

- Жилкин Б. Д. Сб. «За повышение продуктивности лесов БССР». Изд. АН БССР, Минск, 1951.
- Жилкин Б. Д. Лесное хозяйство, № 1, 1961.
- Жилкин Б. Д. В кн. «Повышение продуктивности лесов западных и центральных районов СССР». Минск, 1962.
- Жилкин Б. Д. В кн. «Научно-производственная конференция по повышению продуктивности лесов УССР». Киев, 1963.
- Жуковский П. М. Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции, т. 21, вып. 1, 1929.
- Либкинд Б. М. Люпин. Л., 1931.
- Лысенко Т. Д. Агробиология, № 5, 1955.
- Лысенко Т. Д. Сад и огород, № 6, 1958.
- Майсурян Н. А. В кн. «Люпин». М., 1962.
- Малыгин Ю. Н. Удобрение и урожай, № 10, 1959.
- Межалуке Ю. Цветоводство, № 4, 1963.
- Мичурин И. В. Соч., т. 1, 1948.
- Морозов А. В. Использование сидератов в семечковых плодовых их садах. Автореферат, Мичуринск, 1956.
- Поджаров В. К. Влияние междурядной культуры многолетнего люпина (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) на продуктивность сосняков Белорусской ССР. Автореферат, Минск, 1958.
- Прянишников Д. Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. М — Л., 1945.
- Рутковский В. И. Известия АН СССР, серия геогр., № 3, 1958.
- Смирнов В. Н., Гришкун Е. В., Усынина В. А. Лесной журнал, № 5, 1963.
- Шарапов Н. И. Люпин. М., 1949.
- Bredow-Stechow. Mitteilungen der DLG, H. 25, 1962.
- Hanelt P. Die Lupinen. Wittenberg, 1960.
- Němec A. Hnojení lesních kultur. Praha, 1950.
- Wittich W. Forstwiss. Centralblatt. Bd. 74, № 9/10, 1956.

*И. Э. Рихтер*

### ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ЛЮПИНА НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В ХВОЕ ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ

Не вызывает сомнения исключительное значение условий почвенного питания в накоплении хлорофилла у древесных и травянистых растений. Среди элементов питания особая роль принадлежит азоту. Еще К. А. Тимирязев отмечал, что для образования хлорофилла «необходима обильная азотистая пища. Растения, получив азотистые удобрения, резко, на глаз, даже в поле отличаются ярким зеленым цветом». В. А. Бриллиант и Т. С. Горбунова (1955), Н. П. Воскресенская (1948), А. А. Ничипорович (1955), Т. Н. Годнев (1952), Н. Д. Нестерович и А. В. Пономарева (1957) и другие отмечают особенно сильное влияние азота на накопление хлорофилла. Определенную положительную роль играют калий, фосфор и другие элементы.

Многолетний люпин является универсальным удобрением. Исследованиями В. П. Григорьева (1960) с применением ме-

ченых атомов установлено, что люпин не только обеспечивает своей клубеньковой тканью связывание атмосферного и накопление воднорастворимого азота (в клубеньках, корнях, листьях и стеблях), но и питает другие растения за счет быстрого выделения через корни в почву легкоусваиваемого растениями фосфора.

Влияние этого удобрения на содержание компонентов хлорофилла и каротиноидов в хвое ели обыкновенной совершенно не изучено. Это побудило нас исследовать влияние многолетнего люпина на плодородие почвы и содержание хлорофилла в хвое.

Опыты проводились в 1962—1963 гг. в Негорельском учебно-опытном лесхозе БТИ им. С. М. Кирова на пробной площади 8<sup>3</sup> и в Городокском лесничестве Молодечненского лесхоза на пробных площадях 1 и 2, заложенных для изучения влияния последующей культуры многолетнего люпина на рост и продуктивность культур ели.

Учет изменения условий почвенного питания под влиянием люпина производился путем сравнения химического состава почв с люпином и без него. Смешанные образцы почвы для анализа с наиболее корнеобитаемого слоя брались в октябре. В лабораторных условиях с 2—3-кратной повторностью определялись: рН в солевой вытяжке по методу Алямовского, гидролитическая кислотность по Каппену, сумма поглощенных оснований по Каппену—Гильковицу, гумус по Тюрину, общий азот по Кьельдалю, легкогидролизуемый азот по Тюрину и Кононовой, подвижный фосфор по Кирсанову, калий по Масловой с применением пламенного фотометра.

Из данных табл. 1 видно, что в наиболее корнеобитаемом слое почвы на секциях с люпином значительно повысилось содержание гумуса, азота и калия. Так, содержание гумуса на глубине 5—10 см в ельнике орляково-черничном повысилось на 34,4%, а в ельнике кустарниковом осталось наравне с контролем, в ельнике кисличниковом — на 64,7%. Содержание общего и легкогидролизуемого азота повысилось соответственно на пробной площади 8<sup>3</sup> на 66,7 и 14,5%, на пробной площади 1 на 63,2 и 8,3%, на пробной площади 2 на 28,3 и 18,6%. Значительно возросло содержание калия. Однако обеспеченность анализируемых почв доступными растениям элементами азотного и зольного питания остается низкой. Резкое увеличение содержания гумуса, азота и калия можно объяснить не только удобряющим действием люпина, но и рыхлением почвы перед посевом семян.

Содержание фосфора, сумма поглощенных оснований и другие показатели химических свойств почвы изменились незначительно. Полученные результаты согласуются с исследо-

Таблица 1

## Данные химического анализа почвы

Секция	Глубина взятия образца, см	pH в KCl	Гидролитическая ки- слотность в мг-экв на 100 г почвы	Сумма поглощенных оснований в мг-экв на 100 г почвы	Степень насыщенно- сти почв - основани- ями, %	Гумус в % к абс. сухому весу почвы	Общий азот в % к абс. сухому весу почвы	Легкогидролизуемый азот в мг на 100 г почвы	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   K <sub>2</sub> O	
									в мг на 100 г почвы	
<i>Пробная площадь 8<sup>а</sup>, ельник орляково-черничный</i>										
Контроль	5—10	4,20	6,83	1,31	16,09	2,18	0,105	4,8	6,12	3,46
	20—25	4,50	1,75	1,92	52,31	0,76	0,049	1,5	9,00	2,72
Двухрядный посев	5—10	4,20	6,83	1,62	19,17	2,93	0,175	5,5	5,62	16,00
	20—25	4,50	2,98	2,32	43,77	0,64	0,056	1,9	11,25	7,82
<i>Пробная площадь 1, ельник кустарниковый</i>										
Контроль	5—10	4,30	5,60	1,21	17,77	1,60	0,106	6,0	1,20	6,36
	20—25	4,40	5,34	1,41	20,89	1,37	0,077	2,3	1,80	3,46
Двухрядный посев	5—10	4,40	5,34	1,32	19,82	1,60	0,173	6,5	1,75	7,82
	20—25	4,50	5,16	1,62	23,89	1,52	0,134	3,9	2,12	12,00
<i>Пробная площадь 2, ельник кисличниковый</i>										
Контроль	5—10	4,30	4,46	2,02	31,17	1,70	0,159	5,9	1,13	9,28
	20—25	4,50	2,80	2,42	46,36	0,56	0,035	2,2	7,88	3,46
Двухрядный посев	5—10	4,50	3,85	2,22	36,57	2,80	0,204	7,0	1,38	13,34
	20—25	4,65	3,41	2,73	44,46	1,22	0,102	4,6	1,13	4,90

ваниями Б. Д. Жилкина (1951, 1959), В. К. Поджарова (1957), И. А. Юшкевича (1957), В. П. Григорьева (1962) и др.

Надо полагать, что обеспечение почвы доступными растениям элементами питания приводит к повышенному потреблению их елью, усиленному образованию пластид и активизации процессов фотосинтеза в хвое последней.

Для выяснения этих вопросов нами определялось содержание хлорофилла у одно- и двухлетней хвои, собранной с южной стороны побегов верхней мутовки у 5 средних деревьев в начале вегетационного периода, в период максимального развития люпина и в конце вегетационного периода. Хвоя немедленно взвешивалась на торзионных весах и фиксировалась паром. Пигменты из хвои извлекались с помощью ацетона по методу Т. Н. Годнева (1952), а их концентрация в вытяжке определялась с пятикратной повторностью на спектрофотометре с последующим вычислением содержания хлорофиллов *a* и *b* и каротиноидов по формулам Витштейна (1957). Для анализа взято 150 образцов.

Таблица 2

## Содержание хлорофилла и каротиноидов в хвое ели

Пр. пл.	Секция	Возраст хвои	Содержание хлорофилла в мг/г абс. сухого вещества			В % (a+b) к контролю	с в мг/г абс. сухого вещества	Соотношение a:b	Отношение a+b/c
			a	b	a+b				
<i>3-я декада апреля</i>									
8 <sup>3</sup>	контроль с люпином	двухлетняя	0,578	0,184	0,762	100,0	0,235	3,14	3,24
		двухлетняя	0,594	0,190	0,784	102,9	0,240	3,13	3,27
1	контроль с люпином	двухлетняя	0,520	0,153	0,673	100	0,225	3,40	2,99
		двухлетняя	0,518	0,163	0,681	101,2	0,243	3,18	2,80
2	контроль с люпином	двухлетняя	0,853	0,272	1,125	100	0,269	3,14	4,18
		двухлетняя	0,850	0,270	1,120	99,6	0,262	3,15	4,27
<i>3-я декада июня</i>									
8 <sup>3</sup>	контроль с люпином	однолетняя	0,869	0,332	1,201	100	0,214	2,62	5,61
		однолетняя	0,923	0,324	1,247	103,2	0,303	2,85	4,11
	контроль с люпином	двухлетняя	0,524	0,221	0,745	100	0,199	2,37	3,74
		двухлетняя	0,702	0,312	1,014	136,1	0,288	2,25	3,52
1	контроль с люпином	однолетняя	0,439	0,099	0,538	100	0,262	4,43	2,05
		однолетняя	0,577	0,190	0,767	142,6	0,224	3,04	3,42
	контроль с люпином	двухлетняя	0,436	0,144	0,580	100	0,241	3,03	2,40
		двухлетняя	0,830	0,325	1,138	196,2	0,243	2,50	4,68
2	контроль с люпином	однолетняя	0,415	0,126	0,541	100	0,150	3,29	3,61
		однолетняя	0,634	0,202	0,836	154,5	0,219	3,14	3,82
	контроль с люпином	двухлетняя	0,513	0,182	0,695	100	0,227	2,82	3,06
		двухлетняя	0,901	0,348	1,249	179,7	0,356	2,59	3,51
<i>3-я декада октября</i>									
8 <sup>3</sup>	контроль с люпином	однолетняя	0,945	0,385	1,303	100	0,443	2,64	2,94
		однолетняя	1,275	0,677	1,952	149,8	0,627	1,88	3,11
	контроль с люпином	двухлетняя	0,806	0,308	1,114	100	0,428	2,62	2,60
		двухлетняя	1,545	0,517	2,062	185,6	0,814	2,99	2,53
1	контроль с люпином	однолетняя	0,942	0,300	1,242	100	0,410	3,14	3,03
		однолетняя	1,835	0,680	2,515	202,5	0,651	2,70	3,86
	контроль с люпином	двухлетняя	1,223	0,475	1,698	100	0,545	2,57	3,12
		двухлетняя	1,568	0,440	2,008	118,2	0,790	3,56	2,54
2	контроль с люпином	однолетняя	1,729	0,602	2,331	100	0,672	2,87	3,47
		однолетняя	2,501	1,088	3,589	154,0	0,749	2,30	4,79
	контроль с люпином	двухлетняя	1,438	0,515	1,953	100	0,405	2,79	4,82
		двухлетняя	1,853	1,125	2,978	152,5	0,586	1,65	5,08

Из данных табл. 2 видно, что содержание хлорофилла на протяжении вегетационного периода в хвое ели не постоянно, а постепенно возрастает от апреля к октябрю. Улучшение условий почвенного питания культурой люпина способствует

накоплению хлорофилла ( $a+b$ ) в единице сухого вещества хвои. Такое явление было отмечено Б. Д. Жилкиным (1959). По его данным, содержание хлорофилла в хвое сосны под действием люпина повышалось на 84% по отношению к контролю. В наших исследованиях максимальное увеличение содержания хлорофилла составляет 102,5%. Однако такому значительному повышению содержания хлорофилла в хвое, по-видимому, способствовало не только удобрение почвы, но и отенение ели люпиновым травостоем, средняя высота которого достигала 90—100 см. С увеличением возраста хвои наблюдается некоторое повышение содержания хлорофилла в единице сухого вещества.

Полученные данные по количественному содержанию хлорофилла в хвое близки данным В. Н. Любименко (1935), Н. Д. Нестеровича и Г. И. Маргайлика (1961).

Содержание каротиноидов в хвое ели с улучшением условий питания изменяется менее определенно. Можно отметить лишь повышенное их содержание в октябре в однолетней и двухлетней хвое.

На соотношении компонентов хлорофилла  $a : b$  улучшение условий питания не сказалось. Это соотношение в весенние и летние месяцы остается относительно постоянным и лишь в октябре несколько снижается. По данным Вильштеттера и Штоля (1918), соотношение хлорофилла  $a : b$  у большинства растений в летний период выражено величиной  $2,9 \pm 0,6$ , а осенью у растений с зелеными листьями снижается до  $2,3 \pm 0,8$ .

Влияние условий питания на соотношение компонентов хлорофилла и каротиноидов  $\left(\frac{a+b}{c}\right)$  в хвое ели и других хвойных пород изучено очень слабо. Лишь Кверхольд (1959) указывает, что удобрения меньше влияют на эти соотношения, чем сезонные и возрастные изменения. Полученные нами данные не позволяют утверждать, что условия питания, сезонные и возрастные изменения оказывают влияние на соотношение  $a : b$  и  $\frac{a+b}{c}$ .

Очень важным показателем обеспеченности растений хлорофиллом является содержание его в единице листовой поверхности, так как этим обуславливается степень поглощения лучистой энергии.

Данные о содержании хлорофилла в квадратных дециметрах однолетней хвои в культурах ели были обработаны методом дисперсионного анализа путем решения двухфакторного комплекса. При этом выявлены вероятные оценки различий средних значений по вариантам опыта (табл. 3).

Таблица 3

**Сводная таблица дисперсионного анализа  
содержания хлорофилла в мг/дм<sup>2</sup> в октябре  
(в усл. единицах)**

Источник варьирования	Варьирование S	Число степеней свободы К	Дисперсия $\sigma^2$	Показатели достоверности			
				$\theta_\varphi$	$\theta_5$	$\theta_1$	$\theta_{01}$
Общее . . . . .	360,8	44	—	—	—	—	—
По типам леса . . . . .	180,9	2	90,45	92,3	3,29	5,31	8,57
Люпин . . . . .	139,3	2	69,65	71,1	3,29	5,31	8,57
Типы леса + люпин	5,4	4	1,32	1,3	2,66	3,95	5,96
Остаточное . . . . .	35,2	36	0,98	—	—	—	—

Из табл. 3 видно, что вычисленные значения  $\theta$  по типам леса и с люпином значительно больше табличного значения. Это дает основание утверждать, что типы леса и люпин оказывают существенное влияние на содержание хлорофилла в единице поверхности хвои.

Анализ вычисленных частных средних (табл. 4) показывает, что влияние люпина во всех типах леса можно считать доказанным, так как  $\theta_\varphi$  в несколько раз выше  $\theta_{01}$  при вероятности 0,999. При сравнении контрольных показателей и с люпином по типам леса также обнаруживается существенное изменение в содержании хлорофилла ( $\theta_\varphi > \theta_{01}$ ).

Таблица 4

**Оценка различий средних значений  
содержания хлорофилла в мг/дм<sup>2</sup> в хвое ели**

Показатель	Ельник орляково-черничный		Ельник кустарниковый		Ельник кисличниковый		Контроль		С двухрядным посевом люпина	
	двухрядный посев люпина	контроль	двухрядный посев люпина	контроль	двухрядный посев люпина	контроль	ельник орляково-черничный	ельник кисличниковый	ельник орляково-черничный	ельник кисличниковый
Средние арифметические M . . . . .	1,384	0,958	1,571	0,865	2,270	1,596	0,958	1,596	1,384	2,270
Разница M <sub>1</sub> —M <sub>2</sub>	0,426		0,706		0,674		0,638		0,886	
Коэффициент достоверности исправленный . . . . .	20,62		56,53		51,63		34,95		89,2	

Примечание. Дисперсия остаточного варьирования  $\sigma_2^2 = 0,022$ . Число степеней свободы K<sub>1</sub>=1; K<sub>2</sub>=36;  $\theta_{01}=13,03$ ; табличные коэффициенты достоверности:  $\theta_5=4,12$ ;  $\theta_1=7,47$ .

Одновременно с определением хлорофилла учитывались влажность и размеры хвои.

Как видно из табл. 5, влажность однолетней хвои во всех типах леса значительно выше, чем двухлетней. На секциях с люпином в большинстве случаев ткани хвои лучше обеспечены водой. Это, по-видимому, вызвано улучшением условий почвенного питания. Такое же явление отмечалось А. М. Алексеевым и Н. А. Гусевым (1957).

Таблица 5

Влажность, размер и вес хвои в июне

Пр. пл.	Секция	Влажность хвои в % к сырому весу		Длина хвои, мм		Поверхность 100 хвоинок, дм <sup>2</sup>		Вес 1 дм <sup>2</sup> абс. сухой хвои, мг	
		однолет-ней	двулет-ней	однолет-ней	двулет-ней	однолет-ней	двулет-ней	однолет-ней	двулет-ней
8 <sup>а</sup>	контроль . . .	78,2	55,3	13,1	10,5	0,292	0,249	329	1217
	с люпином . . .	80,7	55,5	13,1	13,6	0,304	0,359	421	1047
1	контроль . . .	65,9	54,6	9,0	8,8	0,232	0,236	657	758
	с люпином . . .	68,6	54,9	12,7	10,4	0,329	0,287	514	744
2	контроль . . .	71,6	61,6	10,5	11,3	0,259	0,318	425	691
	с люпином . . .	72,6	61,3	12,6	13,2	0,326	0,376	384	641

Длина хвои и поверхность 100 хвоинок обоих возрастов на секциях с люпином во всех случаях выше, чем на контрольных. С улучшением условий питания вес единицы поверхности хвои закономерно уменьшается.

Улучшение условий местопроизрастания, качества хвои и увеличение ее количества под действием люпина способствуют повышению интенсивности фотосинтеза и быстрому росту культур.

Из данных табл. 6 видно, что во всех типах леса культуры ели после 3-летнего удобряющего действия люпина растут лучше и превосходят культуры без люпина по высоте на 17,7—36,1%. При этом с увеличением густоты люпинового травостоя процент прибавки по высоте увеличивается. Между средними высотами на секциях с люпином и контрольных наблюдается достоверная разница. Прирост по высоте на третий год после введения люпина в зависимости от густоты травостоя и типов леса увеличился на 56,6—212,6%. Увеличение средней высоты и диаметра на секциях с люпином сказалось на запасах стволовой массы на единице площади.

Таблица 6

## Таксационная характеристика культур ели

Пр. пл.	Секция	Средняя высота, см $M \pm m$	% к контролю	$t$	Средний диаметр на $1/2 H$ , см $M \pm m$	Прирост по высоте последнего года	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	Запас в % к контролю
83	контроль . . .	89,2 ± 1,97	100	—	1,03 ± 0,02	10,8	0,653	100
	однорядный посев . . .	105,0 ± 2,34	117,7	5,1	1,10 ± 0,02	26,2	0,840	128,6
	двухрядный посев . . .	119,2 ± 2,39	133,6	9,7	1,11 ± 0,02	32,2	0,922	141,2
1	контроль . . .	101,8 ± 1,65	100	—	1,25 ± 0,01	18,0	1,405	100
	однорядный посев . . .	123,2 ± 1,62	121,0	9,3	1,30 ± 0,01	32,4	1,802	128,3
	двухрядный посев . . .	130,6 ± 1,59	128,3	12,6	1,39 ± 0,02	36,1	2,207	157,1
2	контроль . . .	99,3 ± 1,76	100	—	1,20 ± 0,01	21,2	1,259	100
	однорядный посев . . .	123,0 ± 1,86	123,9	9,3	1,20 ± 0,01	33,2	1,596	126,8
	двухрядный посев . . .	135,1 ± 1,81	136,1	14,2	1,28 ± 0,02	42,3	1,885	149,7

С увеличением возраста культур различия в продуктивности будут, по-видимому, увеличиваться. По данным Б. Д. Жилкина (1959), в результате 17-летнего действия люпина в ельнике черничниковом продуктивность культур повысилась на 189%.

## Выводы

1. Междурядная культура многолетнего люпина за три года значительно обогатила почву биологическим азотом, фосфором, калием и другими элементами.

2. Обогащение почвы азотом и зольными элементами привело к усиленному накоплению хлорофилла, улучшению всех физиологических процессов, происходящих в растениях, и повышению продуктивности культур.

## ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев А. М. и Гусев Н. Д. Влияние минерального питания на водный режим растений. Изд. АН СССР, 1957.  
 Бриллиант В. А. и Горбунова Т. С. Тр. Ин-та физиологии растений им. К. А. Тимирязева, 10, 1955.  
 Воскресенская Н. П. ДАН СССР, 64, № 1, 1949.  
 Годнев Т. Н. Строение хлорофилла и методы его количественного определения. Изд. АН БССР, 1952.



- Григорьев В. П. ДАН БССР, IV, № 8, 1960.  
Жилкин Б. Д. Изв. АН БССР, № 3, серия биол., 1951.  
Жилкин Б. Д. Лесоинженерное дело, № 2, 1959.  
Любименко В. Н. Фотосинтез и хемосинтез в растительном мире. М.—Л., 1935.  
Нестерович Н. Д. и Пономарева А. В. Минеральное питание и плодоношение древесных растений. Минск, 1957.  
Нестерович Н. Д. и Маргайлик Г. И. Сб. ботанических работ, вып. 3. Минск, 1961.  
Ничипорович А. А. Световое и углеродное питание растений (фотосинтез). Изд. АН СССР, 1955.  
Поджаров В. К. Сб. научных трудов БЛТИ, 1957.  
Юшкевич И. А. Использование люпина в качестве промежуточной культуры в лесном хозяйстве. Минск, 1957.  
Querhold H. D. Planta, Bd. 8, N. 41, 1959.

*В. С. Вакула*

### ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИСТЬЕВ ДЕКОРАТИВНЫХ ФОРМ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Лист растений представляет собой сложную гетерогенную оптическую среду. Содержание различных пигментов, органических веществ, воды в тканях листа, а также анатомическое и морфологическое его строение в своей совокупности определяют характер поглощения, отражения, пропускания и рассеивания лучистой энергии.

В исследованиях К. А. Тимирязева (1948), В. Н. Любименко (1914, 1926) и Л. А. Иванова (1946) показано, что растения в ходе эволюции в соответствии с условиями обитания приспособились к оптимальному поглощению солнечной энергии как к главнейшему фактору существования зеленых растений.

Зависимость оптических свойств листьев растений от условий их произрастания установлена в ряде работ (В. П. Дадыкин, Т. А. Алексеева, Ю. А. Давыдова, 1960; И. А. Шульгин, 1960 и др.). Показаны количественные различия в пропускании, отражении и поглощении лучистой энергии между экотипами, в то время как между разными видами в пределах экотипов эти различия были весьма незначительны (А. Ф. Клешнин, И. А. Шульгин, М. И. Верболова, 1960).

Из сказанного видно, что на основе изучения оптических свойств листьев представляется возможным выявить экологическую приуроченность исследуемых растений, а также некоторые особенности фотосинтетического аппарата, связанные с приспособленностью растений к тому или иному световому режиму.

В дендрологической литературе (Деревья и кустраники СССР, 1949, 1960; А. И. Колесников, 1960; Т. Ф. Пука, 1963 и