

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНЕГО ВЛИЯНИЯ ЛЮПИНА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНОВЫХ КУЛЬТУР

Б. Д. ЖИЛКИН, Т. С. БЕРЕГОВА

(Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова)

Биологическая мелиорация леса культурой многолетнего люпина (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) в лесхозах Белоруссии вышла из стадии опытов на небольших участках и начала внедряться в производственных масштабах. Так, за последние годы в лесхозах Белоруссии люпин был введен в лесные культуры на площади свыше 4000 га, в том числе в Негорельском учебно-опытном лесхозе на площади 324 га.

Несмотря на сравнительно большой объем опытных и производственных работ по биологической мелиорации леса, вопрос эффективности ее недостаточно изучен и представляет большой интерес как для лесохозяйственной науки, так и для практики. Особый интерес вызывает определение эффективности влияния люпина на рост насаждения в течение длительного периода времени.

Нами проведено исследование эффективности многолетнего влияния люпина на рост культур сосны в сосняке вересковом. Объектом исследования послужили культуры сосны в Негорельском учебно-опытном лесхозе, заложенные по гари 1920 г. рядовым посевом в 1923 г. Посев произведен в плужные борозды, расстояние между которыми 1,0—1,5 м. Тип условий местопроизрастания — сухой бор (А<sub>1</sub>), тип леса — сосняк вересковый. Почва среднеподзолистая, легкая, супесчаная, развитая на флювиогляциальных песках с глубоким залеганием грунтовых вод. В 1931 г. в междурядья культур был введен многолетний люпин. Исследование на участке ведется с 1948 г. Стационар состоит из 2 секций (с люпином и контрольной), расположенных на расстоянии 20 м одна от другой, площадью 0,08 га каждая.

Неоднократно на стационаре проводилось детальное исследование роста культур сосны под влиянием многолетнего люпина (Б. Д. Жилкин, 1951, 1965). В 1969 г. был проведен очередной тщательный учет деревьев по диаметру и высоте отдельно жизнеспособных, сухостой и валежа. Взяты и разработаны 6 модельных деревьев по 3 с каждой секции первых трех классов продуктивности. Предпочтение первым трем классам продуктивности при выборе модельных деревьев отдано потому, что они наиболее правильно отражают закономерность роста насаждения. По каждой модели произведен помуточный анализ ствола и определена весовая характеристика ствола, сучьев, хвои и корней. Модели разрабатывались для анализа хода роста ствола.

В настоящее время возраст культур — 47 лет, срок действия люпина — 40 лет. Рубки ухода в насаждении не проводились. Изменение показателей роста сосны под влиянием многолетнего люпина по этому стационару приведено в табл. 1.

Все таксационные показатели роста сосны с люпином выше соответствующих показателей на контроле. Культуры сосны с люпином по бонитировочной шкале Орлова относятся ко II бонитету, без люпина — к III.

Таблица 1

## Характеристика исследуемых культур сосны

Таксационные показатели	Секции		Отклонение	Отношение секции с люпином к контрольной
	с люпином	контрольная		
Средняя высота, м	15,8	13,6	+2,2	116,2
Средний диаметр, см	14,0	12,7	+1,3	110,2
Число стволов, шт.:				
жизнеспособных	2112	2250	—138	93,9
сухостоя	800	275	+525	290,9
валежа	1200	1025	+175	117,1
Итого . . . . .	4112	3550	+562	108,2
Сумма площадей сечения, м <sup>2</sup>				
жизнеспособных	32,62	28,48	+4,14	114,5
сухостоя	4,91	1,60	+3,31	306,9
валежа	5,05	2,59	+2,46	195,0
Итого . . . . .	42,58	32,67	+9,91	130,3
Запас, м <sup>3</sup>				
жизнеспособных	263,3	202,0	+61,3	130,4
сухостоя	30,4	9,5	+20,9	320,0
валежа	30,0	11,4	+18,6	263,1
Итого . . . . .	323,7	222,9	+100,8	145,2
Среднее изменение запаса, м <sup>3</sup>	6,9	4,7	+2,2	146,8

На секции с люпином значительно интенсивнее идет процесс самоизреживания. Так, отпад в культурах с люпином составляет 48,6%, на контроле — 36,6%.

Под влиянием люпина увеличился не только запас насаждения, но и значительно улучшились качественные показатели запаса. Это хорошо иллюстрируется данными табл. 2.

Таблица 2

## Распределение деревьев по классам продуктивности

Классы продуктивности	Секция с люпином		Контроль		Отклонение, %
	число деревьев	% от общего числа деревьев	число деревьев	% от общего числа деревьев	
I	138	6,5	125	5,6	+0,9
II	500	23,7	412	18,3	+5,4
III	750	35,5	725	32,2	+3,3
IV	262	12,4	400	17,8	—5,4
V	462	21,9	588	26,1	—4,2
Итого . . . . .	2112	100%	2250	100%	—

В культурах с люпином количество деревьев первых трех классов продуктивности на 9,6% выше, чем на контроле, и соответственно ниже

число деревьев IV и V классов продуктивности. Следовательно, люпин способствует лучшему росту и развитию господствующей части насаждения.

Опубликованные ранее (Б. Д. Жилкин, 1965) и полученные нами при нынешнем учете данные позволяют проанализировать ход роста культур сосны по запасу, начиная с 25-летнего возраста.

В данных табл. 3 обращает на себя внимание то, что с увеличением возраста процент запаса на секции с люпином по сравнению с контролем несколько падает. Так, в 25-летнем возрасте запас на секции с люпином составлял 179% по отношению к контролю, в 47-летнем — 145%. Наибольшее превышение запаса в абсолютных величинах достигается в молодом возрасте (к 30 годам), однако в нашем случае к 47-летнему

Таблица 3

Ход роста культур сосны по запасу

Возраст культур, лет	Общий запас, м <sup>3</sup>		Запас на секции с люпином, % к контролю	Эффект, м <sup>3</sup> /га
	на секции с люпином	на контрольной		
25	104	58	179	+46
30	205	123	167	+82
35	230	143	161	+87
40	249	165	150	+84
47	324	223	145	+101

возрасту опять отмечается нарастание превышения запаса, хотя и не так интенсивно, как в молодом возрасте. В результате интенсивного процесса самоизреживания насаждения и увеличения освещенности под пологом леса на секции с люпином за последние 4—5 лет появилось самовозобновление люпина. Положительное влияние его за эти годы, очевидно, и привело к дальнейшему улучшению роста сосны на секции с люпином.

Если предположить, что в дальнейшем культуры на секции с люпином и на контроле будут расти с одинаковой скоростью, то превышение запаса на секции с люпином к возрасту рубки должно сохраниться в пределах полученной нами цифры — 100 м<sup>3</sup>.

Как же сложится соотношение показателей хода роста насаждения с люпином и на контроле в будущем? Проследим это на показателях роста культур по высоте.

Известно, что высота — функция возраста и условий местопроизрастания насаждения. Изменение ее с возрастом имеет S-образный характер. Аналитическая связь между высотой и возрастом может быть выражена при помощи математических уравнений. Наиболее часто для установления этой связи пользуются логарифмическим уравнением или уравнением параболы 2-го порядка.

Однако, как показали исследования В. И. Дракина и Д. И. Вуевского (1940), эти уравнения недостаточно точно отражают ход роста по высоте до 20—30-летнего возраста, т. е. не отражают S-образного характера кривой. Поэтому для установления математической связи между высотой и возрастом на исследуемом объекте мы использовали уравнение Дракина и Вуевского, так как оно дает наиболее точное математическое выражение функциональной связи между высотой и возрастом, начиная с момента возникновения насаждения, т. е. наиболее



четко отражает S-образный характер кривой хода роста по высоте. Это уравнение имеет следующий вид:

$$y = a(1 - e^{-kt})^m,$$

где  $y$  — высота;

$a$  — верхняя граница роста;

$t$  — возраст;

$e$  — основание натурального логарифма;

$k$  и  $m$  — параметры уравнения, положительные величины.

Практическое применение уравнения дает хорошие результаты, о чем свидетельствуют работы В. К. Захарова, А. Д. Янушко (1962, 1967).

Исходным материалом для наших исследований послужили опубликованные данные Б. Д. Жилкина (1966) и материалы анализа хода роста модельных деревьев.

После проведения необходимых расчетов аналитическая связь между высотой и возрастом для исследуемых культур сосны выразилась уравнениями следующего вида:

а) для насаждения с люпином

$$H = 29,46(1 - e^{-0,0297t})^{2,1394},$$

б) для насаждения без люпина

$$H = 25,72(1 - e^{-0,02657t})^{1,9438}.$$

Показатель вида кривой  $m$  имеет величину больше 1, что указывает на S-образный характер интегральной кривой. Полученные по уравнениям сглаженные данные высот и фактические высоты приводятся в табл. 4.

Таблица 4

Сравнение фактических высот с высотами, рассчитанными по уравнениям

Возраст, лет	Насаждения с люпином				Контроль			
	средняя высота, м		отклонение		средняя высота, м		отклонение	
	фактическая	по уравнению	абсолютное, м	относительное, %	фактическая	по уравнению	абсолютное, м	относительное, %
10	1,5	1,6	+0,1	+6,7	1,4	1,5	+0,1	+7,1
15	3,0	3,2	+0,2	+6,9	2,7	2,9	+0,2	+7,4
20	5,1	5,3	+0,2	+3,9	4,3	4,6	+0,3	+7,0
25	7,5	7,4	-0,1	-1,3	6,0	6,3	+0,3	+5,0
30	9,8	9,5	-0,3	-3,1	7,8	8,0	+0,2	+2,6
35	11,9	11,6	-0,3	-2,5	9,9	9,7	-0,2	-2,0
40	13,8	13,5	-0,3	-2,2	11,7	11,3	-0,4	-3,4
45	15,4	15,4	0,0	0,0	13,2	12,8	-0,4	-3,0
50	16,7	17,0	+0,3	+1,8	14,5	14,1	-0,4	-2,8

Необходимо подчеркнуть, что до введения люпина высота сосны на контрольной секции была выше, чем на секции, предназначенной для введения люпина (в 6 лет высота составляла на контроле 0,55 м, на второй секции — 0,42 м). Иначе говоря, деревья на контрольной секции, расположенной ниже по склону, своей высотой выравнивали рельеф, подтверждая закономерность, отмеченную Г. Ф. Морозовым в его учении о лесе.

Анализ полученных результатов показывает, что отклонение вычисленных данных от фактических колеблется в пределах 0,4 м (максимум составляет 7,4%).

Для оценки точности выравнивания вычислен коэффициент корреляции, отражающий связь между фактическими и математически полученными данными. Близкие к единице коэффициенты корреляции (для культур с люпином 0,998 и для контроля 0,997) показывают, что параметры уравнения рассчитаны правильно. Связь между математическими и фактическими высотами близка к функциональной.

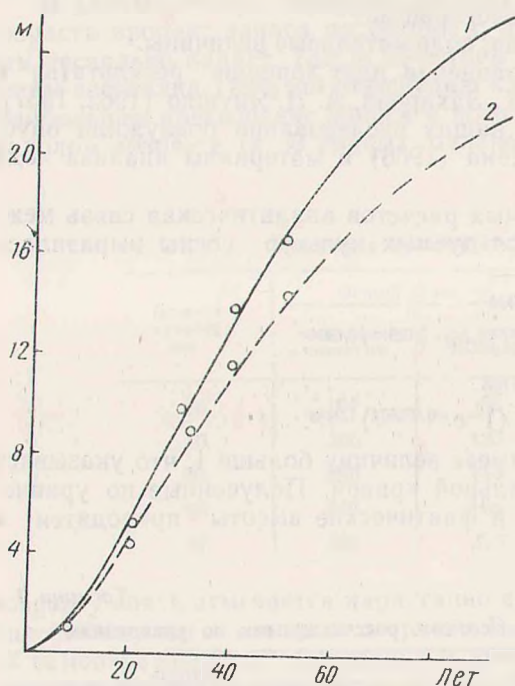


Рис. 1. Ход роста сосны по высоте на секции с люпином (1) и на контрольной секции (2).

Рассчитанные уравнения использованы для определения конкретных высот по 10-летним возрастным периодам до возраста рубки насаждения (90 лет). Полученные данные иллюстрируются графиком (рис. 1). Прежде всего следует отметить, что разница по высоте на секции с люпином и на контроле с возрастом все время увеличивается, хотя, начиная с 60 лет, не так интенсивно, как в 30—40 лет. Наибольший прирост как в насаждении с люпином, так и на контроле наблюдается в возрасте 30 лет, с 40 лет прирост заметно снижается, причем на секции с люпином несколько интенсивнее, чем на контроле. Так, если на контроле в 90 лет прирост по высоте составляет 35,5% прироста в 30 лет, то в насаждении с люпином — 33,3%.

Для установления запасов по вычисленным высотам в насаждении с люпином и на контроле были использованы всеобщие таблицы хода роста сосновых насаждений. Предпочтение этим таблицам было отдано потому, что показатели их по запасу и другим таксационным признакам наиболее близки к фактическим показателям обоих насаждений. Так, фактический запас на секции с люпином составляет 244 м<sup>3</sup>, по всеобщим таблицам хода роста—239 м<sup>3</sup>, разница не превышает 2,1%. На контроле соответственно 184 м<sup>3</sup> и 176 м<sup>3</sup>, разница — 4%. Полнота насаждения с люпином — 0,94, контроля — 0,89.

Ход роста по вычисленным высотам как на секции с люпином, так и на контроле незначительно отклоняется от высот всеобщих таблиц хода роста сосновых насаждений II и III классов бонитетов. Данные табл. 5 свидетельствуют о том, что превышение запаса на секции с люпином по сравнению с контролем с увеличением возраста сохранится и к возрасту рубки. Это превышение должно составить по общему запасу порядка 140 м<sup>3</sup> и по оставляемой части насаждения 120 м<sup>3</sup>. В среднем превышение общего запаса в насаждении с люпином против контроля с 30 лет до возраста рубки составляет 25%, по оставляемой части — 35%.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что введение многолетнего люпина в культуры сосны с целью повышения их продук-

тивности оказывает положительное влияние на рост культур в течение длительного времени. Дополнительный общий запас древесины, получаемой в результате удобрения почвы люпином к возрасту рубки, составляет около 25%, а по оставляемой части насаждения — около 35%, что в абсолютных цифрах даст дополнительно 120—140 м<sup>3</sup> древесины с 1 га.

Таблица 5

Запас насаждения с люпином и на контроле по всеобщим таблицам хода роста сосновых насаждений

Возраст, лет	Математические высоты, м		Общий запас ствольной древесины, м <sup>3</sup>		Запас оставляемой части, м <sup>3</sup>		Разница по запасу			
	на секции с люпином	на контроле	на секции с люпином	на контроле	на секции с люпином	на контроле	общему		оставляемой части	
							м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	%
20	5,3	4,6	—	—	—	—	—	—	—	—
30	9,5	8,0	138	108	115	89	30	27,7	26	29,2
40	13,5	11,3	271	213	197	144	58	27,2	53	36,8
50	17,0	14,1	399	311	274	202	88	28,3	72	35,7
60	19,9	16,5	515	405	341	251	110	27,2	90	35,8
70	22,1	18,5	608	486	393	290	122	25,2	103	35,5
80	23,9	20,1	694	560	438	325	134	23,9	113	34,8
90	25,3	21,3	762	620	473	352	142	22,9	121	34,4

## ЛИТЕРАТУРА

Дракин В. Н., Вуевский Д. И. 1940. Упрощенная схема вычисления параметров уравнения  $y = a(1 - e^{-kt})^m$ , характеризующая ход роста насаждений по высоте. Сб. Бел. лесотехн. ин-та, в. 6. Жилкин Б. Д. 1951. Опыты по преобразованию малопродуктивного сосняка верескового в высокопродуктивный сосняк люпиновый. В сб.: За повышение продуктивности лесов БССР. Мн.; 1965. Повышение продуктивности лесов культурой люпина. Мн. Захаров В. К., Янушко А. Д. 1967. Ход роста и товарность культур лиственницы в БССР. «Лесной журнал», № 5.