, показателями структуры урожая и урожайностью семян

Период	Продолжительность периода (дни)					Число плодов	Число семян	Масса 1000 семян, г	Урожай семян, ц/га
	I—IV	I	II	III	IV				
Осадки, мм									
I—IV	0,76	0,65	0,20	0,47	0,75	0,65	0,74	—0,01	0,79
I	0,66	0,68	0,20	0,34	0,55	0,38	0,50	—0,02	0,55
II	0,56	—	0,16	0,22	0,63	0,59	0,69	—0,01	0,77
III	0,72	—	—	0,84	0,62	—	0,72	—0,43	0,66
IV	0,33	—	—	—	0,44	—	—	0,38	0,34
Среднесуточная T воздуха, °C									
I—IV	—0,80	—0,71	—0,15	—0,58	—0,71	—0,55	—0,53	0,14	—0,52
I	—0,61	—0,30	—0,29	—0,55	—0,53	—0,30	—0,23	0,28	—0,20
II	—0,33	—	—0,34	—0,22	—0,22	—0,29	—0,21	0,16	—0,16
III	—0,51	—	—	—0,24	—0,52	—	—0,66	0,26	—0,66
IV	—0,72	—	—	—	—0,66	—	—	—0,01	—0,47
ΣT, °C									
I—IV	—0,06	—0,02	—0,02	—0,04	—0,16	—0,10	—0,08	0,10	—0,08

Продолжительность вегетации от всходов до конца налива семян имеет тесную отрицательную коррелятивную связь со среднесуточной температурой воздуха ( $r = -0,80$ ). Наиболее четко связь проявляется во время налива семян. Продолжительность налива в основном зависит от среднесуточной температуры, а не от количества выпавших осадков в этот период. В другие периоды отмечается умеренная отрицательная связь между указанными показателями.

Связь продолжительности периодов с суммой температур практически отсутствует ( $r$  от  $-0,02$  до  $-0,04$ ). Это свидетельствует о стабильности суммы температур, необходимой для прохождения каждого из периодов. Данные табл. 7 показывают, каковы потребности в тепле для завершения каждого периода и вегетации в целом у скороспелого биотипа белого люпина. На основании данных табл. 7 и 8 можно сделать вывод о том, что в условиях северной части Центрально-Черноземного района температурный фактор не лимитирует успешного прохождения I—III периодов. Среднесуточные температуры в это время (табл. 7) при достаточном количестве осадков обеспечивают образование и рост такого числа плодов и семян, которое в случае вызревания позволяет получить высокий урожай. Однако температура становится существенным фактором для нормального прохождения налива: при недостатке тепла он удлиняется.

Рассмотрим, какое влияние метеорологические факторы в отдельные периоды оказывают на урожайность семян и элементы структуры урожая. Число плодов, сформировавшихся на единице площади, — выходная величина II периода, определяющая уровень урожайности. Данный показатель сильно изменяется по годам, коэффициент вариации составляет 40 %. В оптимальные годы на 1 м<sup>2</sup> образовалось 360 плодов, а в засушливые — всего 160. Число плодов на единице площади можно рассматривать как функцию метеорологических факторов I и II периодов:

$$Y = f(x_1^I, x_1^{II}, x_2^I, x_2^{II}), \quad (1)$$

где  $Y$  — число плодов, шт/м<sup>2</sup>;  $x_1^I$  и  $x_1^{II}$  — количество осадков, мм;  $x_2^I$  и  $x_2^{II}$  — среднесуточная температура, °С, соответственно в I (от всходов до начала цветения) и во II (цветение — образование плодов) периодах.

Урожайность семян определяли как функцию метеорологических факторов четырех периодов:

$$Y = (x_1^I, x_1^{II}, x_1^{III}, x_1^{IV}, x_2^I, x_2^{II}, x_2^{III}, x_2^{IV}), \quad (2)$$

где  $Y$  — урожайность семян, ц/га;  $x_1^{I-IV}$  — количество осадков по периодам, мм;  $x_2^{I-IV}$  — среднесуточная температура по периодам, °С.

Уравнения регрессии (1) и (2) и их характеристики приведены в табл. 9. В качестве характеристик переменной даны общие, а для аргументов — частные коэффициенты детерминации и корреляции.

В уравнении (1) от общей дисперсии зависимой переменной 51 % приходится на долю факторов, отраженных в уравнении.

Частные коэффициенты детерминации показывают, что изменение количества осадков от всходов до цветения не оказывает существенного влияния на число плодов. Осадки II периода (цветение — образование плодов) играют решающую роль в изменении этого показателя. При варьировании среднесуточной температуры в пределах 15—23° значения зависимой переменной колеблются слабо. Доля этого фактора в дисперсии  $Y$  составляет всего 6—8 %, коэффициенты частной корреляции невысоки.

## Уравнения регрессии и их характеристики

Переменная, аргументы	Коэффициенты детерминации	Коэффициенты корреляции	Критерий Стьюдента*
$Y = 890 - 0,23X_1^I + 1,75X_1^{II} - 13,1X_2^I - 27,3X_2^{II}$ (1)			
$Y$	0,511	0,685	1,9
$X_1^I$	-0,029	0,086	-0,6
$X_1^{II}$	0,389	0,587	5,0
$X_2^I$	0,065	-0,287	-2,0
$X_2^{II}$	0,085	-0,373	-2,7
$Y = 93,9 + 0,08X_1^I + 0,12X_1^{II} + 0,14X_1^{III} + 0,03X_1^{IV} + 1,1X_2^I - 2,4X_2^{II} - 4,0X_2^{III} + 1,3X_2^{IV}$ (2)			
$Y$	0,803	0,876	4,3
$X_1^I$	0,111	0,261	1,8
$X_1^{II}$	0,274	0,396	2,8
$X_1^{III}$	0,212	0,476	3,5
$X_1^{IV}$	0,023	0,112	0,7
$X_2^I$	-0,028	0,243	1,6
$X_2^{II}$	0,031	-0,340	-2,4
$X_2^{III}$	-0,029	-0,554	-4,3
$X_2^{IV}$	0,116	0,340	2,4

\* Для переменных — критерий Фишера.

Рассмотрение урожайности семян как функции метеорологических факторов по периодам в уравнении (2) позволяет оценить вклад каждого из них в изменение урожайности. Наибольшее колебание урожая семян вызывает варьирование количества осадков во II и III периоды, что подтверждается высокими частными коэффициентами детерминации и значениями  $t$  Стьюдента, характеризующими коэффициенты регрессии этих аргументов. Корреляция урожайности со среднесуточной температурой во II и III периоды отрицательная. Для периода налива семян значительно влияние среднесуточной температуры, причем корреляция положительная.

Таким образом, при формировании высокого урожая посев белого люпина особенно требователен к влаге во время цветения и образования плодов (II период), а к теплу — при наливе и созревании).

## Выводы

1. Изучение особенностей роста и развития биотипов белого люпина, различающихся по продолжительности вегетации, показало, что скороспелость связана с низкорослостью и ограниченным ветвлением. Данный признак может коррелировать с высокой продуктивностью семян благодаря лучшему оттоку продуктов фотосинтеза в плоды и семена. В этой связи возможно получение скороспелых и в то же время высокоурожайных сортов белого люпина.

2. Скороспелые низкорослые формы с ограниченным числом боковых побегов характеризуются более интенсивным накоплением пластических веществ в плодах. У раннего сорта Старт в течение месяца

после образования плодов в них поступало 70—80 % синтезируемых веществ, у скороспелого сорта Киевский мутант — 50—58, а у позднеспелого Белый 6 — 33—38 %. Поэтому урожайность семян у скороспелых форм выше, а созревание дружнее и происходит в более благоприятный по метеорологическим условиям период, чем у высокорослых многоярусных форм.

3. Наиболее скороспелый и достаточно урожайный (35—45 ц/га) сорт белого люпина Старт, полученный кафедрой растениеводства ТСХА с участием ВНИИ зернобобовых и крупяных культур, устойчиво созревает в условиях северной части Центрально-Черноземного района. По среднемноголетним данным, продолжительность вегетации этого сорта меньше, чем у позднего Белый 6, на 40, а скороспелого Киевского мутанта — на 12 дней.

4. Вегетация белого люпина от всходов до начала созревания, когда посев фотосинтезирует, разделена нами на 4 периода в соответствии с выходными показателями и функциями каждого периода, определяющими формирование урожая в динамике. Приведена характеристика каждого из периодов по результатам фотосинтетической деятельности посева и элементам структуры урожая в связи с метеорологическими условиями.

5. Посев белого люпина особенно требователен к влаге во II период, когда одновременно с цветением и образованием плодов растут боковые побеги, а листовая поверхность к концу периода достигает максимума. При недостатке влаги в этот период количество плодов, сформировавшихся на единице площади посева, в 2—3 раза меньше, чем в годы, когда влагообеспеченность близка к оптимальной.

6. Сумма температур, необходимая для развития самого раннего сорта Старт от посева до полного созревания, составила 2000°. Она меньше, чем для скороспелого Киевского мутанта и позднеспелого Белого 6 соответственно на 200 и 600°. Недостаток тепла во время налива и созревания белого люпина удлиняет эти периоды, при холодной осени они часто не завершаются, семена не вызревают. В условиях Центрально-Черноземного района устойчиво созревают только раннеспелые формы белого люпина типа Старт.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов П. П., Гатаулина Г. Г., Козлов В. В. Особенности формирования, налива и созревания плодов и семян у белого люпина. — Изв. ТСХА, 1976, вып. 3, с. 42—60. — 2. Вавилов П. П., Гатаулина Г. Г. Биологические особенности формирования урожая белого люпина. — Вестн. с.-х. науки, 1978, № 4, с. 13—27. — 3. Вавилов П. П., Гатаулина Г. Г., Козлов В. В. Фотосинтетическая деятельность посевов разнотипных сортов белого люпина. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 2, с. 3—14. — 4. — Гатаулина Г. Г. Результаты изучения разных форм белого люпина. — Изв. ТСХА, 1967, вып. 5, с. 64—72. — 5. Гатаулина Г. Г., Мишкина В. Э. Минеральное питание и накопление азота у белого люпина. — Изв. ТСХА, 1972, вып. 4, с. 73—85. — 6. Головченко В. И., Солодюк Н. В. — В сб.: Практика химического мутагенеза. М.: Наука, 1971, с. 251—258. — 7. Головченко В. И. Белый безалкалоидный люпин — ценная зернофуражная культура. — В сб.: Проблемы белка в сельск. хоз-ве. Науч. тр. ВАСХНИЛ. М.: Колос, 1975, с. 250—256. — 8. Головченко В. И. Результаты мутагенеза, селекции и акклиматизации белого люпина как кормовой культуры СССР. — С.-х. биология, 1977, т. 12, № 5, с. 711—720. — 9. Либкинд Б. М. Люпин. Л.: Изд-во ин-та растениев., 1931. — 10. Федотов В. С. Белый люпин и перспективы его культуры в СССР. — Тр. по прикл. бот., генет. и сел., т. XXVIII, вып. 1, 1948. — 11. Шарапов Н. И. Люпин. М. — Л.: Сельхозиздат, 1949. — 12. Warkacki S. Przegląd hodowlany, 1975, т. 43, Nr 4, s. 5—16. — 13. Brummund M. — Saat Pflanzgt. 1974, Bd 15, N 8, S. 125—126. — 14. Gladstones J. — J. Agr. West Austr., 1970, vol. 11, N 12, p. 276—278. — 15. HackbARTH J. — Mitt D. L. G., 1973, Bd 88, N 16, S. 458—466. — 16. Lamberts H. — Farmers Weekly, 1976, January, 2. — 17. Lees P. — Big Farm Manag., 1976, March, p. 67—68. — 18. Lees P. — Farmer and Stock Breeder, 1976, vol. 5, N 118, p. 48. — 19. Mikolajczyk J. — Nowe roln, 1973, т. 19, Nr. 4, s. 15—18. — 20. Reeves T. — J. Agr. Victoria, 1974, vol. 72, N 9, p. 285—290.

Статья поступила 20 ноября 1980 г.

## SUMMARY

Peculiarities of growth, branching and distribution of synthesized organic matter between generative and vegetative organs in early maturing, mid-season maturing and late maturing biotypes of white lupine (*Lupinus albus* L.) have been studied since 1962 at the Kalinin Experimental farm of the Timiryazev Academy. Soils—leached chernozem of middle depth.

Early maturity in white lupine may correlate with seed productivity due to the fact that products of photosynthesis move to fruit and seed.

In the paper, grounds for dividing the growing season into periods and the characteristic of each period by the main functions and output data are presented, and requirements of the biotypes to heat and moisture in each period are determined. Critical periods when stands of the crop are especially exacting to moisture (the period of blooming and fruit setting) and to the lack of heat (periods of grain forming and maturing) are defined. Regression equations which characterize the yield of white lupine seed as the function of meteorological factors (rainfall and average daily temperature) by the periods of stand development are presented.