

В. И. ШУБИН и Л. В. ПОПОВ

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВОПРОСУ АГРОТЕХНИКИ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР
НА КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВЫРУБКАХ В ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ**

В связи с быстрым ростом лесозаготовок в Карельской АССР вопросы лесовосстановления приобретают особо актуальное значение. Исследования, проведенные Институтом леса Карельского филиала АН СССР и другими организациями (ЛТА, ЦНИИЛХ), показали, что естественное возобновление хвойных пород на сплошных концентрированных вырубках в преобладающих типах леса (черничниках и брусничниках) происходит в большинстве случаев неудовлетворительно. Поэтому необходимо разработать рациональные мероприятия по содействию естественному лесовозобновлению и лесным культурам.

Содействие естественному возобновлению путем подготовки почвы и культуры за последние годы производились в Карелии на площади от 15 до 21 тыс. га. Однако во многих случаях эти мероприятия не дают удовлетворительных результатов. Вопросы агротехники для таежной зоны вообще мало изучены, кроме того, Карелия имеет свою специфику условий в связи с всхолмленностью рельефа, каменистостью почв и прочими особенностями.

Применяемые в лесах севера Европейской части таежной зоны, в том числе и в КАСР, способы обработки почвы основаны на удалении живого растительного покрова и подстилки. Преимущество такого способа обработки почвы для Севера установлено исследованиями С. В. Алексеева (1932), А. И. Стальского (1954). Однако влияние обработки почвы ими определялось успешностью лесовозобновления или быстротой роста культур и не сопровождалось почвенными исследованиями.

Одним из неясных вопросов агротехники лесокультурных мероприятий является использование органического вещества лесной подстилки. Уже давно существует мнение, что удалять лесную подстилку нерационально, что следует использовать ее в качестве удобрения. С этой целью рекомендовалось перемешивать подстилку с верхним минеральным слоем, в особенности на слабогумусированных песчаных и супесчаных почвах (Ткаченко, 1931). Однако в таежной зоне эта рекомендация не была проверена путем постановки исследований, направленных на выяснение условий для появления и роста всходов, которые будут создаваться такой обработкой почвы. Между тем, знание свойств обработанной лесной почвы необходимо как научная основа

для разработки механизированных способов подготовки почвы под лесные культуры.

В разработке наиболее рациональной агротехники подготовки почвы под лесные культуры и естественное лесовозобновление особенно нуждается лесное хозяйство в южной части Карелии, где сосредоточена наибольшая площадь вырубок.

В связи с изложенным, Институтом леса Карельского филиала АН СССР под руководством проф. Н. Е. Декатова было организовано экспериментальное изучение агротехники лесокультурных мероприятий с применением различных способов подготовки почвы, которое проводилось на вырубках в южной Карелии.

Район работ, объекты и методы исследования. Основные полевые работы проведены в Петрозаводском лесхозе Карельской АССР. Лесхоз расположен в южной части республики, на западном берегу Онежского озера.

В геоморфологическом отношении район работ представляет собой холмистую равнину. Такой рельеф обусловлен деятельностью ледника с отложениями в форме конечных морен, друмлинов и озов. Почвообразующей породой является кислая феноскандинавская морена. Почвы легкого механического состава (преимущественно супесчаные), скелетные, средне- или сильноподзолистые, среднеспелые.

Преобладающая древесная порода ель. Под ельниками в лесхозе находится 63,9% лесной площади. Господствующими типами леса являются черничники, занимающие 65,2% площади лесхоза.

Объектами для исследований послужили три опытных участка, заложенные на свежих вырубках. Опытный участок 1 расположен на вырубке из-под ельника-черничника, участок 2 — на вырубке из-под бруснично-черничного ельника и участок 3 — на вырубке из-под кислично-черничного ельника. Почвы на участках среднеподзолистые, супесчаные, на скелетных моренных наносах. Лесная подстилка мощностью 3,5—4,5 см рыхлая, слабо разложившаяся. Мощность генетических горизонтов и механический состав почвы отражены в табл. 1.

Первые два участка заложены в конце мая 1952 года. На них произведена подготовка почвы со следующими вариантами: 1 — удаление верхней неразложившейся части подстилки на площадках размером 1×1 м; 2 — перемешивание подстилки с минеральной частью почвы на глубину 15—20 см в площадках размером 1×1 м; 3 — полное удаление подстилки на площадках размером 1×1 м и 1×0,5 м. По каждому варианту подготовлено и засеяно семенами сосны и ели, из расчета 200 штук на 1 м², по 150 площадок. Участок 3 заложен в конце мая 1953 года. Кроме указанных трех вариантов, здесь произведено полное удаление подстилки на площадках величиной 0,5×0,5 м и 1×0,25 м, а также перемешивание подстилки и минеральной части почвы с последующим уплотнением перемешанного слоя. По каждому варианту подготовлено и засеяно, из расчета 400 штук семян на 1 м², по 50 площадок. Для посевов применялись семена 1 класса сортности. Семена заделывались граблями на глубину около 1 см.

На обработанных и контрольных площадках периодически производились переписи всходов. В конце вегетационных периодов часть сеянцев выкапывалась для анализа их роста, а также проводились массовые замеры высот сеянцев. На опытных участках производились наблюдения за влажностью, температурой и „дыханием“ почвы, периодически определялось испарение с поверхности почвы. Одновременно

изучалось влияние различных способов обработки почвы на ее химические свойства, микрофлору и микотрофность семян сосны и ели. Кроме того, определялась глубина залегания и распространение корней, а также степень покрытия их корневыми волосками. Для выяснения ряда вопросов были поставлены опыты в лабораторных условиях.

Таблица 1

Механический состав почвы (по Сабанину)

Опыт- ный участок	Горизонт <i>см</i>	Количество частиц в %					Механический состав
		скелет	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01	
1	$\frac{A}{5-20}$	18,8	26,0	31,6	9,5	14,1	Супесь песчаная
	$\frac{B_1}{20-45}$	25,1	13,4	33,0	8,4	20,1	Легкий суглинок, переходящий в супесь
	$\frac{B_2}{45}$	32,9	15,9	28,0	11,3	11,9	Супесь пылевато- песчаная ске- летная
2	$\frac{A_1}{5-8}$	24,9	23,5	23,3	12,5	15,8	Супесь песчаная
	$\frac{A_2}{8-18}$	23,3	27,6	26,5	10,1	12,5	То же
	$\frac{B_1}{18-40}$	26,4	17,3	26,1	13,4	16,8	То же
	$\frac{B_2}{40-100}$	25,1	24,7	25,2	9,8	15,2	То же
	$\frac{C}{100}$	27,1	23,7	29,5	9,9	9,8	Песок, переходя- щий в супесь
3	$\frac{A_1}{4-16}$	14,7	38,6	23,5	9,9	13,3	Супесь песчаная
	$\frac{A_2, B_1}{16-25}$	15,1	37,0	29,3	7,4	11,2	То же
	$\frac{B_1}{25-50}$	14,8	23,2	32,1	14,5	15,4	То же
	$\frac{B_2}{50-90}$	30,5	39,2	17,8	6,9	5,6	Песок средний

Влажность подстилки определялась путем высушивания в сушиль-
ном шкафу, влажность минеральных горизонтов почвы — спиртовым
методом П. В. Иванова (1953). Для сравнимости влажность подстилки
и минеральных горизонтов выражалась в % от объема почвы. Опреде-
ление влажности почвы проводилось периодически в дни без осад-
ков. По каждому варианту обработки образцы на влажность брались
с нескольких площадок со следующей повторностью: на глубине

0—1 см — девятикратная, на глубине 5 см — семикратная и на глубине 10 см — пятикратная. Ежемесячно производилось 3—4 определения влажности почвы. Объемный вес почвы определялся путем взятия образцов буром кафедры почвоведения Лесотехнической академии (модернизированный бур Н. А. Качинского) объемом 250 см³. Повторность определений на глубине 0—5 см пятидесятикратная, на глубине 5—10 и 10—15 см — десятикратная. Влагоемкость почвы определялась путем насыщения водой буровых образцов. При этом для повышения точности определений образцы, взятые с глубины 5—10 и 10—15 см, насыщались с сетками, одетыми на верхний срез стаканов бура. Относительная интенсивность недиффузного газообмена между почвой и атмосферой („дыхание почвы“) измерялась приборами А. В. Трофимова (1924) с трехкратной повторностью. Наблюдения проводились ежедневно в течение июля и августа 1953 года. Поправки на изменение объема воздуха и воды в сосуде вводились по контрольному прибору, поставленному без цилиндра. Мощность лесной подстилки измерялась по способу, предложенному А. С. Скородумовым (1939). Температура почвы измерялась термометрами Савинова, температура на поверхности почвы — фиксирующими термометрами. Наблюдения за температурой производились в течение июня — августа 1953 года на четырех пунктах опытного участка З, расположенных на расстоянии 1—2 м друг от друга.

Химические свойства почвы изучались в 1952 и 1955 годах. Содержание NO₃ определялось дисульфифеноловым методом, Р₂O₅ — по А. Т. Кирсанову, К₂O — по Я. В. Пейве, углерод — объемным методом по И. В. Тюрину и общий азот — по Кьельдалю. Повторность в определениях трехкратная.

Количество грибов, бактерий и актиномицетов определялось методом Д. М. Новогрудского (1947). Развитие мицелия грибов в почве изучалось методом стекол обростания Н. Г. Холодного (1935). Продолжительность пребывания стекол в почве около 30 дней. Повторность в закладках стекол трехкратная. За вегетационный период производилось 3—4 закладки. Обилие мицелия грибов оценивалось по пятибальной системе. Энергия разложения целлюлозы изучалась путем закладки в почву предметных стекол с полосками фильтровальной бумаги. Стекла с остатками фильтровальной бумаги вынимались через 2 месяца. Повторность двукратная. Интенсивность разложения целлюлозы оценивалась в % от площади полоски фильтровальной бумаги.

Образование и строение микориз изучалось как на тотальных препаратах, так и на поперечных и продольных срезах корневых окончаний. Обилие микориз оценивалось как слабое, среднее и сильное. При этом к сеянцам со слабой степенью обилия микориз относились те, у которых микориз было меньше, чем $\frac{1}{4}$ количества всех корневых окончаний, со средней — от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$, с сильной — больше $\frac{1}{2}$ количества всех корневых окончаний.

Глубина залегания и распространение корней у сосны и ели изучалось путем выкопки однолетних-трехлетних сеянцев и путем раскопки корней в более старшем возрасте. Определение длины корней, покрытых корневыми волосками, производилось с помощью стереоскопического микроскопа. Мы учитывали все корни, несущие корневые волоски, считая, что в конечном итоге общее обилие корневых

волосков, включая и недействующие, все же свидетельствует о наличии условий, стимулирующих их образование.

Методики лабораторных опытов приводятся в соответствующих разделах перед изложением полученных результатов.

Основные исследования проведены в 1952—1953 годах в период с начала июня до начала сентября. Кроме того, в статье приведены материалы, полученные в последующие годы при опытных посевах.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Капиллярное поднятие воды. Большое значение капиллярных свойств почвы для жизни растений одним из первых отметил П. С. Коссович (1904), который указывал, что для изучения снабжения растений водой весьма важно выяснить водоподъемную способность почв. Г. А. Сычев (1905) считал отсутствие капиллярного поднятия воды к поверхности почвы основной причиной невозобновляемости вырубок из-под лишайниковых сосняков Рожнова бора. Впервые исследовавший капиллярные свойства подстилки С. П. Кравков (1912) нашел, что в средней и верхней частях ее вода капиллярно не поднимается. На значение этого свойства подстилки при обработке лесных почв указывал Н. Е. Декатов (1936).

Проведенный нами опыт капиллярного насыщения подстилки водой подтвердил, что в слаборазложившейся ее части вода капиллярно почти не поднимается. При мощности подстилки 5 см влажность верхнего ее слоя (0—1 см) за 10 дней увеличилась с 15,5 до 25,1%, влажность на глубине 2,5 см увеличилась с 32,4 до 48,5%, лишь в самом нижнем слое наблюдалось значительное увеличение влажности (с 48,8 до 53,1%).

С целью установить влияние обработки почвы на капиллярное поднятие воды был поставлен опыт в стеклянных трубках. Трубки диаметром 4 см и высотой 30 см наполнялись почвой из пяти вариантов обработки: вариант 1 — супесчаный горизонт $A_1 + A_2$; вариант 2 — смесь подстилки с супесью в отношении 1:3 по объему; вариант 3 — то же в отношении 1:2 по объему; вариант 4 — смесь подстилки с супесью в отношении 1:3 по объему с некоторым уплотнением; вариант 5 — то же в отношении 1:2 по объему. При наполнении трубок соблюдался естественный объемный вес почвы. Стенки трубок слегка смазывались минеральным маслом для предотвращения капиллярного подъема воды между ними и почвой. Чтобы исключить влияние первоначальной влажности почвы на скорость и высоту капиллярного поднятия в ней воды, почва предварительно высушивалась до воздушно-сухого состояния. Трубки ставились нижним концом в воду. Поднятие воды отмечалось через определенные промежутки времени по хорошо заметному изменению окраски почвы. Опыт произведен с десятикратной повторностью. По данным его построены кривые высот капиллярного поднятия воды в трубках (рис. 1). Перед началом и после окончания опыта определялась влажность почвы в трубках.

За 13 часов насыщения объемная влажность в верхнем конце трубок увеличилась не одинаково: влажность супеси — с 4,1 до 26,2%, влажность уплотненной смеси супеси с подстилкой — с 3,7 до 20,4%,

но в рыхлой смеси супеси с подстилкой влажность изменялась меньше — с 3,5 до 5,8%.

Изменение влажности у верхнего конца трубок показывает, что перемешивание супеси с подстилкой приводит к значительному ухудшению капиллярного поднятия воды, причем это ухудшение находится в прямой зависимости от рыхлости перемешанного слоя и от доли участия в нем подстилки. Уплотнение почвы после перемешивания ее

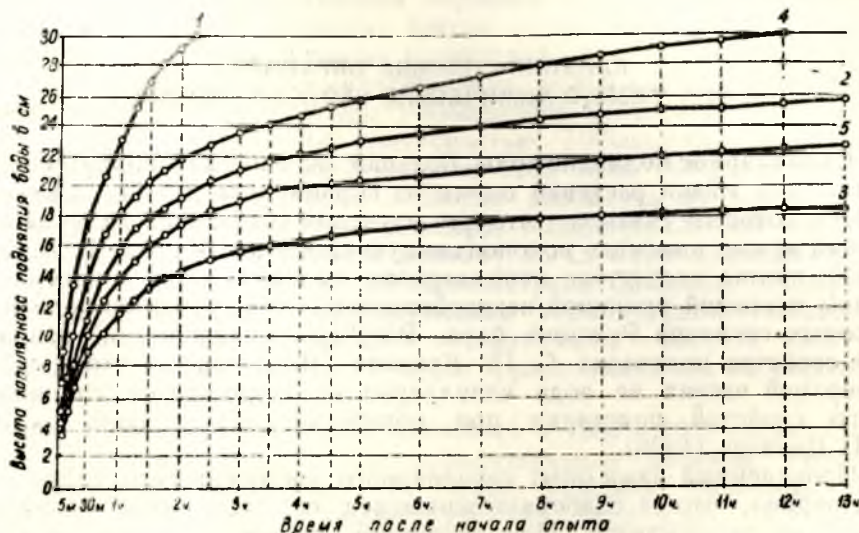


Рис. 1. Кривые высот капиллярного поднятия воды:

1—супесь, горизонт A_1+A_2 ; 2— A_0 , перемешанная с A_1+A_2 в отношении 1:3 по объему; 3— A_0 , перемешанная с A_1+A_2 в отношении 1:2 по объему; 4— A_0 и A_1+A_2 , перемешанные в отношении 1:3 по объему с уплотнением; 5— A_0 и A_1+A_2 , перемешанные в отношении 1:2 по объему с уплотнением

с подстилкой только частично улучшает капиллярное поднятие. Это говорит о том, что подстилка в нашем опыте не только увеличивала рыхлость перемешанного слоя, но частицы ее сами по себе препятствовали капиллярному передвижению воды.

Из приведенных данных видно, что в рыхлом, перемешанном с подстилкой слое супеси капиллярное поднятие воды к поверхности из нижележащих горизонтов затруднено, в то время как в минеральном горизонте такое поднятие воды происходит значительно быстрее.

Газообмен между почвой и атмосферой. Основным условием газообмена между почвой и атмосферой является воздухопроницаемость почвы, которая находится в прямой зависимости от скважности (в первую очередь от некапиллярной). Поэтому при рыхлении почвы следует ожидать увеличение газообмена. Вместе с тем, рыхление изменяет условия влажности и температуры в почве, что также влияет на передвижение в ней газов. В данном случае ставилась задача выяснить, изменяется ли подвижность воздуха в почве, а вместе с ним и паров воды при снятии подстилки и при перемешивании ее с минеральной частью почвы. Для этой цели более всего подходит способ измерения „дыхания почвы“, предложенный А. Г. Дояренко (1925). Следует заметить, что этим способом определяется не только собственное „дыхание почвы“ (так называл А. Г. Дояренко температурный газообмен), но также газообмен, происходящий под влиянием всех

остальных факторов, кроме диффузии газов, то есть весь недиффузный газообмен. Прибор А. В. Трофимова (1924), которым мы пользовались, не дает полного суждения об абсолютной величине газообмена, но для сравнительных определений пригоден.

За период наблюдений воздухообмен в см^3 на 1 л почвы в сутки в среднем составил:

- а) контроль (под подстилкой) — 5,3
- б) A_0 и $A_1 + A_2$ перемешаны — 10,1
- в) подстилка снята — 6,4

Приведенные данные показывают, что снятие подстилки способствует некоторому увеличению недиффузного газообмена. Это следует отнести, видимо, за счет изменения температурного режима верхнего слоя почвы. При перемешивании подстилки с минеральным горизонтом недиффузный газообмен происходит значительно интенсивнее в связи с увеличением некапиллярной скважности в перемешанном слое, что создает условия для внутрипочвенного испарения в этом слое. Последнее указывает на возможность быстрого уменьшения влажности в верхней части перемешанного слоя.

Испарение воды из почвы. Отечественными и иностранными исследованиями установлено, что лесная подстилка испаряет меньше воды, чем обнаженный минеральный горизонт почвы. Вместе с тем многие авторы отмечали быстрое высыхание верхней части подстилки на вырубках. Из работ П. С. Коссовича (1904), А. Г. Дояренко (1924) и многих других хорошо известно, что интенсивность испарения находится в прямой зависимости от влажности почвы.

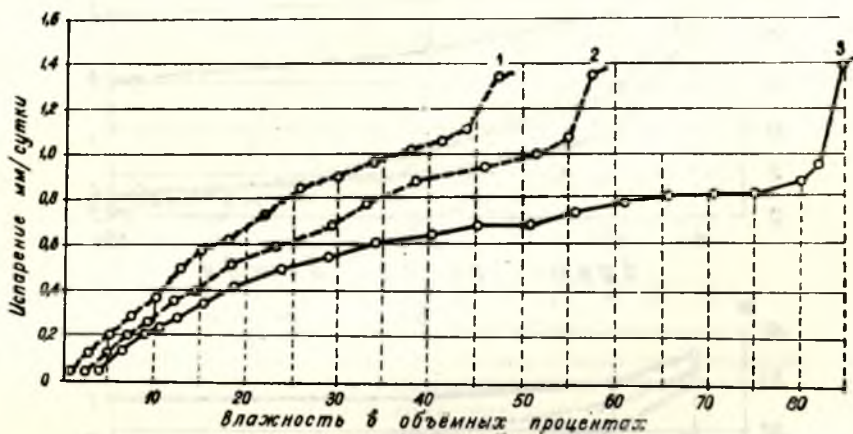


Рис. 2. Интенсивность испарения воды:

1 — супесь (горизонт $A_1 + A_2$); 2 — супесь ($A_1 + A_2$), перемешанная с подстилкой (A_0); 3 — подстилка (A_0)

Для выяснения динамики испарения воды из подстилки и обработанной почвы нами был поставлен лабораторный опыт. В металлические боксы помещалась почва из опытного участка 3 слоем в 3 см. Варианты опыта: 1) лесная подстилка; 2) перемешанный с подстилкой горизонт $A_1 + A_2$ (супесь + подстилка); 3) поверхностный слой почвы из площадок без подстилки (супесь). Чтобы предотвратить испарение воды в пространстве между почвой и стенками боксов, это пространство с поверхности заливалось парафином. Образцы были увлажнены

до полной влагоемкости: подстилка — 86%, перемешанный слой — 59%, супесь — 49% (по объему). Повторность опыта 25-кратная. Величина испарения определялась взвешиванием.

Результаты опыта, изображенные на рис. 2, показывают, что при максимальном увлажнении супеси и подстилки испарение из последней несколько больше, чем из супеси. При постепенном высыхании интенсивность испарения подстилкой резко падает почти в самом начале, но затем уменьшается сравнительно слабо. Скорость испарения из супеси не столь резко уменьшается в начале, но в дальнейшем снижается сильнее, чем у подстилки. Форма кривой интенсивности испарения из смеси супеси с подстилкой занимает промежуточное положение.

При одинаковой объемной влажности супеси и подстилки испарение из последней (в слое мощностью 3 см) меньше в связи с очень неравномерным высыханием подстилки по глубине. Градиент влажности по глубине в подстилке достигает 12% (по объему на 1 см глубины), а у супеси — только 1,5%. Это показывает, что подстилка снижает испарение с поверхности почвы благодаря отсутствию капиллярного поднятия в ней воды, а не большей водоудерживающей способности, как иногда считают.

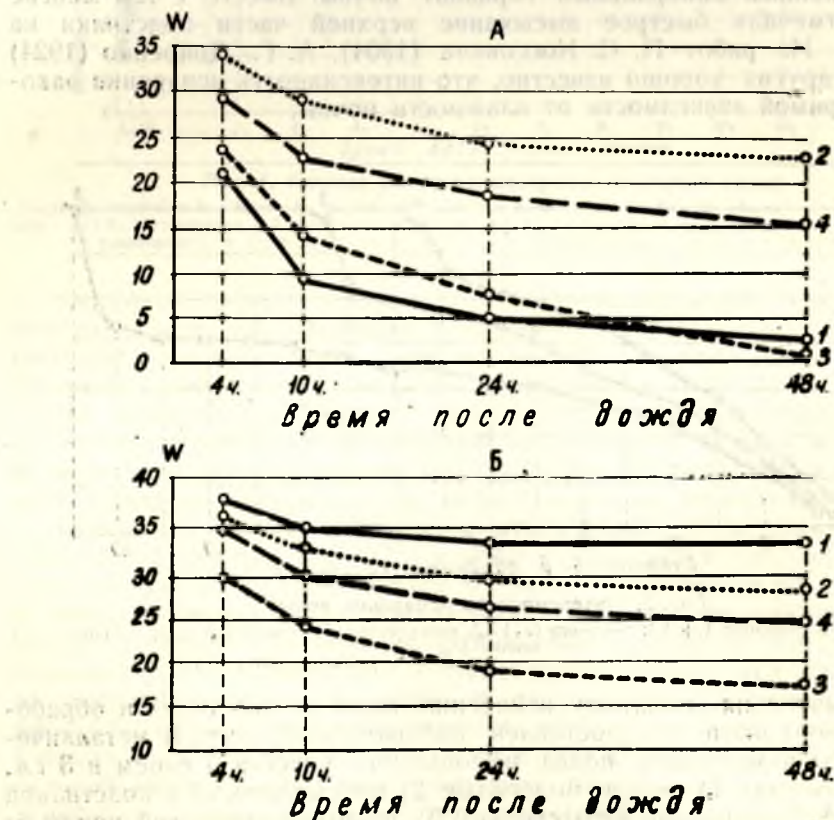


Рис. 3. Изменение влажности почвы (в % от объема) после выпадения дождя средней интенсивности:

А — на глубине 0–1 см; Б — на глубине 5 см: 1 — контроль (без обработки); 2 — A_0 снята; 3 — A_0 и $A_1 + A_2$ перемешаны; 4 — A_2 и $A_1 + A_2$ перемешаны и уплотнены

Наблюдение за подсыханием почвы на вырубке, результаты которого изображены на рис. 3, показывает, что верхняя часть подстилки уже в течение первых суток после дождя сильно иссушается, а верхний слой оголенного минерального горизонта высыхает сравнительно слабо. При перемешивании минерального горизонта с подстилкой наблюдается быстрое высыхание поверхностного слоя и сравнительно сильное высыхание на глубине 5 см. Это объясняется плохой капиллярностью перемешанного слоя, увеличенной некапиллярной скважностью его и усиленным внутрпочвенным испарением.

Влажность почвы. Для изучения потребности в почвенной влаге прорастающих семян нами проведены лабораторные опыты. В одном из них семена сосны и ели проращивались в супеси и подстилке, взятых с опытного участка 3, в другом опыте была взята подстилка с опытного участка 2 и мелкий пылеватый песок. В остальном оба опыта полностью аналогичны. Были приняты следующие градации влажности от объема: в супеси — 10, 15, 25, 35, 45%, в подстилке те же градации и, кроме того, — 55, 65, 75%. Влажность почвы поддерживалась ежедневно по весу. Температура колебалась от 16° ночью до 20° днем. Для каждой градации влажности брались пробы по 400 семян. Испытывались семена сосны и ели I класса сортности.

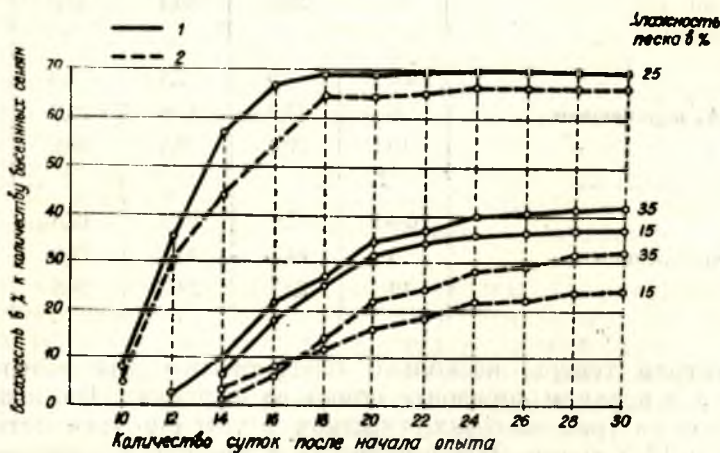


Рис. 4. Прорастание семян ели и сосны в песке при различной влажности:

1 — ель; 2 — сосна

Опыты показали, что оптимум влажности для появления всходов сосны и ели в супеси и пылеватом песке около 25% (рис. 4), в подстилке — около 45% (по объему), то есть во всех случаях около 50% от полной влагоемкости. При влажности супеси 10 и 45%, а подстилки 20 и 75% (по объему) всходы появлялись лишь единично.

Всхожесть семян ели в подстилке была выше, чем в супеси, а у семян сосны — наоборот. При значительном удалении влажности почвы от оптимума прорастание семян начиналось позднее и всходы появлялись менее дружно. Подобное явление отмечалось также и другими исследователями.

Таблица 2

Влажность почвы по вариантам обработки на опытном
участке 3 в 1953 году

Варианты обработки	Глубина в см	Влажность почвы в % от объема			Оптимум влажности для роста всходов в % от объема
		июнь	июль	август	
Контроль (без обработки)	0—1	3,9	2,9	5,1	—
	5	32,9	28,6	31,6	30
	10	31,8	28,0	32,1	—
Подстилка снята	0—1	26,8	19,5	28,0	—
	5	28,3	26,1	30,4	30
	10	30,3	29,6	31,2	—
Верхняя часть подстилки снята	0—1	3,6	3,3	4,8	—
	5	30,7	27,7	30,9	30
	10	32,0	30,1	32,6	—
A ₀ и A ₁ +A ₂ перемешаны	0—1	2,9	2,5	3,3	—
	5	17,2	15,9	22,3	37
	10	29,4	28,5	38,2	—
То же, с уплотнением	0—1	17,9	10,3	19,3	—
	5	24,7	20,1	27,8	34
	10	32,1	28,6	38,5	—

Рассмотрим теперь, насколько благоприятны для этого условия влажности в верхнем горизонте почвы на вырубках. Нами проведены наблюдения на трех опытных участках в течение трех летних месяцев 1952 и 1953 годов. Закономерности в изменении влажности почвы при различных вариантах обработки на всех опытных участках в течение вегетационного периода оказались аналогичными. Поэтому мы ограничимся лишь данными, полученными на опытном участке 3 в 1953 году. Приведенные в табл. 2 данные показывают, что влажность верхнего односантиметрового слоя подстилки далеко недостаточна для прорастания семян. При полном удалении подстилки влажность на глубине 1 см благоприятна для появления всходов и значительно отличается от влажности на той же глубине в контроле и при других способах обработки почвы.

Принято считать, что практически оптимум влажности для роста растений у большинства почв близок к 60% от полной влагоемкости. Приведенные в табл. 2 оптимумы влажности по вариантам обработки высчитаны исходя из этой величины.

Сравнение данных по влажности почвы на глубине 5 и 10 см с оптимумом для роста всходов (табл. 2) показывает, что на глубине

5 см только при перемешивании подстилки с минеральной частью почвы влажность значительно отличается от оптимальной. При уплотнении перемешанного слоя она несколько повышается. Во всех остальных случаях влажность почвы на глубине 5 и 10 см остается близкой к оптимальной для роста всходов.

Температура почвы. Влажность почвы оказывает весьма существенное влияние на ее температурный режим. Вместе с тем, температура является одним из основных условий среды для появления и роста всходов. По данным различных авторов, оптимальные, а также и крайние температуры для прорастания семян сосны и ели несколько разнятся (Яшнов, 1883; Нааск, 1909; Самофал, 1926; Могк, 1933). Объяснение этому дал М. Киниц (Kienitz, 1880), который нашел, что для прорастания семян одной и той же древесной породы, но из разных климатических условий, нужна различная температура. Вместе с тем, данные указанных выше авторов позволяют найти пределы температур, за которыми прорастание семян практически не происходит. Для семян сосны и ели такими пределами являются $+7$ и $+37^{\circ}$.

Прорастание семян в природной обстановке происходит при изменяющейся температуре, поэтому в данном случае больший интерес представляет влияние переменных температур на прорастание. Хаак (Нааск, 1909) считал, что небольшие колебания температуры не влияют на прорастание семян. В противоположность этому Л. И. Яшнов (1883), А. Шваппах (Schwappach, 1909) и С. А. Самофал (1926) установили, что небольшие колебания температуры стимулируют прорастание семян сосны и ели. Совершенно иное влияние на прорастание семян оказывают большие колебания температуры. Из приведенных Л. И. Яшновым (1883) данных видно, что увеличение амплитуды колебания температур до 10° и более в пределах между оптимумом и минимумом, особенно ниже минимума, значительно ухудшает прорастание.

Средние значения температур недостаточны для характеристики температурных условий (Тольский, 1913), тем более, что различия в погодных условиях за такой сравнительно долгий период времени действуют нивелирующе на средние результаты наблюдений. Чтобы варьирование температур лучше выявилось, введем условное понятие — „крайние температуры“, под которыми будем понимать все температуры, отличающиеся от среднего арифметического значения своего ряда более чем на одно среднее квадратическое отклонение (σ). Поскольку в пределах $M \pm \sigma$ заключается 68,3% всех значений каждого ряда, то на долю крайних максимальных и крайних минимальных температур придется приблизительно 15% всех его значений.

Наблюдения за температурой на опытном участке 3 показали, что на поверхности площадок без подстилки колебания температуры значительно меньше (табл. 3, рис. 5). Увеличение колебаний температуры на поверхности подстилки, по сравнению с обработанными площадками, происходит в основном за счет более высоких максимальных температур. Максимальная температура на поверхности подстилки на 13° выше, чем на площадках, подготовленных путем перемешивания подстилки с минеральной частью почвы с последующим уплотнением или же удалением всей подстилки, в то время как разница между минимальными температурами составляет около 2° .

Таблица 3

Крайние температуры почвы в 13 часов
за период с 7/VI по 29/VIII 1953 года в градусах

Способ обработки почвы	Характер температур	Глубина в см				
		на поверхности	1	5	10	15
Контроль (без обработки)	Максимальные	42,3	41,9	20,5	19,5	17,3
	Минимальные	11,4	11,9	10,5	10,3	9,8
	Амплитуда	30,9	30,0	10,0	9,2	7,5
Подстилка снята	Максимальные	34,1	31,0	24,5	22,0	17,9
	Минимальные	10,9	12,0	10,8	10,1	9,3
	Амплитуда	23,2	19,0	13,7	11,9	8,6
A_0 и A_1+A_2 перемешаны	Максимальные	38,6	36,9	25,5	22,7	17,7
	Минимальные	11,3	12,7	10,9	10,5	11,2
	Амплитуда	27,3	24,2	14,6	12,2	6,5

Сравним температуры на поверхности почвы по вариантам ее обработки с диапазоном температур, при котором может происходить прорастание семян. Как видно из приведенных на рис. 5 данных, средние максимальные и средние минимальные температуры на поверхности подстилки совпадают с критическими для прорастания семян, но общее

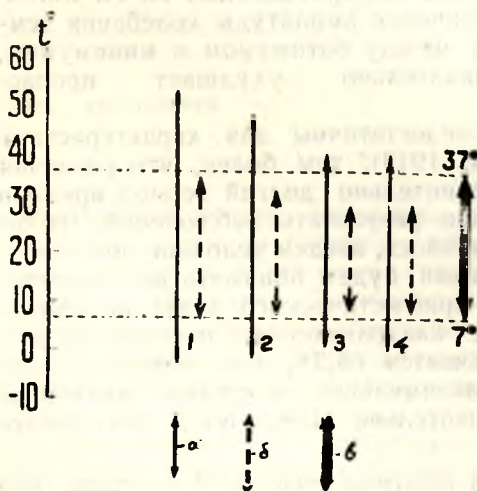


Рис. 5. Амплитуды температур на поверхности почвы:

a — абсолютные амплитуды t° ; b — средние суточные амплитуды t° за летний сезон 1953 г.; a — диапазон t° , при котором происходит прорастание семян; 1 — контроль (без обработки); 2 — A_0 и A_1+A_2 перемешаны; 3 — A_0 и A_1+A_2 перемешаны и уплотнены; 4 — A_0 снята

Этот момент важно учитывать при подготовке почвы под содействие естественному возобновлению.

колебание температур много больше указанных пределов, то есть на поверхности подстилки температура неблагоприятна для прорастания семян. На площадках со снятой подстилкой максимальная температура только в редких случаях превышает критическую для прорастания семян температуру; минимальная температура в среднем несколько выше нижней критической. На поверхности рыхлого перемешанного слоя температурные условия несколько лучше, чем на подстилке, но хуже, чем при снятии подстилки или при уплотнении перемешанного слоя. Следовательно, температурные условия для прорастания семян, попавших на поверхность почвы или мелкозаделанных, гораздо лучше на обнаженном минеральном горизонте, чем на подстилке и на рыхлом перемешанном слое.

Для нас более важен температурный режим на основной глубине заделки семян. Максимальная крайняя температура на глубине 1 см только в подстилке превышает критическую для прорастания семян. По степени благоприятности температурных условий для прорастания семян на глубине 1 см варианты обработки почвы можно расположить в следующий убывающий ряд: 1) полное удаление подстилки; 2) перемешивание A_0 и $A_1 + A_2$ без уплотнения; 3) контроль (без обработки).

Рассмотрим теперь температурные условия в отношении роста всходов. Еловые всходы более чувствительны к резким колебаниям температуры, чем сосновые. Общеизвестно побивание всходов ели заморозками. Для всходов сосны М. И. Сахаров (1951) указывал, что при температуре $+40 + 45^\circ$ нарушается водный баланс их, а это приводит к гибели всходов, в лучшем случае — значительно ухудшает их рост.

Температуры выше 50° неоднократно наблюдались нами в июне на поверхности подстилки. На площадках, где подстилка перемешана с минеральным горизонтом, температура выше 45° наблюдалась лишь однажды. На площадках без подстилки и на поверхности уплотненного перемешанного слоя температура ни разу не поднималась выше $+41^\circ$. То же самое следует сказать о крайних низких температурах. В июне на поверхности подстилки отрицательные температуры наблюдались неоднократно; на поверхности рыхлого перемешанного слоя случаи отрицательных температур были единичными; на площадках без подстилки температура в июне не опускалась до 0° . Это говорит о том, что температурные условия на поверхности подстилки неблагоприятны также и для роста всходов; существенное улучшение этих условий происходит при снятии подстилки.

На глубине 5—10 см колебания крайних температур на контрольных площадках меньше, чем на обработанных, за счет более низких максимальных температур, что, очевидно, связано с теплоизолирующим влиянием подстилки. На той же глубине нет различия в температуре почвы обработанной перемешиванием подстилки и ее удалением. На глубине 15 см влияния обработки почвы на температуру не проявилось.

Таким образом, обработка почвы способствует лучшему прогреванию верхнего 10 см слоя почвы, что для таежной зоны, без сомнения, следует считать положительным фактором, в частности, в отношении интенсификации в почве биологических процессов.

Химические свойства почвы. Для характеристики условий корневого питания сеянцев важно знать, как влияет применение того или иного способа обработки почвы на ее химические свойства. Подобные исследования для частичной обработки почвы на вырубках таежной зоны совершенно отсутствуют. Следует отметить, что при частичной обработке почвы возможно весьма сильное влияние на необработанную часть вырубки. Поэтому полученные нами данные о химических свойствах почвы, по-видимому, нельзя рассматривать как только результат применения того или иного способа обработки почвы, тем не менее они отражают условия питания сеянцев, растущих на площадках.

Из данных, приведенных в табл. 4, можно заключить, что по содержанию подвижных форм азота, фосфора и калия в верхнем 20 см слое почвы контроля и обработанных площадок нет определенной зависимости. Содержание в почве углерода и общего азота

на площадках без подстилки несколько ниже, чем в контроле и в перемешанном слое (табл. 5). Наблюдается сужение отношения C/N в нижних горизонтах по сравнению с верхними, что характерно для подзолистых почв. По данным И. А. Терешниковой (1956), для Ленинградской области такое сужение отношения C/N с глубиной на вырубке из-под ельника-кисличника связано с вымыванием в нижние горизонты фульвокислот и продуктов распада белковых молекул.

Реакция почвы в контроле и на обработанных площадках слабокислая, то есть благоприятная для развития семян хвойных пород (Schairer, 1955).

Таблица 4

Химические свойства почвы в год обработки
(Образцы взяты в августе 1952 года)

Способ обработки почвы	Место взятия образцов		Подвижные (мг/100 г почвы)					
	глубина (см)	генети- ческий горизонт	Опытный участок 1			Опытный участок 2		
			NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль (без обработки)	1—3	A ₀	2,7	15,0	—	1,4	7,5	—
	6—8	A ₁	1,3	7,5	5,7	1,0	13,0	—
	10—12	A ₂	0,8	3,7	3,4	—	5,6	3,4
	17—20	B	1,0	5,6	—	0,6	5,4	4,3
Подстилка снята	0,5—3	A ₁	0,9	5,0	8,5	1,1	2,5	3,4
	10—12	A ₂	1,2	3,5	6,7	1,0	3,7	4,4
A ₀ и A ₁ +A ₂ пере- мешаны	0,5—3	A ₀ +A ₁ +A ₂	1,6	8,8	8,5	1,0	9,0	5,7
	8—10	A ₀ +A ₁ +A ₂	1,3	10,0	6,7	1,1	10,0	6,7
	17—20	B	1,2	6,3	5,7	0,5	4,9	3,4

Важно отметить, что давность обработки почвы не оказывает существенного влияния на абсолютные показатели рассматриваемых химических свойств почвы. Следовательно, в наших условиях перемешивание подстилки с минеральными горизонтами почвы не способствует значительному накоплению элементов питания, в том числе и азотного. С другой стороны, удаление подстилки при частичной обработке почвы не сопровождается резким ухудшением ее химических свойств, как это имело место при удалении подстилки на значительных площадях (Ткаченко, 1952).

Обобщая результаты исследований по влиянию обработки почвы на водный и температурный режимы и ее химические свойства, можно сказать следующее.

Верхний слой лесной подстилки быстро иссушается в летний период, что вместе с резкими колебаниями температуры на ее поверхности создает условия, неблагоприятные для появления всходов. Перемешивание

Таблица 5

Химические свойства почвы
(Образцы взяты в августе 1955 года)

Способ обработки почвы	Горизонт	Глубина (см)	В первом году (опытный участок 4 ¹)						В третьем году (опытный участок 3)						В четвертом году (опытный участок 2)					
			рН		в % на абсолютно сухую почву		C/N	P ₂ O ₅ (в мг на 100 г почвы)	рН		в % на абсолютно сухую почву		C/N	P ₂ O ₅ (в мг на 100 г почвы)	рН		в % на абсолютно сухую почву		C/N	P ₂ O ₅ (в мг на 100 г почвы)
			солевой	водный	C	N			солевой	водный	C	N			солевой	водный	C	N		
Контроль (без обработки)	A ₁	0—5	3,72	4,08	1,61	0,083	19,4	5,8	4,26	5,02	1,47	0,077	19,1	1,25	4,35	4,65	1,69	0,106	15,9	3,3
	B ₁	15—20	5,14	5,25	1,09	—	—	0,8	4,82	5,38	0,85	—	—	1,7	4,86	5,39	1,28	0,112	11,4	следы
Подстилка снята	A ₁	0—5	4,28	4,73	1,59	0,121	13,1	5,8	4,26	4,96	1,28	0,055	23,3	0,4	3,81	4,48	1,57	0,085	18,5	1,7
	B ₁	15—20	—	5,33	0,62	—	—	6,25	4,78	5,42	0,45	—	—	3,75	4,73	5,17	0,89	0,051	17,4	3,3
A ₀ и A ₁ +A ₂ перемешаны	A ₀ +A ₁ +A ₂	0—5	4,45	4,99	1,99	0,274	7,3	3,3	4,63	5,15	1,47	0,141	10,4	2,08	4,60	5,11	1,88	0,127	14,2	5,6
	B ₁	15—20	—	5,02	0,98	—	—	0,8	4,90	5,39	0,66	—	—	2,9	4,81	5,27	1,06	0,148	7,2	2,5

¹ Участок заложен на свежей вырубке из-под ельника-черничника в 1955 году.

вание подстилки с верхними минеральными горизонтами почвы ухудшает капиллярное поднятие воды, увеличивает газообмен и приводит к быстрому высыханию верхнего 5 см слоя почвы. Наилучшие для появления и роста всходов водный и температурный режимы создаются на площадках без подстилки, где необходимая влажность поверхностного слоя почвы обеспечивается капиллярным поднятием воды из нижележащих горизонтов, а колебания температуры на поверхности и в верхнем 1 см слое значительно меньше, чем в соответствующих местах подстилки. Удаление подстилки при частичной обработке почвы вызывает некоторое снижение содержания в почве углерода и общего азота, однако резкого ухудшения ее химических свойств при этом не происходит.

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВЕ И РИЗОСФЕРЕ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ

Выше было показано, что в течение трех лет после обработки почвы удаление подстилки не вызывает резкого ухудшения химических свойств почвы. Вместе с тем химические свойства почвы тесно связаны с деятельностью почвенной микрофлоры, играющей большую роль в разложении органических веществ и в превращении нерастворимых неорганических соединений в растворимые. Поэтому отмеченное отсутствие резких ухудшений в химических свойствах почвы в какой-то степени указывает на то, что при удалении подстилки не должно происходить резких изменений в напряженности микробиологических процессов.

Действительно, из данных, приведенных в табл. 6, видно, что количество микроорганизмов на площадках без подстилки довольно высокое, особенно в самом верхнем слое почвы. Однако в этом случае наблюдается более резкое падение количества микроорганизмов с глубиной, чем в контроле и при других способах обработки почвы. Наблюдаемое уже в год обработки увеличение количества микроорганизмов в самом верхнем слое почвы, по сравнению с содержанием их в этом же горизонте контроля, очевидно, связано главным образом с улучшением условий аэрации. Справедливость такого объяснения подтверждается тем, что, применяя рыхление обнаженного минерального горизонта почвы, мы наблюдали дальнейшее увеличение количества микроорганизмов с 385 до 822 тыс. на 1 г воздушно-сухой почвы.

Наибольшее количество микроорганизмов содержится в подстилке. С глубиной количество их быстро уменьшается, что характерно для подзолистых почв. Перемешивание подстилки сопровождается увеличением содержания микроорганизмов во всем обработанном слое почвы. Вместе с тем распределение микроорганизмов в перемешанном слое почвы очень неравномерное. Так, в комочках подстилки обнаруживалось до 600 тыс. микроорганизмов, а в супеси, находящейся между комочками подстилки, их было в 2—3 раза меньше.

Аналогичное влияние оказывают рассматриваемые способы обработки почвы на интенсивность развития мицелия грибов и скорость разложения целлюлозы в почве (табл. 7). Наиболее интенсивно указанные процессы протекают в подстилке, а также в перемешанном слое почвы. При удалении подстилки мицелий грибов развивается

Таблица 6

Распространение грибов и бактерий в почве при различных способах ее обработки
(Наблюдения выполнены в июле)

Способ обработки почвы	Горизонт	Глубина в см	Количество микроорганизмов в 1 г воздушно-сухой почвы, в тыс. (по Новоградскому)								
			в первом году (участок 3)			во втором году (участок 2)			в третьем году (участок 3)		
			грибы	бактерии	итого	грибы	бактерии	итого	грибы	бактерии	итого
Контроль (без обработки)	A ₀	0—4	117	431	548	540	719	1259	342	660	1002
	A ₁ /A ₂	4—8	64	103	167	123	471	594	94	189	283
	B ₁	16—25	17	89	106	50	102	152	27	114	141
	B ₂	35—38	6	16	22	—	—	—	3	41	44
Верхняя часть подстилки снята	A ₀	0—2	102	495	597	101	169	270	79	203	282
	A ₂	8—10	36	114	150	108	202	310	61	145	206
Подстилка снята	A ₁	0—3	29	276	305	55	611	666	44	202	246
	A ₂	8—10	7	84	91	24	133	157	28	113	141
A ₀ и A ₁ +A ₂ перемешаны	A ₀ +A ₁ +A ₂	0—3	72	318	390	74	230	304	65	244	309
	A ₀ +A ₁ +A ₂	8—10	67	244	311	113	321	434	23	193	216
То же, с уплотнением	A ₀ +A ₁ +A ₂	0—3	84	268	352	—	—	—	71	260	331
	A ₀ +A ₁ +A ₂	8—10	65	302	367	—	—	—	77	340	417

Таблица 7

Интенсивность развития грибов и разложения целлюлозы в почве

Способ обработки почвы	Горизонт	Глубина в см	Интенсивность обрастания стекол мицелием грибов, в баллах		Интенсивность разложения фильтровальной бумаги, в % от площади	
			в 1 году, с 18/VII по 19/VIII (участок 3)	во 2 году, с 20/VII по 20/VIII (участок 2)	в 1 году, с 20/VI по 19/VIII (участок 3)	во 2 году, с 23/VII по 24/IX (участок 2)
Контроль (без обработки)	A ₀	1-4	+++++	++++	100	100
	A ₂	8-10	+++	+++	94	94
	B ₁	16-24	++	+++	4	0
	B ₂	48-50	0	не опр.	0	0
Верхняя часть подстилки снята	A ₀	0-3	++++	+++	94	45
	A ₂	8-10	+++	+++	32	3
Подстилка снята	A ₁	0-3	++	++	65	33
	A ₂	8-10	++	++	16	3
A ₀ и A ₁ +A ₂ перемешаны	A ₀ +A ₁ +A ₂	0-3	++++	++	94	20
	A ₀ +A ₁ +A ₂	8-10	+++	+++	50	25
То же, с уплотнением	A ₀ +A ₁ +A ₂	0-3	+++	не опр.	76	не опр.
	A ₀ +A ₁ +A ₂	8-10	+++++	не опр.	100	не опр.

слабее, чем при других способах обработки почвы. Интенсивность разложения целлюлозы в самом поверхностном слое обнаженного

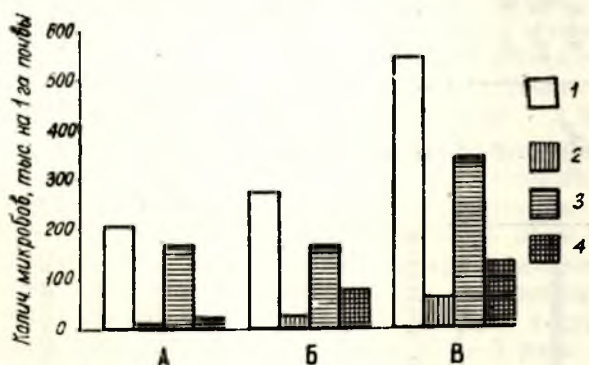


Рис. 6. Влияние однолетних сеянцев сосны на количество микроорганизмов в почве:

A — часть площадки, свободная от растительности; B — между деревьями; B — ризосфера; 1 — всего микроорганизмов; 2 — грибы; 3 — бактерии; 4 — актиномицеты

минерального горизонта довольно высокая, но с глубиной снижается резко, чем в контрольных площадках и при других способах обработки почвы. Анализ стекол обрастания показал, что по массе грибы нередко, особенно в подстилке, могут преобладать над бактериями и актиномицетами, взятыми вместе.

Деятельность микроорганизмов в почве тесно связана с высшими растениями. Исследованиями С. А. Самцевича, Э. М. Ко-

режкой и А. П. Визира (1949), О. И. Пушкинской (1951), А. Я. Трибунской (1955), С. А. Самцевича (1956) и др. установлено, что количество микроорганизмов в ризосфере древесных пород резко увеличивается. В свою очередь, увеличение количества микроорганизмов вблизи корней способствует поступлению элементов питания в растения.

Определение количества ризосферных микроорганизмов при различных способах подготовки почвы показало, что однолетние сеянцы

сосны стимулируют развитие почвенных микроорганизмов (рис. 6). При этом их влияние не ограничивается прилегающими к корням частицами почвы, а распространяется на некоторое расстояние. Количество микроорганизмов в ризосфере сеянцев изменяется в зависимости от способа обработки почвы (рис. 7). У сеянцев, растущих на площадках без подстилки, количество ризосферных микроорганизмов значительно меньше, чем у сеянцев, растущих на перемешанном слое почвы. По нашему мнению, это связано с интенсивностью микоризообразования, так как образование микориз снижает поступление в почву корневых выделений (Ахромейко, 1955), а через это ограничивает развитие микроорганизмов в ризосфере. Кроме того, при удалении подстилки общее количество микроорганизмов в корнеобитаемом слое почвы несколько ниже, чем при других способах обработки почвы, что также может служить причиной более низкого содержания микроорганизмов в ризосфере сосны.

Вопрос влияния ризосферной микрофлоры древесных пород на разложение в почве целлюлозы почти совершенно не изучен. Имеющиеся в литературе немногие сведения указывают на увеличение количества аэробных целлюлозоразрушающих бактерий около дубков (Мантейфель, Жукова и Демьянова, 1950).

Наши наблюдения, проведенные путем закладки предметных стекол с полосками фильтровальной бумаги в почву около растущих корешков однолетних и двухлетних сеянцев сосны и ели, показали, что при приближении корешков к бумаге интенсивность разложения ее микроорганизмами резко увеличивается (рис. 8).

Материалы, приведенные в данном разделе, указывают, что влияние обработки почвы на количество микроорганизмов и интенсивность разложения целлюлозы проявляется в первую очередь через перемещение подстилки. Перемешивание подстилки с минеральными горизонтами сопровождается усилением микробиологической активности во всем обработанном слое. При удалении подстилки наблюдается снижение количества микроорганизмов и интенсивности разложения

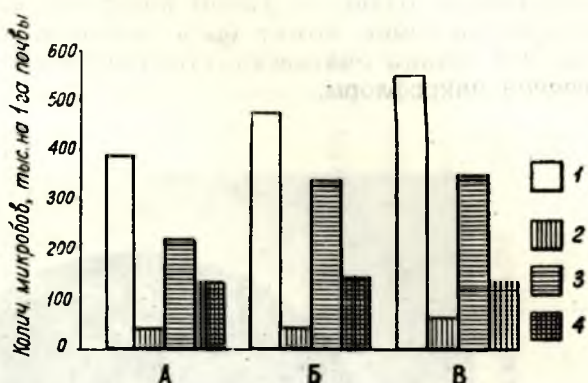


Рис. 7. Количество ризосферных микроорганизмов у однолетних сеянцев сосны при различных способах обработки почвы:

А — подстилка снята; Б — верхняя часть подстилки снята; В — А₀ и А₁+А₂ перемешаны: 1 — всего микроорганизмов; 2 — грибов; 3 — бактерий; 4 — актиномицетов

целлюлозы, однако в [самом поверхностном слое почвы количество микроорганизмов может быть довольно высоким. Растущие на площадках сеянцы оказывают стимулирующее влияние на развитие почвенной микрофлоры.

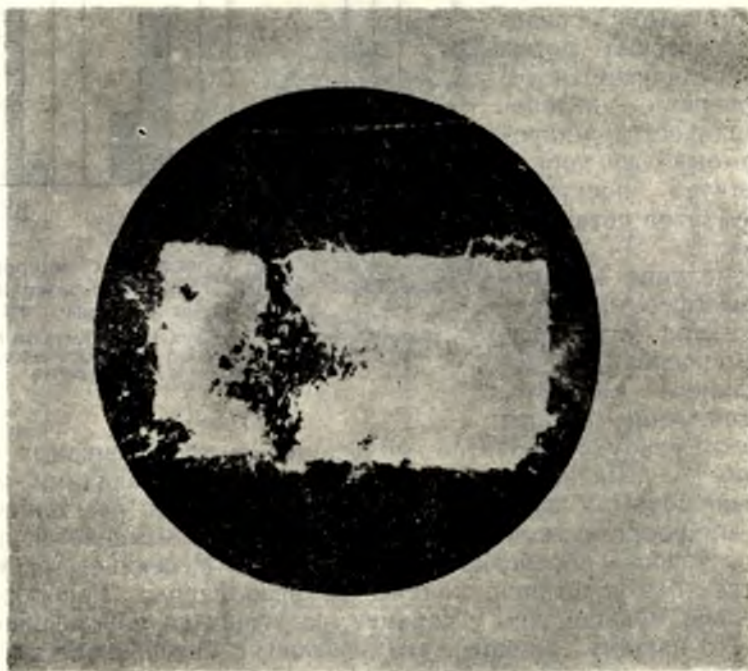


Рис. 8. Разрушение полоски фильтровальной бумаги в месте соприкосновения с корешком сосны.

МИКОРИЗООБРАЗОВАНИЕ

Академик В. Р. Вильямс видел большую роль микроорганизмов не только в минерализации органического вещества, но и в непосредственном участии их в питании высших растений. Согласно его учению, наряду с автотрофным типом корневого питания растений широко распространен симбиотрофный, при котором высшее растение снабжается элементами питания за счет симбиоза с грибами (микотрофизм) или бактериями (бактериотрофизм).

Имеющиеся в настоящее время материалы свидетельствуют о том, что такое деление высших растений очень условно, так как в их питании принимают участие различные группы почвенных микроорганизмов, входящих в состав ризосферы. Так же, как и многие другие почвенные микроорганизмы, микоризные грибы, находясь в ризосфере, положительно влияют на рост сеянцев еще до образования микоризного чехла (Рейнер и Нельсон-Джонс, 1949; С. А. Самцевич, 1956). Поэтому нельзя не согласиться с мнением Вильде (Wilde, 1954) о том, что образование эктотрофных и эндотрофных микориз у древесных

Таблица 8

Интенсивность микоризообразования и сухой вес однолетних сеянцев

Способ обработки почвы	Порода	Исследовано экз.	Из них микоризных (%)	Распределение микоризных сеянцев по степени обилия микориз (%)			Средний вес 1 сеянца в зависимости от степени обилия микориз (г)			
				сильная	средняя	слабая	сильная	средняя	слабая	микориз нет
Верхняя часть подстилки снята	Сосна	40	95	21	47	32	0,287	0,184	0,042	—
	Ель	34	83	28	36	36	—	—	—	—
Подстилка снята	Сосна	142	100	20	63	17	0,339	0,252	0,181	—
	Ель	153	89	18	48	34	0,156	0,129	0,093	0,084
A ₀ и A ₁ +A ₂ перемешаны	Сосна	123	73	7	42	51	—	0,284	0,191	0,077
	Ель	100	58	0	34	66	—	0,101	0,099	0,113
То же, с уплотнением	Сосна	148	92	13	48	39	0,322	0,252	0,217	0,137
	Ель	95	82	13	41	46	—	0,136	0,136	—

растений является частным случаем ризосферного симбиоза. Однако выделение микотрофного типа корневого питания имеет в настоящее время уже не только теоретический, но и большой практический интерес. Работы Мак Комба (Comb, 1943), Б. Ф. Купревича (1952) дают основание считать, что через микоризы питание сеянцев происходит иначе, чем через безмикоризные корешки. Следовательно, эту особенность питания сеянцев необходимо учитывать для правильной оценки влияния способов обработки почвы на их рост.

Исследование корней у всходов показало, что на площадках без подстилки и на уплотненном перемешанном слое почвы вполне сформировавшиеся эктоэндотрофные микоризы наблюдались как у сосны, так и у ели уже в первой половине июля. При обработке почвы удалением верхней части подстилки микоризообразование несколько задерживалось. У всходов, растущих на рыхлом перемешанном слое почвы, микоризы появляются только в августе и в меньших количествах.

В конце сентября произведен учет микоризности сеянцев (табл. 8). Из полученных данных видно, что обнаруженная при летних наблюдениях закономерность в интенсивности микоризообразования по способам обработки почвы сохранилась и к концу первого вегетационного периода. Наибольшее количество микоризных экземпляров среди однолетних сеянцев наблюдалось при обработке почвы удалением подстилки, наименьшее — при перемешивании подстилки с минеральной частью почвы без последующего уплотнения. Необходимо отметить, что с уменьшением общего количества микоризных сеянцев по способам обработки почвы среди них заметно увеличивается относительное количество экземпляров со слабой степенью обилия

Таблица 9

Обилие корневых волосков у однолетних сеянцев сосны и ели в зависимости от способа обработки почвы

Способ обработки почвы	Исследовано экз.		Длина корней в мм ¹				Относитель- ная длина корней с корневыми волосками	
			общая		с корневыми волосками			
	сосна	ель	сосна	ель	сосна	ель	сосна	ель
Удалена А ₀	16	17	450	157	19	26	4,2	16,7
			390—481	141—187	0—48	0—74		
А ₀ и А ₁ +А ₂ пере- мешаны и уп- лотнены	11	12	497	226	89	106	17,9	47,0
			436—710	185—330	77—229	20—223		
Удалена верхняя часть А ₀	8	11	540	274	141	96	26,2	35,0
			433—561	186—399	63—225	68—152		
А ₀ и А ₁ +А ₂ пере- мешаны	12	15	593	404	193	211	32,6	52,0
			458—861	243—563	143—205	132—376		

¹ В числителе — средние величины, в знаменателе — пределы колебаний.

микориз. Этим еще больше углубляется различие в интенсивности микоризообразования при рассматриваемых способах обработки почвы.

Известно, что мицелий микоризного гриба, обволакивая корешки, вызывает отмирание у них корневых волосков. Замечено также, что в условиях, неблагоприятных для микоризообразования, наблюдается увеличение количества корневых волосков. Учеты их были проведены нами на гербарных образцах однолетних сеянцев сосны и ели (табл. 9).

Как видно из приведенных данных, в условиях, вызывающих ослабление интенсивности микоризообразования, особенно при подготовке почвы перемешиванием без уплотнения, увеличивается как общая длина корневой системы, так и длина корней, несущих корневые волоски. Наоборот, на площадках без подстилки корни сеянцев часто совершенно не имеют корневых волосков.

Распределение корней, покрытых корневыми волосками, тесно связано с наличием в почве органического вещества. Так, у сеянцев с площадок, где удалялась верхняя часть подстилки, корни с корневыми волосками приурочены к оставшемуся слою подстилки. На площадках, где производилось перемешивание подстилки с минеральными горизонтами почвы, корни с корневыми волосками встречаются по всей корневой системе, что обусловлено размещением комочков подстилки в обработанном слое. Микоризные окончания на корнях, растущих в комочках подстилки, обычно слабоветвящиеся, тонкие и часто имеют темную окраску. Только там, где корешок пронизывает гниющие остатки древесины или старые корни, наблюдается концентрация обильно ветвящихся микоризных окончаний. Очевидно, в этом случае микоризообразование стимулируется бедностью субстрата элементами минерального питания, что подмечено при росте сеянцев сосны и ели на гниющей древесине (Шубин, 1957).

Различие в обилии корневых волосков между сравниваемыми способами обработки почвы сохраняется и в последующие годы. Так, у трехлетних сеянцев с опытного участка 3 относительное покрытие корней корневыми волосками равнялось: при удалении подстилки — у сосны 6,0%, у ели 6,4%, при перемешивании подстилки — соответственно — 35,8 и 60,5%. Поскольку обилие корневых волосков находится в обратной связи с микоризообразованием, то можно сказать, что и на третий год общее обилие микориз у сеянцев, растущих на площадках без подстилки, выше, чем у сеянцев, растущих на перемешанном слое почвы.

Полученные данные о количестве и распределении корневых волосков подтверждает сделанный нами на основании учета микоризности сеянцев вывод, что при использовании подстилки в качестве органического удобрения микоризообразование ослабляется. Это вызвано рядом факторов, из них мы остановимся на одном, вытекающем из наших наблюдений, а именно — на влажности корнеобитаемого слоя почвы.

По нашим наблюдениям, недостаток влаги в сильной степени ослабляет микоризообразование. Низкая интенсивность микоризообразования при обработке почвы перемешиванием подстилки с минеральной ее частью без уплотнения объясняется главным образом тем, что в обработанном слое почвы, вследствие нарушения капиллярного поднятия воды и увеличения внутрипочвенного испарения, ухудшается водный режим. Устранение этого момента через уплотнение обработанного слоя почвы сопровождалось резким увеличением количества

микоризных семян. На то, что однолетние и двухлетние семена, растущие на рыхлом перемешанном слое почвы, испытывают недостаток влаги, указывает также характер развития корневых систем. При недостатке влаги в почве древесные породы образуют длинные слабоветвящиеся корни, относительный вес корней в таких условиях больше, чем при оптимальном увлажнении (Schwarz, 1892; Обязов, 1903; Тольский, 1905 и др.).

Указанное явление наблюдалось и в наших опытах. Из данных, приведенных в табл. 9, видно, что общая длина корневой системы наименьшая при удалении подстилки и максимальная при перемешивании ее. Уплотнение перемешанного слоя почвы сопровождается уменьшением общей длины корневой системы, что можно объяснить, в основном, улучшением условий увлажнения. Аналогичная картина наблюдалась и в отношении относительного веса корней. Относительный вес корней однолетних семян на площадках без подстилки равнялся у сосны 40%, у ели — 35%, а на рыхлом перемешанном слое почвы — соответственно — 65 и 49%. При уплотнении перемешанного слоя почвы наблюдалось снижение относительного веса корней по сравнению с неуплотненным перемешанным слоем почвы: у сосны до 41%, у ели до 49%. Отмеченная для однолетних семян закономерность влияния обработки почвы на относительный вес корней сохраняется и у двухлетних семян. Однако у двухлетних семян относительный вес корней варьирует по способам обработки почвы слабее, чем у однолеток. Это особенно заметно у сосны. Такое различие объясняется тем, что на второй год корни семян развиваются в более глубоком слое почвы, свойства которого под влиянием обработки почвы изменились слабее.

С другой стороны, относительный вес корней уменьшается также и с увеличением богатства почвы элементами питания. Так как относительный вес корней все же меньше при удалении подстилки, то есть в условиях некоторого обеднения почвы элементами питания и ослабления ее биологической активности, то можно заключить, что в условиях нашего опыта различия во влажности почвы при различных способах ее обработки оказывают большее влияние на развитие одно- двухлетних семян, чем различия в богатстве почвы элементами питания.

Эти данные позволяют считать влажность почвы основным фактором, ограничивающим развитие микориз при росте одно- двухлетних семян на перемешанном слое почвы.

Морфолого-анатомическое изучение микориз показало, что у однолетних и двухлетних семян встречаются светлые и черные микоризы. Светлые микоризы встречались повсеместно. Широкое распространение светлых микориз объясняется тем, что в их образовании участвуют многие грибы, о чем свидетельствует большое разнообразие гиф, образующих микоризные чехлы. Черные микоризы встречались реже светлых и чаще всего на корнях, растущих в подстилке. У семян, выросших на площадках без подстилки, черные микоризы образуются редко и в небольших количествах.

По мнению Бьеркмана (Björkman, 1949) черные микоризы являются паразитическими. Мы пытались установить влияние черных микориз на рост семян ели путем сравнения веса микоризных семян, имеющих только светлые микоризы, с весом семян, у которых наряду со светлыми были и черные микоризы. Для этой цели из группы

однолетних сеянцев со средней степенью обилия микориз были отобраны сеянцы ели с черными микоризами и без них. Оказалось, что если черные микоризы составляют 1—2% от общего количества корневых окончаний, то различие в росте сеянцев, имеющих черные микоризы и не имеющих их, отсутствует. С увеличением количества черных микориз до 15—20% вес сеянцев с черными микоризами уменьшился на 9%. Такое слабое уменьшение веса сеянцев, при значительной доле участия черных микориз, скорее указывает на меньшую эффективность черных микориз по сравнению со светлыми, чем на их паразитический характер. Этот вывод находит свое подтверждение и в морфолого-анатомическом строении черных микориз, имеющих в большинстве случаев средне развитый чехол и слабое внедрение гиф в клетки коры, зачастую совершенно отсутствующее. В последнем случае микоризы становятся эктотрофными. Возможно, что этим и объясняется меньшая эффективность черных микориз по сравнению со светлыми, у которых через хорошо развитую сеть Гартига осуществляется более тесный контакт между симбионтами.

Из изменений в строении микориз в зависимости от способа обработки почвы следует отметить некоторое увеличение толщины чехлов светлых микориз в среднем до 30—35 микронов у сеянцев с площадок без подстилки, тогда как при использовании ее в качестве органического удобрения толщина микоризных чехлов равнялась в среднем 20—25 микронам.

Отсутствие во всех случаях обильного внутриклеточного мицелия, а также внедрения гиф в эндодерму и центральный цилиндр свидетельствует, согласно литературным данным, о существовании между симбионтами мутуалистических взаимоотношений.

Из данных, приведенных в табл. 8, видно, что при одном и том же способе обработки почвы во всех случаях с увеличением обилия микориз увеличивается и вес сосновых сеянцев. У ели прямая связь между обилием микориз и ростом сеянцев, в пределах одного способа обработки почвы, наблюдается при полном удалении подстилки и отсутствует при перемешивании подстилки. Интересно, что и у сосны прямая связь между обилием микориз и ростом сеянцев наиболее рельефно выражена при полном удалении подстилки. Здесь же мы наблюдаем и лучшее развитие сеянцев. Очевидно, в этом случае меньшее количество элементов питания в почве компенсируется теми выгодами, которые получают сеянцы в данных условиях от симбиоза с грибами, так как, согласно исследованиям А. К. Эглите (1956), микоризные грибы помогают древесным растениям усваивать питательные вещества из труднорастворимых минералов.

Исследования по микоризообразованию показывают, что способы обработки почвы существенно влияют на интенсивность микоризообразования у сеянцев первого года. Наибольшее количество микоризных экземпляров среди однолетних сеянцев наблюдалось при обработке почвы удалением подстилки, наименьшее — при перемешивании подстилки без последующего уплотнения. Основной причиной низкой интенсивности микоризообразования на рыхлом перемешанном слое почвы является недостаток влаги. Между развитием однолетних сеянцев и обилием у них микориз прямая связь наблюдается у сосны при всех способах обработки почвы, а у ели — при обработке почвы удалением подстилки.

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПОЯВЛЕНИЕ ВСХОДОВ, ПРИЖИВАЕМОСТЬ И РОСТ СЕЯНЦЕВ

Появление всходов. Исследования, выполненные в таежной зоне, показали, что при создании культур на вырубках с дренированными почвами хорошие результаты получаются при посеве семян в обнаженный минеральный горизонт. В опытах С. В. Алексеева (1932) грунтовая всхожесть семян сосны на минеральном горизонте почвы была в два раза выше, чем на рыхлых холмиках. По данным А. И. Стальского (1954), всхожесть семян на площадках без подстилки достигала у сосны 53 — 66%, а у ели — 30 — 40% от количества высеванных семян. В опытах С. Х. Салинш (1956) испытывалось пять вариантов обработки почвы. Лучшие результаты по всхожести семян получены при обработке почвы удалением подстилки. Таким образом, из литературных данных видно, что посев семян в минеральный горизонт почвы обеспечивает высокую грунтовую всхожесть семян.

Таблица 10

Появление всходов на опытном участке 3 (посев 25/V 1953 года)

Способ обработки почвы	Размер площадок в м	Количество всходов в % от числа высеванных семян							
		Сосна				Ель			
		дата пересчетов				дата пересчетов			
		13/V 1953 г.	20/V 1953 г.	27/VIII 1953 г.	10/V 1954 г.	13/V 1953 г.	20/V 1953 г.	27/VIII 1953 г.	10/V 1954 г.
Подстилка снята	1×1	1,5	32,2	40,2	38,9	0,1	25,9	37,0	37,0
"	1×0,25	2,8	29,2	51,5	43,6	0,8	15,5	39,2	39,3
"	0,5×0,5	1,7	27,5	51,0	47,4	0,2	19,6	39,0	39,0
А ₀ и А ₁ +А ₂ пере- мешаны и уплот- нены	1×1	1,1	25,4	30,0	34,3	0,02	8,3	9,7	13,8
А ₀ и А ₁ +А ₂ пере- мешаны	1×1	0	13,0	16,0	19,5	0	2,3	7,5	9,9
Верхняя часть А ₀ снята	1×1	0	0,1	2,2	2,8	0	0	1,0	1,1

Обратимся к полученным нами результатам опытных посевов. Влияние одних и тех же способов обработки почвы на появление всходов на всех опытных участках было сходным. Поэтому ограничимся рассмотрением результатов посевов на опытном участке 3, включающем все варианты воздействия на почву.

Как видно из приведенных в табл. 10 данных, всходы появляются раньше там, где подстилка удалена, причем на площадках размером 1×1 м несколько раньше, чем при меньшем их размере. Очевидно это связано с лучшим прогреванием широких площадок. При удалении только верхней части подстилки и при перемешивании ее с минеральными горизонтами всходы появляются позднее и в меньшем количестве. Уплотнение перемешанного слоя почвы способствует более раннему, по сравнению с посевом в рыхлый перемешанный слой, появлению всходов.

В табл. 10 не приведены данные о всхожести на необработанной почве, так как там появилось лишь несколько всходов (всхожесть составила сотые доли %). На площадках, подготовленных путем перемешивания подстилки с минеральной частью почвы и путем удаления только верхней части подстилки, значительное появление всходов наблюдалось и после учета, проведенного в конце августа. По общему количеству всходов, появившихся через год после посева, рассматриваемые способы подготовки почвы можно расположить в следующий убывающий ряд: 1) подстилка снята; 2) A_0 и $A_1 + A_2$ перемешаны и уплотнены; 3) перемешивание без уплотнения; 4) верхняя часть подстилки снята.

Сравнивая этот ряд с влажностью и температурой почвы, можно видеть, что по благоприятности этих факторов для появления всходов способы подготовки почвы располагаются точно в такой же последовательности. Таким образом, сделанные нами выводы относительно условий для появления всходов при различных способах подготовки почвы полностью подтверждаются результатами опытных посевов.

По благоприятности для появления всходов водного и температурного режимов, а также по результатам опытных посевов обработка почвы перемешиванием с уплотнением идет после обработки почвы удалением подстилки. Особенно близкие результаты между этими двумя способами обработки почвы получены по всхожести семян сосны. Вместе с тем, при посевах в последующие годы мы ни разу не наблюдали, чтобы на перемешанном уплотненном слое почвы всходов появилось больше, чем на обнаженном минеральном горизонте. Например, в 1955 году при опыте, заложенном на свежей вырубке из-под ельника-черничника, были получены следующие результаты по всхожести семян: при удалении подстилки — 43,6% сосны и 33,1% ели, при перемешивании подстилки с уплотнением — 18,1% сосны и 12,5% ели. Различие в грунтовой всхожести семян между рассматриваемыми двумя способами обработки почвы сохраняется и в том случае, если обработку почвы производить за год до посева. Так, при обработке почвы в начале лета 1956 года и посеве весной 1957 года всхожесть семян на площадках без подстилки равнялась 32,7% у сосны и 23,3% у ели, а при перемешивании подстилки с уплотнением — 25,6% у сосны и 12,0% у ели.

Результаты опытных посевов 1952, 1953 годов, а позднее 1955—1957 годов показали, что в зависимости от особенностей в ходе весны и лета абсолютные величины грунтовой всхожести семян колеблются по годам. Однако максимальное количество всходов всегда наблюдается при посеве семян в обнаженный минеральный горизонт и равняется в среднем 30—50% от количества высевных семян. Отсюда вытекает, во-первых, что наиболее благоприятные при этом способе обработки почвы водный и температурный режимы следует считать основными факторами, определяющими появление всходов, и, во-вторых, что установленная нами в 1953 году закономерность во влиянии рассматриваемых способов обработки почвы на водный и температурный режимы поверхностного слоя почвы, а через это и на появление всходов справедливы и для других годов.

Приживаемость сеянцев. Одним из факторов непосредственного влияния обработки почвы на отпад сеянцев является образование на посевных местах ледяных кристаллов. Согласно наблюдениям С. В. Алексеева (1953), в Архангельской области при посевах сосны

на супесчаной дренированной почве от выжимания ледяными кристаллами в первые два года погибло до 43,6% семян. Выжимание семян ледяными кристаллами мы наблюдали только на рыхлом перемешанном слое почвы. Очевидно в период осенних дождей в рыхлом слое почвы происходит накопление избыточной влаги, что способствует образованию при замерзании почвы ледяных кристаллов. На опытном участке 1 частичное выжимание семян замечено на 22% площадок, а на опытном участке 3—на 50% площадок этого способа обработки почвы. Однако массовой гибели семян в результате обнажения корней кристаллами льда не было замечено.

По нашим наблюдениям, отпад всходов и семян в основном вызван такими причинами, как склеивание их мелкими птицами, чаще всего овсянкой обыкновенной, повреждение насекомыми, поражение грибами, вызывающими полегание всходов. Начиная со второго года наблюдалась гибель семян от грибов, поражающих хвою, причем степень распространения и гибели семян от грибных заболеваний хвои находилась в прямой зависимости от интенсивности зарастания площадок травянистой растительностью.

За шесть лет отпад среди семян достигает 60—70% от количества всходов. Примерно $\frac{2}{3}$ общего количества погибших семян приходится на первые два года.

Разницы в суммарном отпаде семян между отдельными способами обработки почвы не наблюдалось. Поэтому по количеству сохранившихся к шестому году семян соотношение между способами обработки почвы осталось примерно таким же, какое наблюдалось в отношении количества появившихся всходов, то есть наибольшее количество семян имелось на площадках без подстилки.

Рост семян. По всхожести семян и количеству сохранившихся за период наблюдений семян лучшие результаты получены при обработке почвы удалением подстилки. Исследования, проведенные С. В. Алексеевым (1932, 1953, 1954) и А. И. Стальским (1954) в Архангельской области, показали, что посев сосны и ели в обнаженный минеральный слой почвы обеспечивает также и успешный рост семян. Причем, наблюдения за ростом культур сосны проводились С. В. Алексеевым (1954) в течение 25 лет.

Из приведенных в табл. 11 данных видно, что размеры однолетних семян сосны, выросших на площадках без подстилки и на уплотненном перемешанном слое почвы, почти одинаковые. Однолетки ели, выросшие на уплотненном перемешанном слое почвы, заметно мельче, чем на площадках без подстилки. На рыхлом перемешанном слое почвы семена имеют меньшие размеры.

Рассмотрим причины, обусловившие указанное различие в росте семян в зависимости от способа обработки почвы. Лучший рост однолетних семян на площадках без подстилки, по сравнению с ростом семян на рыхлом перемешанном слое почвы, можно объяснить главным образом условиями водного режима. То, что однолетние, а возможно и двухлетние семена, особенно ели, растущие на рыхлом перемешанном слое почвы, испытывают недостаток влаги, было показано нами при анализе роста корней. На поверхности минерального горизонта почвы отсутствуют резкие колебания температуры, что благоприятно для роста всходов. Некоторое обеднение почвы элементами корневого питания и ослабление биологической

Таблица 11

Показатели роста 1—3-летних сеянцев

Способ обработки почвы.	Порода	1-летние сеянцы (опытный участок 3)			2-летние сеянцы (опытный участок 2)				3-летние сеянцы (опытный участок 3)	
		вес в абсолютно сухом состоянии (2)	длина хвоя (с.м)	высота (с.м)	вес в абсолютно сухом состоянии (2)	диаметр стволика у шейки корня (с.м)	длина хвоя (с.м)	высота (с.м)	вес надземной части в абсолютно сухом состоянии (2)	Высота (с.м)
Верхняя часть подстилки снята	Сосна	—	—	—	0,320	0,14	4,82	4,77	—	—
	Ель	—	—	—	0,210	0,10	1,25	5,44	—	—
Подстилка снята	Сосна	0,100	2,47	3,88	1,330	0,25	8,44	7,14	2,610	19,1 ± 0,40
	Ель	0,054	1,09	3,40	0,560	0,17	1,43	10,65	0,853	13,3 ± 0,29
A ₀ и A ₁ + A ₂ перемешаны	Сосна	0,054	1,87	3,46	0,620	0,16	6,04	6,40	1,920	15,8 ± 0,32
	Ель	0,037	0,95	3,00	0,230	0,11	1,25	7,16	0,376	8,0 ± 0,55
То же, с уплотнением	Сосна	0,102	2,39	3,92	—	—	—	—	3,020	20,7 ± 0,41
	Ель	0,042	1,06	3,07	—	—	—	—	0,725	11,7 ± 0,21

активности почвы, наблюдаемое при удалении подстилки, в какой-то степени компенсируется обильным микоризообразованием.

На площадках с частично снятой подстилкой размеры двухлетних сеянцев наименьшие, что, очевидно, связано с поздним появлением всходов и резкими колебаниями температуры на поверхности площадок. В последующие годы при этом способе обработки почвы наблюдается усиление роста сеянцев.

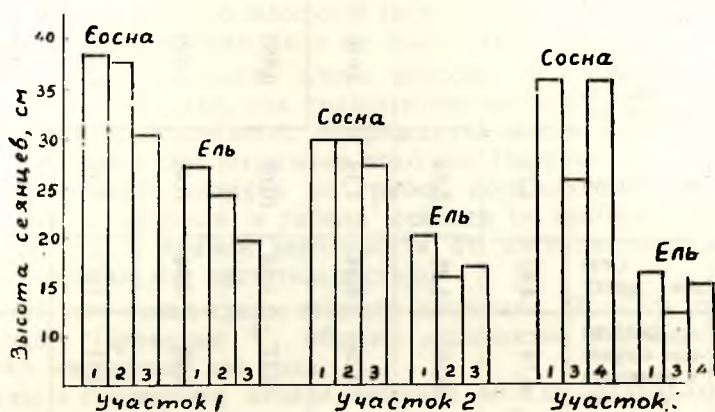


Рис. 9. Средние высоты 6-летних сеянцев (участок 1) и 5-летних сеянцев (участки 2, 3):

1 — подстилка снята; 2 — верхняя часть подстилки снята; 3 — A₀ и A₁+A₂ перемешаны; 4 — то же, с уплотнением

Наблюдаемое в первые 3 года соотношение в интенсивности роста сеянцев по способам обработки почвы сохраняется и в последующие годы (рис. 9). Исключение составляет обработка почвы удалением верхней части подстилки, при которой происходит заметное усиление роста сеянцев сосны. Однако в общем по всем трем участкам лучшие результаты по росту сеянцев в высоту получены при обработке почвы удалением подстилки.

Оценивая влияние обработки почвы на рост сеянцев, необходимо также учитывать зарастание площадок моховой и травянистой растительностью. В первый год зарастание площадок травянистой растительностью при всех способах обработки почвы было слабое и не оказало отрицательного влияния на рост сеянцев. Рост сеянцев на совершенно свободных от травянистой растительности площадках был даже заметно хуже, чем на умеренно заросших площадках. Особенно плохое состояние, в связи с отсутствием притенения, было отмечено у сеянцев ели на площадках, где почва обрабатывалась перештыковкой без уплотнения.

Эти данные вполне подтверждают убедительные выводы С. В. Алексеева (1932, 1953), А. С. Синникова (1953) о благоприятном влиянии на рост сеянцев слабого зарастания лесокультурных площадок травянистой растительностью. На положительное влияние для роста самосева ели на концентрированных вырубках небольшого притенения почвы указывали также Н. Е. Декатов (1936), И. С. Мелехов (1937, 1949) и др. С. В. Алексеев (1953) считал, что в некоторых случаях прополка культур бывает излишней.

Во второй год большая часть наших площадок сильно заросла травянистой растительностью. Следует отметить, что при удалении подстилки очень часто, особенно в пониженных местах, обнаженный минеральный слой покрывался кукушкиным льном. Участие травянистой растительности в этом случае резко уменьшилось. К осени второго года начинало проявляться отрицательное влияние травянистой растительности на рост сеянцев при сильном зарастании площадок.

Необходимо указать, что прополки сорняков на опытных участках специально не проводились. Только начиная со второго года ежегодно во время весенних и осенних перечетов удалялись сильно развитые сорняки, закрывающие сеянцы сверху.

На третий год зарастание площадок травянистой растительностью усилилось. Наиболее часто встречались на площадках вейник, луг-вик, иван-чай, щавель, ожика, вероника и костяника. Между площадками в живом покрове господствовал вейник, достигавший наиболее обильного развития на третий и четвертый годы. На пятый и особенно на шестой годы отмечено уменьшение развития травянистой растительности как на площадках, так и между ними.

Начиная с третьего года наблюдалась резкая дифференциация среди сеянцев по высоте. Максимальные высоты сеянцев были в 2—2,5 раза больше средних высот. Раскопки корневых систем показали, что на третий год у хорошо развитых сеянцев длина боковых корней достигает 60 см и они выходят за пределы площадок. При удалении подстилки длина боковых корней оказалось больше, чем при других способах обработки почвы, поэтому выход корней за пределы площадок при этом способе обработки почвы происходит раньше и в больших количествах. У пятилетних сеянцев сосны длина боковых корней достигала 110 см. Проникновение корней за пределы посевных мест свидетельствуют о том, что рост в этом возрасте лучших по развитию сеянцев уже не определяется характером обработки почвы.

Обобщение материалов, приведенных в данном разделе, показывает, что обработка почвы удалением подстилки обеспечивает лучшую всхожесть семян и хороший рост сеянцев. При перемешивании подстилки с верхним супесчаным горизонтом почвы всхожесть семян и рост сеянцев значительно хуже, чем на обнаженном минеральном горизонте. Уплотнение перемешанного слоя почвы повышает всхожесть семян и улучшает рост сеянцев. Различные способы обработки почвы не оказали существенного влияния на величину отпада сеянцев. На 3—5 годы влияние обработки почвы ослабляется выходом корней за пределы посевных мест.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что на свежих вырубках из-под ельников кислично-черничных, черничных и бруснично-черничных по всхождению лесная подстилка является весьма неблагоприятной средой для появления всходов. Рыхлая слаборазложившаяся подстилка обладает большой скважностью, капиллярное поднятие воды в ней отсутствует. Эти свойства подстилки вместе с сильным нагреванием поверхности обуславливают быстрое высыхание верхней ее части. Вместе с тем, для прорастания семян в подстилке необходимо большее содержание влаги, чем в минеральном горизонте. Поэтому попавшие в подстилку семена не прорастают из-за недостатка влаги.

Резкие колебания температуры на поверхности подстилки не благоприятны как для прорастания семян, так и для роста всходов. При этом, кроме крайних низких температур, вредное действие на всходы могут оказывать крайние высокие температуры, которые в названных условиях в ясные дни достигают обычно $+41, +42^{\circ}$ и нередко поднимаются до $+50^{\circ}$. На это в условиях северной части таежной зоны до сего времени почти не обращалось внимания. При посеве семян сосны и ели в подстилку всходы появляются лишь единично и большая часть их вскоре погибает.

Снятие верхней слаборазложившейся части подстилки в названных лесорастительных условиях приводит лишь к незначительному улучшению условий для появления и роста всходов. В первый год на корнях сеянцев, растущих в оставленном слое подстилки и непосредственно под ним, микоризы образуются сравнительно редко. Корешки последних и предпоследних порядков покрыты корневыми волосками. На корнях, расположенных глубже, большая часть окончаний последних порядков представлены микоризами. Следовательно, при этом способе подготовки почвы питание сеянцев через корни, расположенные в подстилке и непосредственно под ней, то есть в слое, богатом элементами питания и микроорганизмами, осуществляется в основном автотрофно при участии микроорганизмов ризосферы. В более глубоких горизонтах почвы вода и элементы питания могут поступать в сеянцы главным образом через микоризы и только что образовавшиеся корешки.

При перемешивании верхних минеральных горизонтов песчаных и супесчаных почв с лесной подстилкой резко ухудшается капиллярное поднятие воды к поверхности, значительно увеличивается некапиллярная скважность, а вместе с ней и внутрпочвенное испарение воды. Это приводит к быстрому уменьшению влажности в верхнем слое почвы. Вследствие неблагоприятного водного режима в перемешанном с подстилкой слое супеси наблюдается низкая всхожесть семян. Несмотря на обогащение корнеобитаемого слоя почвы органическим веществом и элементами минерального питания, а также усиление микробиологической активности наблюдается ослабление роста сеянцев. Микоризы на корнях всходов при перемешивании подстилки с минеральной частью почвы образуются слабо. Ослабление микоризообразования, вызванное главным образом сухостью перемешанного слоя почвы, не позволяет сеянцам сосны и ели в полной мере использовать обогащение минерального горизонта почвы органическим веществом, которое происходит в результате перемешивания его с подстилкой.

Уплотнение перемешанного слоя почвы сопровождается улучшением в нем водного режима. В результате заметно повышается всхожесть семян и улучшается рост сеянцев. По этой же причине повышается интенсивность микоризообразования, то есть увеличивается значение микотрофии в питании сеянцев, что также способствует усилению их роста.

Лучшие условия для появления и роста всходов на всхолмлениях с супесчаной почвой создаются при полном удалении подстилки. На площадках со снятой подстилкой влажность ближе к оптимуму, чем при других способах подготовки почвы, а температура колеблется в более узких пределах, чем на поверхности подстилки. Поэтому всхо-

жесть семян сосны и ели при обнаженном минеральном горизонте почвы наилучшая.

Несмотря на некоторое обеднение почвы питательными веществами в результате полного удаления подстилки, здесь наблюдается лучший рост сеянцев. Положительное влияние влажности проявляется косвенно через создание в почве благоприятных условий для микоризообразования. В связи с этим, а, возможно, и другими факторами, при удалении подстилки микоризообразование начинается раньше и протекает интенсивнее, чем при других способах подготовки почвы. Только на площадках без подстилки встречаются однолетние сеянцы ели, у которых все корневые окончания последних порядков представлены микоризами.

Микоризы при этом способе подготовки почвы отличаются наибольшей толщиной микоризного чехла. Уменьшается общая длина корней и степень покрытия их корневыми волосками. Уменьшается также и общее количество ризосферных микроорганизмов. Все это указывает на возрастание микотрофного питания сеянцев. Развитие однолетних сеянцев прямо пропорционально обилию на их корнях микориз. Обеднение почвы элементами корневого питания, которое наблюдается в результате удаления подстилки, в значительной степени компенсируется теми выгодами, которые сеянцы сосны и ели получают от микотрофии.

Вместе с тем необходимо отметить, что тщательным уплотнением перемешанного слоя почвы из подстилки и горизонта $A_1 + A_2$ можно добиться повышения грунтовой всхожести семян, а также улучшения роста сеянцев. Возможно, что при этом рост сеянцев, особенно сосны, будет даже несколько лучше, чем при удалении подстилки. Однако такое улучшение роста сеянцев не может служить поводом для предпочтения этого способа обработки почвы перед обработкой почвы удалением подстилки по следующим двум причинам: во-первых, большей трудоемкостью и сложностью производственного процесса, требующего применения дорогостоящих механизмов; во-вторых, трудностью, а иногда даже невозможностью применения такого механизма на нераскорчеванной вырубке, особенно на почвах с большим количеством камней, что так характерно для рассматриваемых лесорастительных условий южной Карелии.

Все это дает основание считать полное удаление подстилки лучшим способом частичной обработки супесчаных почв под посев сосны и ели или при содействии естественному лесовозобновлению на свежих рубках из-под ельников кислично-черничных, черничных и бруснично-черничных по всхождению в южной Карелии.

ЛИТЕРАТУРА

- Адо Ю. В. Микоризообразователи древесных пород. Тр. Архангельского лесотехнического института им. В. В. Куйбышева, вып. 14. Архангельск, 1954.
- Алексеев С. В. К вопросу о плодоношении и искусственном возобновлении лесов Севера. Архангельск, 1932.
- Алексеев С. В. К проблеме лесных культур в условиях Севера. Некоторые вопросы ведения лесного хозяйства на Севере. Архангельск, 1953.
- Алексеев С. В. Некоторые результаты выращивания сосны гнездовым способом. Возобновление леса при концентрированных рубках на Севере. Архангельск, 1954.
- Ахромейко А. И. Фиксированное выступление. Тр. конференции по микотрофии растений. М., 1955.
- Декастов Н. Е. Простейшие мероприятия по возобновлению леса при концентрированных рубках. Гослесбуиздат, 1936.

- Дояренко А. Г. К изучению испаряющей способности почв... „Научно-агрономический журнал“, 1924, № 5—6.
- Дояренко А. Г. Факторы воздушного режима почв. „Научно-агрономический журнал“, 1925, № 3.
- Иванов П. В. Быстрый метод определения влажности почвы. „Почвоведение“, 1953, № 3.
- Коссович П. С. Водные свойства почвы. „Журнал опытной агрономии“, 1904, кн. 2—3.
- Кравков С. П. Исследования в области изучения роли мертвого растительного покрова в почвообразовании. „Материалы по исследованию русских почв“, вып. 21 и 22, 1912.
- Купревич В. Ф. О физиологической роли микоризы. „Тр. комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения“, т. II, вып. 2, 1952.
- Мантейфель А. Я., Жукова А. И. и Демьянова Э. К. Изучение микрофлоры ризосферы дуба. „Микробиология“, 1950, т. XIX, вып. 6.
- Мелехов И. С. Вопросы лесовыращивания в условиях Вологодско-Сухонского промузла. „Новый Север“, 1937, № 3.
- Мелехов И. С. Концентрированные рубки и лесовозобновление в бассейне Северной Двины. „Тр. Архангельского лесотехнического ин-та им. В. В. Куйбышева“, вып. 13, 1949.
- Мелехов И. С. „К типологии концентрированных вырубок в связи с изменениями в напочвенном покрове.“ Концентрированные рубки в лесах Севера. Изд. АН СССР, 1954.
- Новогрудский Д. М. Определение численности грибов и актиномицетов в почве методом непосредственного высева почвенного мелкозема. „Микробиология“, 1947, т. XVI, вып. 6.
- Обязов А. О развитии семян сосны в питомниках. „Лесопромышленный вестник“. 1903, № 34.
- Пушкинская О. И. Микрофлора почвы лесов Теллермановского лесничества. „Тр. ин-та леса“, 1951.
- Рейнер М. и Нельсон-Джонс В. Роль микоризы в питании деревьев. М., 1949.
- Салиньш С. Х. Влияние способов подготовки почвы и времени посева на приживаемость и отпад семян сосны в главных типах лесорастительных условий Латвийской ССР. „Тр. ин-та лесохозяйственных проблем“, XI. Рига, 1956.
- Самофал С. А. Энергия прорастания и всхожесть лесных семян. „Тр. по лесному опытному делу Украины“, вып. 6, 1926.
- Самцевич С. А., Корецкая З. М. и Визир А. П. Влияние лесных растений на микрофлору черноземов. „Тр. ин-та лесоводства АН УССР“, 1 (на украинском языке), 1949.
- Самцевич С. А. Биодинамика ризосферы лиственных и хвойных насаждений в лесостепи. „Микробиология“, 1956, т. 25, вып. 1.
- Сахаров М. И. Климатическая неоднородность сплошных вырубок в сосняках и ее значение для естественного возобновления сосны. „Изв. АН БССР“, 1951.
- Синников А. С. „Об уходе за культурами сосны на концентрированных вырубках“. Некоторые вопросы ведения лесного хозяйства на Севере. Архангельск, 1953.
- Скородумов А. С. Определение толщины лесной подстилки. „Лесное хозяйство“, 1939, № 12.
- Стальский А. И. Посевы сосны и ели на концентрированных вырубках в некоторых придвинских лесхозах. Сб. статей „Концентрированные рубки в лесах Севера“. М., 1954.
- Сычев Г. А. О возобновлении сосны на боровой почве. „Лесопромышленный вестник“, 1905, № 40—43.
- Терешенкова И. А. Запасы гумуса и азота в почвах под еловыми лесами. „Уч. зап. ЛГУ“, 221, 1956.
- Ткаченко М. Е. Концентрированные рубки. Сельхозгиз, 1931.
- Ткаченко М. Е. Общее лесоводство. Гослесбуиздат, 1952.
- Тольский А. П. О влиянии различной влажности почвы на развитие сосновых всходов. „Лесной журнал“, 1905, вып. II.
- Тольский А. П. К вопросу о влиянии погоды на прирост сосны в высоту. „Тр. по лесному опытному делу в России“, вып. 47. СПб, 1913.
- Трибунская А. Я. Изучение микрофлоры ризосферы семян сосны. „Микробиология“, 1955, т. XXIV, вып. 2.
- Трофимов А. В. Аппарат для определения величины газообмена. „Научно-агрономический журнал“, 1924, № 10.
- Холодный Н. Г. Методы непосредственного наблюдения почвенной микрофлоры. „Микробиология“, 1935, т. IV, вып. 2.

Шубин В. И. „К вопросу о росте сосны и ели на органическом субстрате“. Возобновление ели на сплошных концентрированных вырубках Карелии. Петрозаводск, 1957.

Эглите А. К. Роль микоризы и агротехники при облесении малопродуктивных почв. „Тр. ин-та лесохозяйственных проблем“, XI. Рига, 1956.

Яшнов Л. И. О влиянии температуры на прорастание семян некоторых хвойных древесных пород. „Изв. Петровской землед. и лесной академии“, 1883.

Björkman E. The Ecological significance of the Ectotrophic Mycorrhizal Association in Forest Trees. Sv. bot-Fidagr., 43, 1949.

Haack Der Kiefern Samen. „Leitschrift für Forst und Jagdwesen“, 1909.

Kienitz M. Vergleichende Keimversuche mit Waldsamen (ets). „Forstliche Blätter“ p 1, 1880.

McCoub A. Mycorrhizal and phosphorous nutrition of pine seedlings in a prairie soil nursery. Agric. and mechanic arts. for sect. Res. Bull. 314, 1943.

Mork E. Über die Bedeutung der Temperatur für die Verjüngung in den Fichtenwäldern von nord Trøndelag. „Meddelelser fra Detnorske Skogforsökvesen“. № 19, 1933.

Schäirer E. Erfahrungsberichte aus der Württ. Forste. Versuchsanstalt. 2. Die Bodenreaktion in Nadelholzquartieren der Pflanzschule. Allgem. Forstreitschrift, 10, № 13, 1955.

Schwappach A. Mitteilung aus der Waldsamen — Prüfungsanstalt Eberswald. „Leitschr. für Forst und Jagdwesen“, 1909.

Schwarz F. Über den Einfluss des wasser und Nährstoffgehaltes des sandbodens auf die Wurzelentwicklung von Pinus silvestris im ersten Jahre. „Z. f. Forst und Jagdwesen“, 1892.

Wilde S. A. Mycorrhizal fungi their distribution and effect on tree growth. Soil Science. Vol. 78, 1, 1954.