



УДК 630*237.4

О. И. Гаврилова, И. Т. Кищенко

Гаврилова Ольга Ивановна родилась в 1957 г., окончила в 1979 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесного хозяйства ПетрГУ. Имеет около 20 печатных работ в области выращивания посадочного материала и исследования лесных культур.



Кищенко Иван Тарасович родился в 1947 г., окончил в 1971 г. Петрозаводский государственный университет, доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники ПетрГУ. Имеет более 60 печатных работ в области изучения роста, развития, интродукции хвойных пород.



ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

Исследованы рост и развитие лесных культур сосны обыкновенной на бедных и сухих почвах южной Карелии после серии подкормок. Дано сравнение приростов по диаметру и высоте в вариантах с полной минеральной подкормкой и внесением одного азота. Приведены сведения о сроке последствий удобрений.

Ключевые слова: минеральные удобрения, почва, напочвенный покров, культуры сосны, прирост.

Леса Северо-Запада России интенсивно эксплуатировались в течение длительного времени, что привело к существенному снижению запасов спелой древесины. Необходимо создавать лесные культуры с учетом почвенно-климатических условий. Медленный рост культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на песчаных почвах во многом определяется недостатком минерального питания. Цель наших исследований – изучить влияние удобрений на рост культур сосны обыкновенной на песчаных почвах южной Карелии (средняя подзона тайги) за длительный период выращивания.

Исследования проводили в течение 39 лет. Объекты исследований расположены на пологом склоне северной экспозиции недалеко от берега небольшого озера. Бывший тип леса – сосняк брусничный, состав древостоя 10С + Б, класс бонитета IV. В результате сплошной рубки и последовавшего пожара сформировался вересково-паловый тип вырубки. Почва представлена маломощными поверхностно-подзолистыми разновидностями в сочетании с железистыми песчаными подзолами, подстилаемыми озерно-ледниковыми песчаными отложениями и характеризующимися низким содержанием подвижных элементов минерального питания.

Культуры сосны обыкновенной созданы в 1962 г. посевом по полосам, подготовленным якорным покровосдирателем тяжелого типа. Ширина полос 0,8 ... 1,2 м, расстояние между полосами 1,5 ... 2,2 м. Посев произведен сеялкой от плуга ПКЛ-70. Использованы семена 2-го класса сортности местного сбора, расход 0,8 кг/га. Приживаемость культур в первый год составила 86, на второй 88 %.

Минеральные удобрения вносили после таяния снежного покрова весной 1970, 1975, 1979 и 1985 гг. Схема опыта: N, NPK и контроль (без удобрения). Дозы внесения удобрений: в 1970 г. – азота и калия по 30, фосфора 60 кг действующего вещества на 1 га; в 1975 г. – по 60 кг/га каждого из указанных элементов питания; с 1979 г. вдвое больше. Удобрения вносили в виде мочевины, суперфосфата и хлористого калия вручную по поверхности почвы.

Размер пробных площадей – 0,5 га. Живой напочвенный покров изучали в 1970 и 2001 гг. На каждой пробной площади закладывали по 10 учетных площадок размером 1×1 м по диагонали и определяли процент проективного покрытия растений каждого вида. На пробных площадях производили сплошной пересчет деревьев, учитывали число и состояние деревьев в рядах и между рядами, измеряли их диаметр и высоту, диаметр и протяженность живой части крон (вдоль и поперек ряда). На каждой пробе выбирали по 10 модельных деревьев, у которых измеряли приросты за все 39 лет исследований. У трех модельных деревьев каждой пробы делали спилы стволов в 10 см от комля для определения динамики ширины годичного кольца за годы наблюдений. В качестве моделей служили средние по таксационным показателям особи.

Для определения потребности растений в элементах минерального питания исследовали химический состав почв. Кислотность почв определяли потенциометрически, поглощенные основания – по Каппену, общий углерод – по Тюрину, калий – на пламенном фотометре, фосфор – по Труогу, аммиачный азот – реактивом Неслера, общий азот – по Кьельдалю.

Результаты исследований обрабатывали статистически [1]. Показатель точности опыта, как правило, был не менее 2 ... 4 %, коэффициент вариации не превышал 10 ... 20 %. Различия по изучаемым признакам оценивали на достоверность, во всех обсуждаемых случаях они оказались статистически значимыми.

Почва. Как видно из данных табл. 1, почва изучаемых объектов имеет очень кислую реакцию ($pH < 3,5$). Максимальная кислотность отмечена в верхнем горизонте. Нижние горизонты богаты основаниями за счет подстиляющей породы. Основной запас элементов минерального питания сосредоточен в подстилке. Здесь наблюдается значительное количество подвижного калия, аммиачного азота и даже некоторое количество нитратного азота. По-видимому, это связано с усилением жизнедеятельности нитрофицирующих бактерий после прошедшего пожара. Верхние горизонты почвы не насыщены основаниями, а подстилка бедна органическим веществом (содержание углерода около 13 %).

Через 4 года после первого внесения удобрений учитывали численность почвенных микроорганизмов. Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что этот показатель существенно возрос, особенно резко число аммонифицирующих бактерий (в 3–6 раз). В несколько раз увеличилась численность грибов и актиномицетов, главным образом в горизонте A_0 . Денитрифицирующие и азотофиксирующие бактерии встречаются в небольшом числе. Интенсивное развитие микрофлоры в почве объясняется улучшением ее минерального состава благодаря внесению удобрений и увеличению массы опада [4].

Таблица 1

Результаты химического анализа почвы на контрольной площади

Горизонт	Глубина, см	pH		Общий углерод, %	K_2O	NH_4	NO_3	P_2O_5	N общий, %
		KCl	H_2O						
A_0	0...1	3,3	4,6	13,2	78,0	41,2	2,7	6,0	0,6
A_2	1...6	3,2	4,5	1,0	8,6	6,2	0,1	0,9	0,1
B_1	6...12	4,8	5,5	4,5	10,1	6,2	0,0	29,5	0,1
B_2	30...40	4,8	6,2	0,4	10,3	5,8	0,0	43,0	0,0
C	75...80	4,9	6,5	0,2	11,7	5,5	0,0	39,0	0,0

Таблица 2

Содержание микроорганизмов в почве (по данным 1973 г.)

Вариант опыта	Горизонт	Численность микроорганизмов, тыс. шт./1 г сух. почвы							
		Аммонификаторы	Кластеридиум	Денитрификаторы	Целлюлозные бактерии	Бактерии	Грибы	Споровые	Актиномицеты
Контроль	A_0	5829	1,2	0,2	0,1	243	259	100	3,5
	A_2	149	0,2	0,0	0,1	21	30	12	0,8
	B_1	107	0,1	0,1	0,1	8	16	12	7,5
N	A_0	37 755	5,4	0,6	0,4	942	1110	111	1,8
	A_2	942	0,8	0,3	0,2	82	62	23	0,6
	B_1	318	0,1	0,1	0,2	37	63	14	15,1
NPK	A_0	17 125	0,5	1,5	2,8	361	526	72	4,5
	A_2	260	0,0	0,1	0,1	56	46	14	0,5
	B_1	418	0,2	0,1	0,1	17	21	3	25,6

Напочвенный покров. Через 8 лет после создания культур живой напочвенный покров приобрел значительную мозаичность, сохранившись в основном только между рядами. Общее проективное покрытие вереском обыкновенным составило около 30 %, брусникой, толокнянкой и багульником болотным – по 5 %. До создания лесных культур (в 1961 г.) на вырубке прошел пожар, после которого сформировался напочвенный покров с участием политриховых мхов, характерных для гарей. На 35 % они представлены политрихумом можжевельниковидным и на 15 % политрихумом волососным.

При изучении живого напочвенного покрова в 2001 г. отмечено появление лишайников, в основном кладонии оленьей и лесной. В контроле их проективное покрытие достигло 45 %. Несколько меньше здесь политриховых мхов (30 %), вереска обыкновенного (25 %) и брусники (25 %), остальных видов травянистой растительности менее 5 %. В варианте с внесением только азотного удобрения максимальная степень покрытия характерна для кукушкина льна (45 %). Здесь лишайники (40 %) и вереск обыкновенный (20 %) развиты почти так же, как в контроле, брусники несколько больше (30 %). Внесение полного минерального удобрения приводит к преобладанию лишайников (60 %) и кукушкина льна (50 %), а также снижению покрытия брусникой (15 %) и вереском обыкновенным (10 %).

Суммарное проективное покрытие растений травяно-кустарничкового яруса с возрастом насаждения увеличивается, особенно в вариантах с внесением удобрений. Так, во всех вариантах 8-летних культур этот показатель был одинаковым и составлял 95 %. В культурах 39-летнего возраста в контроле он достиг 125, в удобренных вариантах – 140 %.

Культуры сосны обыкновенной. Минеральные удобрения начали вносить через 8 лет после создания лесных культур (1970 г.). К этому времени сохранность культур не изменилась (табл. 3). Незначительные различия связаны лишь с особенностями расположения деревьев на пробных площадях.

Таблица 3

Сохранность сосны обыкновенной (по данным 1970 г.)

Вариант опыта	Среднее число растений, шт. на 1 м				Сохранность, %
	всего	жизнеспособных	сомнительных	сухих	
N	5,0	2,4	1,8	0,8	84
NPK	4,5	0,9	0,5	0,1	72
Контроль	5,0	3,4	1,2	0,4	87

Как известно, скорость роста в высоту характеризует качество условий местопроизрастания. Оказалось, что повышенный уровень минерального питания (особенно полного удобрения) благоприятно влияет на рост растений в течение всего исследуемого периода. Так, в 1970 г., сразу после внесения удобрений (осенний пересчет), прирост в высоту и по диаметру увеличился соответственно на 11 ... 25 и 12 ... 13 % (табл. 4).

Таблица 4

Некоторые показатели культур сосны обыкновенной (по данным 1970 г.)

Вариант опыта	Средний прирост главного побега, см	Средний диаметр у шейки корня, мм	Средний диаметр кроны, см
N	13,0 ± 0,7	22,7 ± 0,4	52
NPK	15,2 ± 0,3	26,9 ± 0,7	63
Контроль	12,1 ± 0,6	20,0 ± 0,5	55

Таблица 5

Средняя высота сосны обыкновенной (по данным 2001 г.)

Вариант опыта	Средняя величина и ее ошибка, м	Среднее квадратическое отклонение, м	Коэффициент вариации, %	Показатель точности опыта, %
N	8,3 ± 0,1	1,7	21	1,7
NPK	9,9 ± 0,1	1,5	15	1,2
Контроль	6,3 ± 0,1	1,4	21	1,7

В 2001 г., т. е. к 39-летнему возрасту культур, высота растений в варианте с внесением одного азотного удобрения увеличилась на 32 % по сравнению с контролем, а в варианте с полным удобрением – на 57 % (табл. 5). Средний годичный прирост в высоту за этот период времени составил в контроле 17 см, в варианте с внесением азота – 21 см, полного удобрения – 29 см.

Текущий прирост в высоту характеризует интенсивность процессов роста в течение всего периода жизни растений. Значение этого показателя во многом определяется изменениями в экологических условиях, в том числе уровне минерального питания (рис. 1, а). Известно, что подкормка

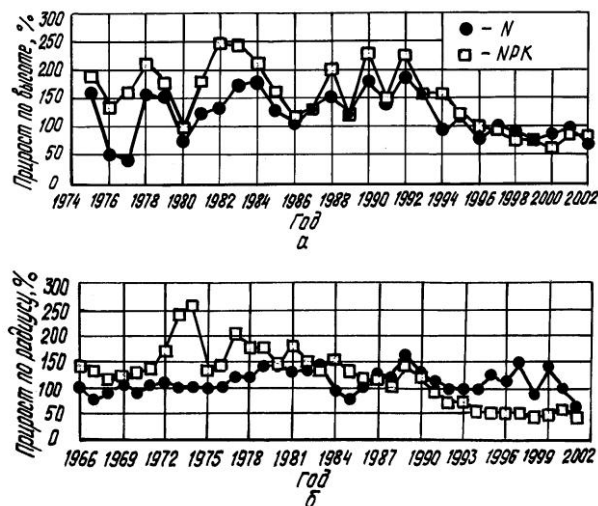


Рис. 1. Динамика текущего прироста по высоте (а) и радиального прироста ствола сосны обыкновенной (б) при внесении удобрений, % от контроля

Таблица 6

Текущий прирост в высоту сосны обыкновенной, см

Год	N	NPK	Контроль	Год	N	NPK	Контроль
1974	15,3	18,3	9,7	1988	28,0	27,7	23,0
1975	11,7	31,0	23,0	1989	27,0	34,3	15,0
1976	9,3	36,0	22,3	1990	21,0	23,0	15,3
1977	24,0	32,3	15,3	1991	22,3	27,0	12,0
1978	26,3	30,7	17,3	1992	21,0	21,7	13,7
1979	22,3	28,7	29,0	1993	11,3	19,0	12,0
1980	23,0	33,7	18,7	1994	16,0	17,0	13,7
1981	29,0	53,3	21,7	1995	14,3	18,0	17,7
1982	36,7	51,7	21,3	1996	19,3	17,7	18,7
1983	35,3	41,7	19,7	1997	20,3	16,7	21,6
1984	30,7	39,8	23,7	1998	17,3	17,0	22,3
1985	32,0	36,0	30,3	1999	18,3	13,0	20,6
1986	32,0	31,7	24,3	2000	19,0	16,3	19,0
1987	30,7	40,3	20,0	2001	13,0	16,3	19,0

растений благоприятно влияет на их рост только в течение определенного периода времени [2, 3, 6]. Результаты исследований показали, что наибольшее влияние удобрений на рост сосны обыкновенной в высоту прослеживается в течение первых 4-5 лет после их внесения. Например, после внесения полного минерального удобрения в 1979 г. текущий прирост в высоту по сравнению с контролем в 1980, 1981 и 1982 гг. увеличился соответственно на 82, 145 и 142 % (табл. 6). В дальнейшем различия заметно уменьшаются, однако положительное влияние удобрений на деятельность апекса продолжает сказываться. Так, в 1984 г. прирост в высоту в варианте с внесением полного удобрения оказался на 60 % больше, чем в контроле. Последний раз удобрения вносили в 1985 г., однако их влияние, хотя и слабо, сказывалось еще в течение 10 лет. Это подтверждает вывод В.И. Шубина [6] о том, что после внесения удобрения в тканях растения накапливается азот и фосфор, которые в последующем могут использоваться для ростовых процессов.

Данные табл. 6 свидетельствуют о том, что интенсивность роста в высоту за анализируемые годы варьирует как в контроле, так и на экспериментальных участках, иногда весьма значительно. Например, годичный прирост в высоту в контроле в 1975, 1977 и 1981 гг. по сравнению с 1974 г. составил 237, 158 и 224 %, в варианте с внесением полного удобрения – 168, 176 и 291 %, одного азота – 76, 157 и 196 %. Очевидно, что на интенсивность деятельности апикальной меристемы существенно влияют погодные условия.

Наблюдения за ростом сосны обыкновенной показали значительное повышение класса бонитета в 40-летних культурах в опыте с удобрением. В контроле он составил V,0, в варианте с азотом – IV,2, с полным удобрением – III,0.

Таблица 7

Средний диаметр сосны обыкновенной

Вариант опыта	Средняя величина и ее ошибка, см	Среднее квадратическое отклонение, см	Коэффициент вариации, %	Показатель точности опыта, %
N	8,4 ± 0,1	2,3	30	2,4
NPK	10,0 ± 0,2	2,0	25	2,0
Контроль	6,4 ± 0,2	2,1	33	2,7

Другим показателем, характеризующим интенсивность роста растений, является прирост ствола по радиусу (ширина годичного кольца). Он также значительно возрастает при повышении уровня минерального питания. В варианте с внесением одного азотного и полного минерального удобрения средний диаметр ствола к 39 годам по сравнению с контролем увеличился соответственно на 31 и 56 % (табл. 7). Средний годичный прирост по радиусу составил в контроле 1,6, при внесении азота – 2,2, полного удобрения – 2,6 мм.

Измерения ширины годичного кольца за 1966 – 2001 гг. позволили установить динамику этого показателя при минеральной подкормке (рис. 1, б). Оказалось, что влияние удобрений на ширину годичного кольца усиливается в течение нескольких лет. Так, после внесения полного удобрения (в 1970 г.) радиальный прирост в 1971 г. увеличился на 10, в 1972 г. – на 20, в 1973 г. – на 140, в 1974 и 1975 гг. – на 150 %. Эффективность влияния одного азотного удобрения на интенсивность деятельности камбия ствола была ниже этих показателей на 10 ... 30 %. После внесения удобрений в 1975 г. их наибольший эффект проявился на третий год и в варианте с полным удобрением составил 100, с одним азотом – 25 %.

При внесении удобрений в 1980 г. максимальный эффект имел место на второй год и составил 75 и 25 %, в 1985 г. – также на второй год, 50 и 60 %. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что камбий ствола 15–20-летних растений гораздо дольше и более заметно реагирует на удобрение, чем у 30-летних. В среднем период действия удобрений на рост ствола в толщину, как и в высоту, длится не более 4-5 лет (табл. 8).

После прекращения действия удобрений прирост по радиусу в варианте с внесением азота становится равным контрольному, с полным удобрением даже уменьшается на 50 %. По-видимому, регулярное внесение полного комплекса элементов минерального питания привело к формированию зависимости роста по радиусу от обеспеченности почв.

Объем среднего дерева насаждения в контроле составил 0,0125, с внесением азота 0,0273, с полным удобрением 0,0429 м³, или 219 и 343 % от контроля. Запас насаждения в пересчете на 1 га равен 105,50 и 131,53 (в контроле 40,75 м³), или 260 и 322 % от контроля. Немаловажен срок внесения удобрений. При осеннем внесении азота его доля в старой хвое оказывается выше, чем в молодой. По данным Н.П. Чернобровкиной [5], максимум азота, поступившего из почвы, в различные фазы фиксируется в

Таблица 8

Текущий прирост по радиусу ствола сосны обыкновенной, мм

Год	N	NPK	Контроль	Год	N	NPK	Контроль
1966	0,85	1,20	0,85	1984	0,85	1,38	0,90
1967	0,85	1,50	1,13	1985	0,83	1,40	1,07
1968	0,85	1,12	0,97	1986	0,93	1,13	0,95
1969	1,08	1,25	1,02	1987	1,12	1,00	0,87
1970	1,03	1,53	1,18	1988	1,18	1,00	0,98
1971	1,23	1,62	1,18	1989	1,20	1,07	0,75
1972	1,18	1,82	1,08	1990	0,98	0,92	0,77
1973	0,95	2,28	0,95	1991	0,90	0,73	0,80
1974	0,85	2,12	0,83	1992	0,83	0,60	0,85
1975	1,30	1,68	1,27	1993	0,86	0,65	0,90
1976	1,10	1,55	1,10	1994	0,80	0,45	0,83
1977	1,13	1,93	0,95	1995	1,03	0,43	0,83
1978	1,02	1,50	0,85	1996	1,03	0,47	0,93
1979	1,22	1,53	0,87	1997	1,55	0,52	1,03
1980	1,23	1,27	0,88	1998	0,93	0,48	1,12
1981	1,37	1,88	1,05	1999	1,50	0,50	1,08
1982	1,80	2,05	1,38	2000	0,90	0,53	0,92
1983	1,67	1,55	1,17	2001	0,95	0,63	1,52

первый год в хвое. В убывающем порядке он аттрагируется в стеблях, корнях, почках. Поступление азотных соединений из старой хвои в новую, их участие в процессе роста происходит на 2-3 (4) годы, чем и объясняется запаздывание прироста по диаметру по сравнению с приростом по высоте.

Данные табл. 8 свидетельствуют о том, что интенсивность роста древесины ствола за анализируемые годы значительно изменилась как в контроле, так и на экспериментальных участках. Например, годичный прирост по радиусу в контроле по сравнению с 1974 г. изменялся следующим образом: в 1975 г. – 153 %; в 1978 г. – 102 %; в 1982 г. – 166 %; в варианте с внесением полного удобрения соответственно 79, 68 и 97 %, одного азота – 153, 117 и 212 %. Очевидно, что на интенсивность деятельности латеральной меристемы, как и апикальной, существенное влияние оказывают погодные условия.

Результаты сплошного перече́та стволов свидетельствуют о том, что благодаря более интенсивной деятельности камбия в удобренных вариантах большая часть деревьев переходит в сравнительно высокие ступени толщины, которые в контроле вообще не представлены (рис. 2).

Дополнительная подкормка растений способствует развитию более мощного ассимиляционного аппарата, характеризующегося степенью развития крон, а именно их диаметром и протя-

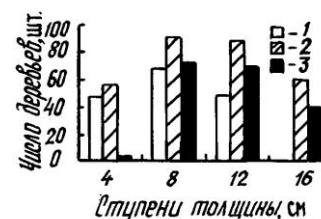
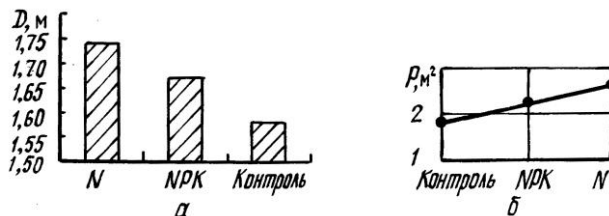


Рис. 2. Распределение числа деревьев по ступеням толщины: 1 – контроль; 2 – N; 3 – NPK

Рис. 3. Средний диаметр D (а) и площадь проекции кроны P (б) сосны обыкновенной для разных вариантов



женностью. На первых этапах роста культур сосны обыкновенной эти показатели, как правило, измерить невозможно. В стадии жердняка уже можно определить протяженность ствола до первого сука, до первой живой ветви и живой части кроны. Различия этих показателей в контроле и в опыте с удобрением оказались недостоверными. Однако другие показатели, характеризующие степень развития фотосинтезирующего аппарата при внесении удобрений, существенно возрастают: диаметр кроны на 8...11, площадь проекций кроны на 110...120% (рис. 3).

В заключение отметим, что для ускоренного выращивания культур сосны обыкновенной на бедных песчаных почвах удобрения следует вносить не реже, чем через 5 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М., 1984. – 424 с.
2. Ионин И. В., Корчагина М.П. Эффективность повторной подкормки культур сосны на осушенном верховом болоте в связи с составом и дозами удобрений// Удобрения и гербициды в лесных питомниках и культурах. – Петрозаводск: КарФ АН СССР, 1987. – С. 68–81.
3. Кузьмин И. А. Рост сосны и ели на удобренных и обработанных гербицидами площадях // Там же. – С. 81–93.
4. Куликова В. К. Изменение агрохимических свойств почвы при внесении минеральных удобрений// Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере. – Петрозаводск, 1977. – С. 24–41.
5. Чернобровкина Н.П. Экофизиологическая характеристика использования азота сосной обыкновенной. – СПб.: Наука, 2001. – 173 с.
6. Шубин В. И. Рост культур сосны при различной интенсивности внесения удобрений// Удобрения и гербициды в лесных питомниках и культурах. – Петрозаводск: КарФ АН СССР, 1987. – С. 68–81.

Петрозаводский государственный университет
Поступила 17.05.03

O.I. Gavrilova, I.T. Kishchenko

Influence of Mineral Fertilizers on Scots Pine Growth on South Karelia Sand Soils

Growth and development of Scots pine forest cultures on poor and dry soils of South Karelia are studied after a series of dressing. Comparison of diameter and height increment in the variants with complete mineral dressing and nitrogen dressing only is given. The data on afteraction period of fertilizers are provided.