

УДК 630.231.332

Г.А. Годовалов, С.В. Залесов,
В.Н. Луганский, В.А. Щавровский
(Уральский лесотехнический институт)

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И СТРУКТУРУ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ПРИСПЕВАЮЩИХ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

Изучено влияние различных видов и доз минеральных удобрений на рост и структуру надземной фитомассы припевающихся сосновых древостоев Среднего Урала. Отмечается, что оптимизация видов и доз минеральных удобрений не только позволяет повысить общую надземную фитомассу, но и меняет ее структуру, увеличивая долю стволовой древесины. Сочетание внесения удобрений с проведением рубок ухода позволит предотвратить потери древесины, вызванные ускорением процесса естественного изреживания.

Постоянное возрастание спроса на древесину при сокращении запасов спелых древостоев как по стране в целом, так и по Уральскому региону в частности, ставит перед лесным хозяйством важную задачу дальнейшего повышения продуктивности лесов. Эта задача может быть решена внедрением системы мероприятий, включающей научно обоснованное проведение рубок главного и промежуточного пользования, мелиорацию, защиту и охрану лесов от пожаров, регулирование состава древостоев и т.д. Ведущее место в системе мероприятий по повышению продуктивности лесов, на наш взгляд, должно быть отведено применению минеральных удобрений. Это обусловлено тем, что, как правило, один или несколько необходимых элементов минерального питания растений находится в почвенном растворе в незначитель-

ном количестве, и это ограничивает рост и развитие насаждений. Известны случаи, когда недостаточная обеспеченность растений элементами минерального питания приводила не только к снижению производительности древостоев, но и к потере ими устойчивости (Рябинин, 1983).

Полностью нормализовать рост и развитие растений и в конечном счете обеспечить повышение производительности и устойчивости древостоев к неблагоприятным факторам экологического и антропогенного характера, усилить средообразующие и другие полезные функции лесов можно применением правильно подобранных видов и доз минеральных удобрений. Однако использование их ограничено, что объясняется целым рядом причин. Это недостаток и высокая стоимость удобрений, отсутствие высокопроизводительных машин и механизмов по их внесению под полог древостоев, сложность определения необходимых видов, доз, сроков и способов внесения. Правильный подбор насаждений и оптимальных доз удобрений позволяет получить очень высокий лесоводственный и экономический эффект (Шумаков, Федорова, 1970), в то время как ошибка в дозировке или виде удобрения и способе его внесения может привести не только к ухудшению условий роста древостоев, неоправданным затратам материальных и людских ресурсов, но и к ухудшению экологической обстановки.

Вопросы оптимизации внесения удобрений на сельскохозяйственных угодьях и в лесных питомниках решаются значительно проще, чем и объясняется широкое использование удобрений на этих объектах, особенно в экономически развитых странах.

К сожалению, работ по научно обоснованному использованию минеральных удобрений на лесных площадях мало, особенно на Урале, который весьма разнообразен по природно-экономическим условиям. Имеющиеся научные данные отрывочны, основаны на малых сроках наблюдения, без комплексного подхода к проведению исследований. На Урале заложено незначительное количество стационарных пробных площадей по изучению длительности влияния минеральных удобрений.

К настоящему времени наиболее обширный материал на

Урале накоплен по влиянию минеральных удобрений на смолопродуктивность сосновых древостоев (Коростелев, Щавровский, 1975; Щавровский и др., 1990), их устойчивость (Щавровский и др., 1988; Хайретдинов, 1990), а также урожайность дикорастущих ягодников (Щавровский, Запаранюк, 1988; 1990). Однако практически отсутствуют данные о влиянии различных доз и видов минеральных удобрений на структуру надземной фитомассы. В связи с этим нами в 1990 г. были проведены комплексные исследования на стационарной пробной площади (ППП-1/73) кафедры лесоводства УЛТИ. Пробная площадь заложена в 1973 г. на территории Учебного научно-производственного комплексного лесохозяйственного предприятия (УНПКЛП) УЛТИ в 73-летнем сосновом древостое ягодникового типа леса. Сосновые древостои данного типа леса являются преобладающими по площади в условиях Зауральской холмисто-предгорной провинции, Западно-Сибирской равнинной лесной области, в границах которой в соответствии со схемой лесорастительного районирования Б.П. Колесникова (1973) находится УНПКЛП.

Участок, на котором заложена ППП-1/73, занимает относительно ровный склон южной экспозиции крутизной 3... 5°. В момент закладки пробной площади на участке произрастал древостой из сосны обыкновенной с незначительной примесью березы повислой и лиственницы Сукачева. Бурая горно-лесная почва, на которой произрастает древостой, характеризовалась низким содержанием фосфора и среднекислой реакцией (табл. 1).

На пробной площади было 20 секций, из которых 3 контрольные и 17 опытных с различными вариантами видов и доз минеральных удобрений. Варианты опыта включали: простые азотные (мочевина), фосфорные (двойной гранулированный суперфосфат) и калийные (калийная соль) удобрения в дозах от 100 до 400 кг/га по действующему веществу; двойные азотно-калийные удобрения по 300 кг/га каждого из элементов и полное (тройное) удобрение. В 1990 г. определены основные таксационные показатели древостоя и нижних ярусов растительности на сохранившихся 3 контрольных и 14 опытных секциях.

Таблица 1

Агрохимические характеристики почвы на ППП-1/73

Глубина взятия образца, см	Гори- зонт	рН		Гу- мус, %	Подвижные формы, мг на 100 г почвы		
		соле- вая	вод- ная		P_2O_5	K_2O	Fe_2O_3
0...2	A ₀	4,8	5,4	-	-	-	-
2...6	A ₁	4,4	5,4	3,5	1,25	13,7	30
6...15	A ₂	4,8	5,8	1,5	1,25	12,1	30
15...30	A ₂ B	5,1	6,0	0,6	3,75	12,6	12
30...40	B	5,2	6,0	0,3	1,25	13,8	12
40	BC	5,6	6,4	-	-	Не опр.	Не опр.

Определение фитомассы различных фракций дерева связано с большими трудозатратами, многократно превышающими трудозатраты при традиционных стереометрических оценках объема ствола и других частей дерева. Для сокращения объема работ из всех секций пробной площади было отобрано 4. В данных секциях были внесены следующие удобрения (кг д.в./га), азота - 300, фосфора - 200, калия - 200 (секция 10); фосфора - 200 (секция 15); азота - 100 (секция 20); в секции 11 удобрения не вносились (контрольная). На наш взгляд, различие изучаемых вариантов опыта и большая давность воздействия удобрений (17 лет) позволяют определить степень влияния удобрений на структуру надземной фитомассы как отдельных деревьев, так и всего древостоя в целом.

Приводимые в табл. 2 данные позволяют сделать вывод о том, что, несмотря на одинаковый возраст и незначительное различие в исходном составе древостоев, отобранные секции пробной площади на момент проведения перечета сильно отличаются как по густоте, так и по ряду других таксационных показателей. В частности, древостой в опытных

Таблица 2

Таксационная характеристика древостоев по секциям

Состав	Средние		Густота, шт./га	Полнота, м ² /га	Запас, м ³ /га
	высота, м	диаметр, см			
Секция 11, контроль					
8,2С	21,2	20,7	1068	36,01	352,2
С _{сух.}		11,3	84	0,84	5,5
1,6Лц	28,1	36,5	52	5,44	69,3
0,2Б	19,2	18,9	28	0,78	7,6
Секция 10, N ₃ P ₂ K ₂					
10,0С	24,7	26,4	679	37,24	401,8
С _{сух.}		16,5	64	1,37	12,1
Секция 15, P ₂					
8,6С	23,5	25,9	727	38,24	523,8
С _{сух.}		15,3	67	1,24	10,1
1,3Лц	28,7	38,1	54	6,13	80,2
0,1Б	19,5	20,8	19	0,65	6,2
Е		22,0	4	0,07	0,7
Секция 20, N ₁					
9,3С	24,4	29,8	453	31,53	350,7
С _{сух.}		28,1	38	2,38	26,0
0,5Лц	22,1	23,5	32	1,39	16,6
0,2Б	20,0	20,1	30	0,95	8,9

секциях по сравнению с контрольным древостоем имеют более высокие средние таксационные показатели элементов леса. Так, средний диаметр сосны в секции 20, где было внесено азотное удобрение, превышал таковой в контрольном древостое на 9,1 см (44,0%). В то же время заслуживает внимания тот факт, что, несмотря на большую густоту контрольного древостоя, опытные секции характеризуются большим отводом даже спустя 17 лет после вне-

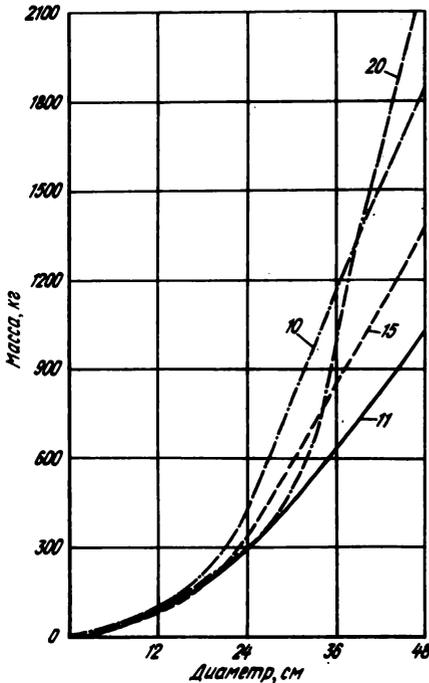
сения минеральных удобрений. Если в контроле запас сухостойных деревьев $5,5 \text{ м}^3/\text{га}$, то в опытных секциях он составляет от $10,1$ до $26,0 \text{ м}^3/\text{га}$, что в $1,8...4,7$ раза больше. Особенно интенсивный отпад наблюдается в 10 и 20 секциях, где вносились азотное удобрение. Следует отметить, что в отпад в опытных секциях переходят более крупные деревья, чем на контроле. Так, при внесении азотного удобрения в количестве $100 \text{ кг}/\text{га}$ по действующему веществу (секция 20) средний диаметр сухостоя составил $28,1 \text{ см}$, в то время как на контроле он был в $2,5$ раза меньше - $11,3 \text{ см}$.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что улучшение условий минерального питания, вызванное внесением удобрений, ускоряет процесс естественного изреживания в средневозрастных сосняках. Для снижения потерь древесины за счет потенциального отпада внесение минеральных удобрений должно сопровождаться проведением проходных рубок средней интенсивности.

В каждой секции было отобрано по 10 модельных деревьев. Подбор моделей осуществлялся пропорционально распределению числа деревьев в секции по ступеням толщины с учетом высоты деревьев, протяженности, ширины и мощности кроны. После общепринятых в лесной таксации измерений модельные деревья спиливались у шейки корня и определялась их общая надземная фитомасса, а также масса кроны, сучьев толще 3 см , $1...3 \text{ см}$, древесной зелени, хвоя, древесины и коры ствола и т.п. в свежесрубленном состоянии.

Для практических целей учета надземной фитомассы целесообразно иметь упрощенные регрессионные уравнения и составленные на их основе таблицы. Соотношение различных фракций фитомассы вполне удовлетворительно может быть описано уравнением, учитывающим диаметр дерева на высоте $1,3 \text{ м}$. Учет же других показателей (высоты дерева, линейных размеров кроны) не дает значительных преимуществ, так как эти показатели незначительно варьируют в спелом сосновом древостое ягодникового типа леса.

Зависимость между массой отдельных фракций фитомассы и диаметром дерева на высоте $1,3 \text{ м}$ вполне удовлетво-



Зависимость надземной фитомассы от диаметра дерева на высоте 1,3 м по секциям ППП

отдельных деревьев и всего древостоя в целом. Материалы исследований показали, что деревья тоньше среднего диаметра во всех секциях имеют практически одинаковые показатели структуры надземной фитомассы. Это, на наш взгляд, объясняется тем, что независимо от вида и дозы внесенного удобрения отставшие в росте деревья испытывают сильное угнетение со стороны древесного полога.

Влияние удобрения спустя 17 лет после внесения проявилось в этой части древостоя прежде всего не в структуре надземной фитомассы отдельных деревьев, а в их перераспределении по ступеням толщины. Картина резко меняется с увеличением размеров деревьев, что наглядно демонстрируется на примере зависимости общей надземной фитомассы от диаметра дерева на высоте 1,3 м (рисунок).

рительно может быть описана уравнением вида $y = ax^b$. Высокие значения коэффициентов детерминации (0,850...0,969) показывают, что данная модель объясняет до 97 % изменчивости фракций надземной фитомассы дерева и адекватна естественным закономерностям их распределения (табл. 3).

Таким образом, приведенное выше уравнение может успешно применяться при оценке надземной фитомассы в высокополнотных основных древостоях ягодникового типа леса.

Данные перечета деревьев в секциях пробной площади и полученное уравнение регрессии позволили нам определить как общую надземную фитомассу, так и массу ее фракций для от-

Таблица 3

Зависимость надземной фитомассы деревьев
от диаметров на высоте 1,3 м

Фракция фитомассы	Значение коэффициентов		Коэффициент детерминации
	а	в	
Секция 11, контроль			
Ствол	0,244	2,178	0,963
Сухие сучья	1,592-0,5	3,893	0,851
Общая фитомасса	0,179	2,334	0,957
Секция 10, $N_3 P_2 K_2$			
Ствол	0,132	2,468	0,969
Сухия сучья	8,480-0,5	3,136	0,850
Общая фитомасса	2,455-0,3	3,007	0,957
Секция 15, P_2			
Ствол	0,210	2,306	0,969
Сухие сучья	0,063	1,253	0,852
Общая фитомасса	0,134	2,489	0,957
Секция 20, N_1			
Ствол	0,197	2,325	0,969
Сухие сучья	9,942-0,3	2,659	0,851
Общая фитомасса	0,191	2,379	0,957

Характерной особенностью изучаемого объекта является более высокая густота древостоя в контрольной секции по сравнению с густотой опытных древостоев. Логично было бы предположить, что деревья в данной секции имеют меньшую массу кроны по сравнению с таковой в опытных секциях со сниженной густотой древостоя. Однако внесение минеральных удобрений под полог сосновых древостоев проявилось в увеличении доли стволовой древесины и, как след-

ствие этого, в повышении экономической (хозяйственной) ценности древостоев в целом. В исследованных опытных секциях доля кроны в общей надземной фитомассе на 2,7... ..6,0 % меньше, чем в более густом контрольном древостое. Влияние различных доз и видов удобрения на структуру надземной фитомассы приводится ниже:

	т/га	%/га	кг/дерево
Серия 11, контроль			
Ствол	196,9	84,5	184,4
Крона	38,8	16,4	36,3
В том числе:			
сухие сучья . . .	3,3	1,4	3,1
живые сучья . .	19,5	8,9	18,3
хвоя	15,9	6,3	14,9
Общая фитомасса . .	235,7	100,0	220,7
Секция 10, N_3, P_2, K_2			
Ствол	300,5	89,5	442,6
Крона	35,1	10,4	51,7
В том числе:			
сухие сучья . . .	1,8	0,5	2,7
живые сучья . .	24,5	7,3	36,0
хвоя	8,8	2,6	13,0
Общая фитомасса . .	335,7	100,0	494,4
Секция 15, P_2			
Ствол	284,3	87,2	391,6
Крона	41,7	12,7	57,4
В том числе:			
сухие сучья . . .	2,5	0,7	3,5
живые сучья . .	31,4	9,7	43,2
хвоя	7,7	2,3	10,7
Общая фитомасса . . .	326,0	100,0	449,1
Секция 20, N_1			
Ствол	244,4	86,2	539,7
Крона	39,0	13,7	86,1

	т/га	%/га	кг/дерево
В том числе:			
сухие сучья . . .	2,5	0,9	5,7
живые сучья . . .	31,4	11,0	69,3
хвоя	5,0	1,8	11,1
Общая фитомасса . . .	283,5	100,0	625,8

При выращивании удобренных и неудобренных древостоев с одинаковой густотой закономерность снижения доли кроны в надземной фитомассе удобренных приспевающих древостоев проявится еще более рельефно.

Все опытные секции отличались большей по сравнению с контрольным древостоем надземной фитомассой. Наибольшую массу в пересчете на 1 га имел древостой, под полог которого было внесено полное удобрение в расчете 300 кг азота, 200 кг фосфора и 200 кг калия по действующему веществу. Различие с контрольным древостоем в этом возрасте составляет 100 т/га (142,4 %). Таким образом, путем внесения полного удобрения можно увеличить общую надземную фитомассу почти в 1,5 раза. Наименьшая эффективность достигается при внесении азотного удобрения в количестве 100 кг/га, различие в общей фитомассе на этой и контрольной секциях не превышает 47,8 т/га (20,3 %).

Интересно отметить, что улучшение условий минерального питания древостоев сосны привело к снижению массы ассимиляционного аппарата. Доля хвои в надземной фитомассе в опытных секциях варьировала от 1,8 до 2,6 % при 6,3 % на контроле. Полученные данные полностью согласуются с материалами наших предыдущих исследований о том, что в худших условиях произрастания для создания одинакового объема древесины деревья увеличивают массу ассимиляционного аппарата (Залесов, 1988; Залесов, Луганский, 1989).

Помимо увеличения общей надземной фитомассы, внесение минеральных удобрений способствует лучшему очищению стволов от сучьев, что подтверждается не только снижением относительных показателей общей массы кроны, но и доли сухих (отмерших) сучьев (0,5..0,9 % в опытных секциях при 1,4 % на контроле).

Несомненный научный и практический интерес представляют не только относительные и абсолютные показатели общей надземной фитомассы древостоя, но и данные о фракциях фитомассы среднего дерева. Приведенные данные структуры надземной фитомассы наглядно показывают целесообразность внесения удобрений. Масса надземной части среднего дерева в опытных секциях составляет 203,5... ..283,6 % от аналогичного показателя в контрольном древостое. Увеличение массы стволовой древесины еще значительнее - 212,4...292,7 %.

Вызванное внесением минеральных удобрений увеличение общей надземной фитомассы древостоев в целом и среднего дерева в частности позволяет сделать вывод о несомненной лесоводственной и экономической эффективности использования удобрений. Наиболее эффективным из рассмотренных вариантов является внесение под полог приспевающих сосновых древостоев ягодникового типа леса полного удобрения в количестве 300 кг азота, 200 кг фосфора и 200 кг калия. Полное удобрение в больших дозах не только увеличивает общую надземную фитомассу всего древостоя в целом и среднего дерева, но и способствует лучшему очищению стволов от сучьев, увеличивая долю стволовой древесины. Влияние азотного удобрения в количестве 100 кг/га по действующему веществу менее эффективно. Его внесение привело к увеличению массы среднего дерева в целом и его отдельных фракций при наименьшем изменении структуры надземной фитомассы в относительных показателях. Наиболее характерным показателем влияния азотного удобрения является снижение доли ассимиляционного аппарата. На наш взгляд, внесение азотного удобрения на Среднем Урале способствует интенсификации фотосинтеза деревьев и повышению "продуктивности" их ассимиляционного аппарата.

В заключение следует отметить, что внесение минеральных удобрений под полог приспевающих сосновых древостоев является эффективным лесохозяйственным мероприятием, позволяющим не только значительно повысить их производительность, но и целенаправленно влиять на структуру надземной фитомассы.

Внесение удобрений должно сочетаться с проведением ру-

бок ухода средней интенсивности для предотвращения потери древесины в результате ускорения процесса естественного изреживания.

Для условий Урала необходимо продолжение комплексных исследований влияния различных видов и доз минеральных удобрений с целью расчета поправок (коэффициентов) к таблицам биологической продуктивности при использовании последних для проектирования переработки древесного сырья из удобренных древостоев.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСК

Залесов С.В. Влияние проходных рубок на массу и продуктивность ассимиляционного аппарата сосны//Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1988. Вып. 14, С. 152-160.

Залесов С.В., Луганский Н.А. Проходные рубки в сосняках Урала. Свердловск, 1989. 128 с.

Колежников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области/ УНЦ АН СССР. Свердловск, 1973. 175 с.

Коростелев А.С., Щавровский В.А. Влияние удобрений при подпочке на состояние хвои сосны обыкновенной на Среднем Урале//Лесоведение. 1975. № 4. С. 57-60.

Рябинин Б.Н. Применение минеральных удобрений в лесных культурах//Лесоведение и лесомелиорация: Обзор. информ. М., 1983. № 3. 32 с.

Хайретдинов А.Ф. Повышение продуктивности рекреационных лесов Южного Урала. Уфа, 1990. 280 с.

Шумаков В.С., Федорова Е.Л. Применение минеральных удобрений в лесу. М., 1970. 88 с.

Щавровский В.А., Запаранюк А.Е. Влияние весеннего внесения минеральных удобрений на урожайность, размер и биохимический состав ягод брусники//Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1988. Вып. 14. С. 58-64.

Щавровский В.А., Запаранюк А.Е. Влияние весеннего внесения минеральных удобрений на урожайность, размер и биохимический состав ягод клюквы//Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск. 1990. Вып. 15. С. 73-78.

Шавровский В.А., Капралов А.В., Годовалов Г.А. Применение минеральных удобрений в сосновых насаждениях в районе фторосодержащих промышленных выбросов // Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1988. Вып. 14. С.100-103.

Шавровский В.А., Коростелев А.С., Годовалов Г.А. Влияние минеральных удобрений на состояние деревьев сосны при подсочке // Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1990. Вып. 15. С. 67-72.

УДК 630.232.211

Г.Г. Терехов, А.Н. Тишечкин,
(Институт леса УрО РАН)

ТЕХНОЛОГИЯ РАСЧИСТКИ СВЕЖЕЙ ВЫРУБКИ ПОСЛЕ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСИНЫ АГРЕГАТНОЙ ТЕХНИКОЙ

Приведены результаты изучения различных технологий расчистки свежих вырубок после заготовки древесины агрегатной техникой. Установлено, что понижение шней до уровня поверхности почвы и измельчение оставшихся на вырубке порубочных остатков способствуют повышению производительности агрегатов по прокладке технологических полос и в конечном счете эффективности лесокультурного производства.

Искусственное восстановление лесов в Свердловской области осуществляется на площади более 30 тыс. га ежегодно, однако эффективность лесных культур остается пока еще невысокой. Основные объемы лесокультурных работ в последние годы проводятся на свежих неочищенных вырубках,