

УДК 630.182.2+630.187

## НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ РОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ПОЧВАХ ЛЕСОВ И ВЫРУБОК ЗАУРАЛЬСКОЙ ХОЛМИСТО-ПРЕДГОРНОЙ ПРОВИНЦИИ СРЕДНЕГО УРАЛА

М.В. Ермакова<sup>1</sup>, Н.С. Иванова<sup>2</sup>, Е.С. Золотова<sup>3</sup>

Проведен контролируемый лабораторный эксперимент выращивания *Pinus sylvestris* L. на почвах различных типов лесов и вырубок Зауральской холмисто-предгорной провинции. Изучено влияние бурых горно-лесных и дерново-палево-подзолистых почв лесов и вырубок на прорастание семян и формирование проростков *Pinus sylvestris* L. Выявлены статистически значимые различия в энергии прорастания, всхожести и размерных характеристиках проростков сосны обыкновенной, выращенных на почвах различных типов леса. Сукцессионный статус (лес-вырубка) оказывает наибольшее влияние на длину семядоли. Установлено, что наиболее благоприятны для возобновления сосны обыкновенной бурые горно-лесные почвы брусничникового типа леса, наименее благоприятны почвы вырубок в разнотравном типе леса.

**Ключевые слова:** *Pinus sylvestris* L., проростки, тип леса, лесные почвы, вырубки, Урал.

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) – один из основных лесообразующих видов России (Санников, 1992; Maiti et al., 2016). В зависимости от условий произрастания высота и диаметр ствола деревьев этого вида могут достигать соответственно 45 и 1 м, а возраст может превышать 200 лет. На Урале леса с преобладанием сосны обыкновенной в древостое занимают 24% покрытой лесами площади (Залесов, Луганский, 2002). Однако они интенсивно эксплуатируются в течение последних 250 лет. Большинство лесных массивов пройдены двумя-тремя оборотами рубки, а успешность естественного лесовозобновления вырубок не превышает 60% в подзоне северной тайги, 70% в подзоне средней тайги, 40% в подзоне в южной тайги, 30% в подзоне хвойно-широколиственных лесов и 15% в подзоне предлесостепных сосново-березовых лесов (Залесов, Луганский, 2002). Чрезвычайно актуальной становится проблема сохранения и восстановления лесных ресурсов.

Один из наиболее важных аспектов успешной программы восстановления леса – выживаемость древесных растений в первые годы жизни (Leak et al., 2008; Grossnickle, 2012). К настоящему времени детально проанализированы некоторые факторы, лимитирующие выживание древесных расте-

ний (Луганский, 1991; Санников, 1992). При этом роль почвенного фактора признается всеми авторами, но изучение его влияния крайней сложно и трудоемко, а результаты тяжело интерпретировать. Влияние множества действующих факторов приводит к противоречивым выводам, переоценке или недооценке лимитирующих эффектов. Лабораторный контролируемый эксперимент можно рассматривать как перспективный для решения данной проблемы.

Цель наших исследований – выявление особенностей всхожести семян и роста гетеротрофных проростков *Pinus sylvestris* на почвах различных условно-коренных лесов и их антропогенных вариантов – вырубок, а также выявление оптимальных и пессимальных условий для начальных этапов роста *P. sylvestris*.

### Объекты и методы исследований

Для эксперимента мы выбрали бурые горно-лесные и дерново-палево-подзолистые почвы под пологом условно-коренных (140–160 лет) лесов и на соответствующих им сплошных вырубках в южно-таежном округе Зауральской холмисто-предгорной провинции (по районированию Б.П. Колесникова, Р.С. Зубаревой и

<sup>1</sup> Ермакова Мария Викторовна – ст. науч. сотр. ФГБУН Ботанический сад УрО РАН, докт. с.-х. наук (m58\_07e@mail.ru);

<sup>2</sup> Иванова Наталья Сергеевна – ст. науч. сотр. ФГБУН Ботанический сад УрО РАН, канд. с.-х. наук (i.n.s@bk.ru); <sup>3</sup> Золотова Екатерина Сергеевна – науч. сотр. ФГБУН Ботанический сад УрО РАН, канд. биол. наук (afalinakate@gmail.com).

Е.П. Смолоногова (1973) на территории в пределах 57°00'–57°05' с.ш. и 60°15'–60°25' в.д. Выбранный район исследований представляет собой расчлененное предгорье, образованное чередой меридиональных возвышенностей и гряд с широкими межгорными вытянутыми понижениями. Для этих мест характерна гетерогенность почвенного и растительного покрова, что соответствует условиям наших исследований. Абсолютная высота над ур. моря в этом районе составляет 200–500 м (Колесников и др., 1973).

Закладка полнопрофильных почвенных разрезов и морфологическое описание сделаны по Б.Г. Розанову (2004), названия даны согласно сложившейся классификации почв региона исследований (Фирсова, Ржанникова, 1972; Фирсова, 1977). Пробоподготовка и анализ почвенных образцов проведены по общепринятым методикам (Аринушкина, 1970; Лабораторно-практические занятия..., 2009).

Образцы почв для лабораторного эксперимента отобраны из гумусового горизонта A<sub>1</sub> в трех типах сосновых лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции (брусничниковом, ягодниково-липняковом, разнотравном) и на соответствующих им сплошных вырубках. Данные типы леса различаются положением в рельефе и режимом увлажнения (периодически сухие; устойчиво свежие; свежие, периодически влажные местообитания) и структурой лесных экосистем (Золотова Иванова, 2012; Иванова, Золотова, 2013). Лесотипологическая характеристика изучаемых лесных экосистем приведена в табл. 1.

Проращивали семена сосны в лабораторных условиях в соответствии с требованиями Межго-

сударственного стандарта 13056.6-97 «Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести» (1998). В качестве контроля использовали проращивание семян сосны на фильтровальной бумаге, сложенной в несколько слоев и смоченной дистиллированной водой до влажности 60%. Влажность фильтровальной бумаги соответствовала влажности почвенных субстратов в вариантах опыта.

Энергию прорастания определяли на 7-й, а всхожесть – на 14-й день проращивания. Это соответствует герменальной стадии онтогенеза – стадии гетеротрофного роста проростка, включающей два этапа: «прорастание семени» и «формирование проростка». Размерные характеристики определяли на 14-й день. Для каждого варианта опыта изучали не менее 100 экз., измерения проводили с точностью до 0,1 мм.

Зависимость всхожести, энергии прорастания и размерных характеристик сосны обыкновенной от бурых горно-лесных и дерново-палево-подзолистых почв разных типов леса и различного сукцессионного статуса (лес-вырубка) исследована с помощью многофакторного дисперсионного анализа в программном пакете для статистического анализа данных Statistica 6.0. Для сравнения средних значений использован LSD-тест (критерий наименьшей значимости) (Боровиков, 2012).

### Результаты исследований и их обсуждение

Сосняки брусничниковые произрастают на вершинах и верхних половинах склонов возвышенностей, где обычны неполноразвитые и типичные бурые горно-лесные почвы с небольшой мощностью почвенного профиля, легким механическим

Т а б л и ц а 1

Изученные типы лесорастительных условий (ТЛУ) и типы вырубок (Колесников и др., 1973)

Положение в рельефе	Индекс ТЛУ	Условно-коренной тип леса, шифр, почвы	Тип вырубки
периодически сухие местообитания			
Вершины и верхние половины склонов возвышенностей	321	сосняк брусничниковый; С бр., бурые горно-лесные	вейниковые
устойчиво свежие местообитания			
Верхние части придолинных склонов и вершины невысоких холмов	332	сосняк ягодниково-липняковый; С яг. лп., бурые горно-лесные	липняково-вейниковые, вейниковые
свежие, периодически влажные местообитания			
Ровные слегка приподнятые участки водоразделов, пологие склоны	341	сосняк разнотравный; С ртр., дерново-палево-подзолистые	злаково-разнотравные, кипрейно-вейниковые

Т а б л и ц а 2

## Почвы изученных типов леса Зауральской холмисто-предгорной провинции

Индекс ТЛУ	Характеристика почв						
	название почвы	горизонт	глубина взятия, см	цвет	состав	сложение	включения
под пологом леса							
321	бурые горно-лесные	A <sub>0</sub>	0–2	мхи, слаборазложившийся опад (хвоя, листья)			
		A <sub>1</sub>	2–11	темно-серый	легкий суглинок	рыхлое	много корней, камней
		B	11–30	бурый	супесь	рассыпчатое	корни, камни, песок
		BC	30 – не более 40	бурый	песок	рассыпчатое	камни, выход породы
332	бурые горно-лесные	A <sub>0</sub>	0–3	мхи, слаборазложившийся опад (хвоя, шишки)			
		A <sub>1</sub>	3–15	темно-бурый	супесь	рассыпчатое	много корней
		B	15–35	бурый	супесь	рассыпчатое	камни
		BC	35–50	серый	песок	рыхлое	много камней
341	дерново-палево-подзолистые	A <sub>0</sub>	0–2	слаборазложившийся опад (хвоя, листья)			
		A <sub>1</sub>	2–10	темно-серый	супесь	рассыпчатое	много корней, есть угли
		A <sub>2</sub> B	10–40	буро-палевый	средний суглинок	плотное	мало корней, песка, камней
		B	40–80	темно-бурый	тяжелый суглинок	плотное	много камней
		BC	80–90	серо-бурый	супесь	плотное	много мелких камней
вырубки							
321	бурые горно-лесные	A <sub>0</sub>	0–1	мхи, слаборазложившаяся трава			
		A <sub>1</sub>	1–10	темно-серый	легкий суглинок	рыхлое	много корней
		B	10–23	бурый	супесь	рыхлое	есть корни, песок
		BC	23– не более 45	бурый	песок	рассыпчатое	много камней
332	бурые горно-лесные	A <sub>0</sub>	0–1	слаборазложившаяся трава			
		A <sub>1</sub>	1–18	темно-бурый	легкий суглинок	рыхлое	много корней и углей
		B	18–40	бурый	легкий суглинок	рыхлое	много песка и камней
		BC	40–55	бурый	легкий суглинок	рыхлое	много камней и песка
341	бурые горно-лесные	A <sub>0</sub>	0–2	слаборазложившаяся трава			
		A <sub>1</sub>	2–10	темно-серый	легкий суглинок	рыхлое	много корней и углей
		B	10–50	бурый	средний суглинок	плотное	мало корней, много песка, есть угли
		BC	50–100	серый	песок	плотное	мелкие камни

составом (табл. 2) и высокой степенью скелетности (табл. 3). Эти почвы имеют слабокислую реакцию водной вытяжки и сильнокислую реакцию солевой вытяжки, которые не меняются по горизонтам. Содержание подвижного калия (обменного) в гумусовом горизонте довольно высокое (табл. 3), но резко уменьшается вниз по профилю. Сосняки брусничниковые отличает малое видовое разнообразие высших растений, разреженный низкорослый травяно-кустарничковый ярус и обильное естественное возобновление *P. sylvestris*. Древесный ярус представлен одним видом (*Pinus sylvestris*). Березы (*Betula pubescens* Ehrh., *B. pendula* Roth) присутствуют лишь единично (табл. 4). Проективное покрытие травяно-кустарнич-

кового яруса в среднем не превышает 30%, а абсолютно сухая масса 78 г/м<sup>2</sup> (табл. 5). К диагностическим видам относятся *Vaccinium vitis-idaea* и *Antennaria dioica.*, при этом доминируют *Calamagrostis arundinacea* и *Vaccinium vitis-idaea*. В эколого-флористической классификации сосняки брусничниковые относятся к классу *Vaccinio-Piceetea* (бореальные темнохвойные и светлохвойные леса) союзу *Dicrano-Pinion* (Libbert 1933) *Matuszkiewicz* 1962.

После сплошной рубки снижаются мощность подстилки, степень ее разложения (табл. 2), в гумусовом горизонте возрастает содержание легкодоступного калия (табл. 3). Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса увеличивается в

Т а б л и ц а 3

**Некоторые физические и химические свойства гумусового горизонта изученных почв**

Индекс ТЛУ	Скелет, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Общая пористость, %	Влажность завядания, %	K <sub>2</sub> O, мг/кг	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)
почвы условно-коренных типов леса							
321	50,3	0,9	65,3	5,13	292,5	5,10	4,06
332	4,7	1,1	58,1	5,55	245,0	5,24	3,95
341	9,1	1,1	57,8	3,97	276,5	5,40	4,34
почвы вырубок							
321	36,1	1,0	59,8	5,81	459,0	5,22	4,06
332	10,3	1,0	57,4	4,09	164,5	5,16	3,89
341	2,5	0,7	71,1	13,12	1375,0	5,32	5,07

Т а б л и ц а 4

**Характеристика древесного яруса изученных условно-коренных лесов**

Шифр типа леса	Древесный вид	Доля в составе, ед.	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр на высоте 1,3 м, см	Абсолютная полнота, м <sup>2</sup> /га
С бр.	<i>Pinus sylvestris</i> L.	10	160	24	36,5	44
	<i>Betula pubescens</i> Ehrh., <i>B. pendula</i> Roth	+	120	23,5	31,8	1,5
С яг. лп.	<i>Pinus sylvestris</i> L.	10	140	25,5	35,2	30
	<i>Betula pubescens</i> Ehrh., <i>B. pendula</i> Roth	+	120	20	22,2	1
	<i>Tilia cordata</i> Mill.	+	—	10	9,5	0,5
С ртр.	<i>Pinus sylvestris</i> L.	9	150	28,9	42,4	35,5
	<i>Picea obovata</i> Ledeb.	+	80	10	9,5	0,25
	<i>Betula pubescens</i> Ehrh., <i>B. pendula</i> Roth	1	120	26,9	32,5	6,5

Т а б л и ц а 5

## Общая характеристика травяно-кустарничкового яруса изученных лесов и вырубок

Шифр типа леса	Проективное покрытие, %			Абсолютно сухая масса, г/м <sup>2</sup>			Число видов на 1 м <sup>2</sup>		
	среднее	максимум	V, %	среднее	максимум	V, %	среднее	максимум	V, %
условно коренные леса									
С бр.	29,9	67,0	67,8	78,0	195	77,5	8	14	37,7
С яг. лп.	57,6	78,0	22,2	69,7	81,6	78,0	17	21	20,0
С ртр.	86,3	100	19,5	89,8	113,1	12,6	28	31	9,3
сплошные вырубки									
С бр.	82,1	100	14,5	146,4	204,8	22,2	13	16	14,7
С яг. лп.	85,1	100	24,4	232,1	285,2	22,9	16	18	17,2
С ртр.	99,8	100	0,4	312,6	406,9	18,5	16	19	22,0

Обозначения: V – коэффициент вариации, %.

среднем до 82%, а его абсолютно сухая фитомасса – до 146 г/м<sup>2</sup> (табл. 5). Доминирующими видами становятся *Calamagrostis arundinacea*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus* и *Rubus saxatilis*.

Для верхних частей придолинных склонов и вершин невысоких холмов характерны типичные бурые горно-лесные почвы со слабой дифференциацией профиля на генетические горизонты, небольшой мощностью и легким механическим составом (табл. 2). В окраске преобладают бурые тона, интенсивность которых с глубиной ослабляется. По результатам химического анализа почвы имеют слабо кислую реакцию водной вытяжки и очень сильно кислую реакцию солевой вытяжки. Для них характерно высокое содержание легкоподвижного калия (табл. 3), которое резко убывает вниз по профилю.

В данных условиях произрастают сосняки ягодниково-липняковые. Первый ярус условно-коренных лесов представлен *Pinus sylvestris* и единичными березами (*Betula pubescens*, *B. pendula*), второй ярус формирует *Tilia cordata* Mill. (табл. 4). Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет в среднем 57,6%, а его абсолютно сухая масса – 69,7 г/м<sup>2</sup> (табл. 5). Доминируют *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea* и *Calamagrostis arundinacea*. На сплошных вырубках проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса увеличивается до 85,1%, а фитомасса – до 231,1 г/м<sup>2</sup> (табл. 5).

Сосняки ягодниково-липняковые имеют признаки класса *Vaccinio-Piceetea* (высокое постоянство *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, присутствие *Picea obovata*) и класса *Brachypodio Pinnati-Betuletea* (гемибореальных светлохвойно-мелко-

лиственных травяных мезофитных лесов Западной, Центральной Сибири и Урала) союза *Trollio europaea-Pinion sylvestris Fedorov ex Ermakov et al. 2000* (мезофитных сосново-березовых травяных лесов на плодородных и хорошо обеспеченных влагой почвах). Для этого класса характерны сомкнутый хорошо развитый разнотравный травяно-кустарничковый ярус и повышенное видовое богатство. Диагностическими видами сосняков ягодниково-липняковых являются *Vaccinium myrtillus*, *Rubus saxatilis*, *Carex digitata* и *Tilia cordata*. Возобновление сосны обыкновенной в этих типах леса более приурочено к пожарам, что приводит к появлению отдельных послепожарных поколений, в отличие от сосняков брусничниковых, где она возобновляется достаточно непрерывно.

Для ровных слегка приподнятых участков водоразделов и пологих склонов характерны оподзоленные бурые горно-лесные и дерново-палево-подзолистые почвы с большой мощностью профиля (табл. 2), малой скелетностью и довольно плотным сложением. Механический состав верхних горизонтов преимущественно супесчаный, для горизонтов В – средне- и тяжелосуглинистый, для ВС – песчаный. Дерново-палево-подзолистые почвы имеют слабокислую реакцию водной вытяжки и сильнокислую реакцию солевой вытяжки (табл. 3). Для них характерно высокое содержание легкоподвижного калия, убывающее вниз по профилю. Здесь произрастают сосняки разнотравные. В этих условиях в сосняке разнотравном по сравнению с другими типами леса наиболее выражены признаки класса *Brachypodio Pinnati-Betuletea* (гемибореальных светлохвойно-мелколиственных травяных мезофитных лесов Запад-

ной, Центральной Сибири и Урала) союза *Trollio europaea-Pinion sylvestris Fedorov ex Ermakov et al. 2000* (мезофитных сосново-березовых травяных лесов на плодородных и хорошо обеспеченных влагой почвах). Диагностическими видами класса *Brachypodio Pinnati-Betuletea* являются *Brachypodium pinnatum*, *Betula pendula*, *Hieracium umbellatum*, *Angelica sylvestris* и *Thalictrum minus*. Союз *Trollio europaea-Pinion sylvestris* диагностируют *Stellaria holostea*, *Luzula pilosa* и *Cirsium heterophyllum*. В древесном ярусе условно-коренных лесов преобладает *Pinus sylvestris*, участие *Betula pubescens*, *B. pendula* достигает 10%, единично встречается *Picea obovata* Ledeb. (табл. 4). Среднее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 86,3%, а абсолютно-сухая фитомасса – 89,6 г/м<sup>2</sup> (табл. 5). Доминируют *Calamagrostis arundinacea*, *Brachypodium pinnatum* и *Rubus saxatilis*. На сплошных вырубках проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса возрастает до 99,8%, а абсолютно-сухая фитомасса до 312,6 г/м<sup>2</sup> (табл. 5), доминируют *Calamagrostis arundinacea*, *Brachypodium pinnatum* и *Aegopodium podagraria*.

Для почв сосняка разнотравного выявлены наибольшие изменения изученных свойств гумусового горизонта после сплошной рубки. В разы возрастает влажность завядания и содержание легкодоступного калия (табл. 3).

### Начальные этапы роста *Pinus sylvestris*

Герменальная стадия, согласно классификации стадий онтогенеза сосны, разработанной

С.Н. Санниковым (1992), включает два этапа: прорастание семени и формирование проростка.

На этапе прорастания происходит набухание семени, развитие процессов дыхания, ферментативного гидролиза, транспорта и превращения резервных соединений эндосперма в конституционные вещества клеток (Физиология растений..., 2008; Санников и др., 2012). Данные процессы зависят от многих факторов. Мы выдвигаем нулевую гипотезу о существенном влиянии различий свойств почв разных типов леса и вырубок на прорастание семян сосны обыкновенной. Об интенсивности процессов мы судили по двум характеристикам: всхожести и энергии прорастания.

### Всхожесть и энергия прорастания

При анализе полученных данных выявлена хорошо выраженная тенденция (рис. 1, 2) к снижению энергии прорастания и всхожести в обобщенном топоэкологическом профиле (от сосняков брусничниковых до сосняков разнотравных), а также установлены статистически достоверные различия в энергии прорастания и всхожести сосны обыкновенной на почвах лесов и вырубок для всех изученных типов леса (табл. 6).

Для сосняка брусничникового отмечено достоверное снижение всхожести и энергии прорастания на почвах вырубок (по сравнению с почвами лесов). Для сосняков ягодниково-липнякового и разнотравного обнаружена обратная тенденция – увеличение изучаемых параметров на почвах вырубок. Однако по сравнению с контролем (выращивание на фильтровальной бумаге)

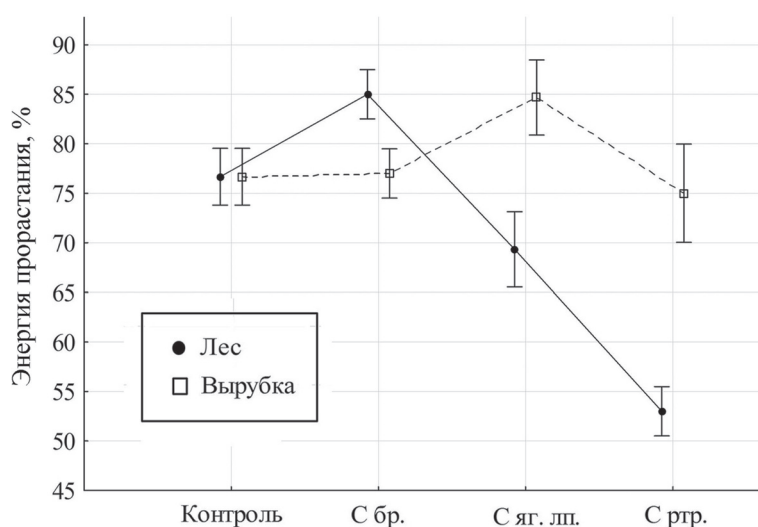


Рис. 1. Энергия прорастания семян *Pinus sylvestris* на бурых горно-лесных и дерново-палево-подзолистых почвах лесов и вырубок в различных типах леса Среднего Урала (среднее и 95 %-й интервал)

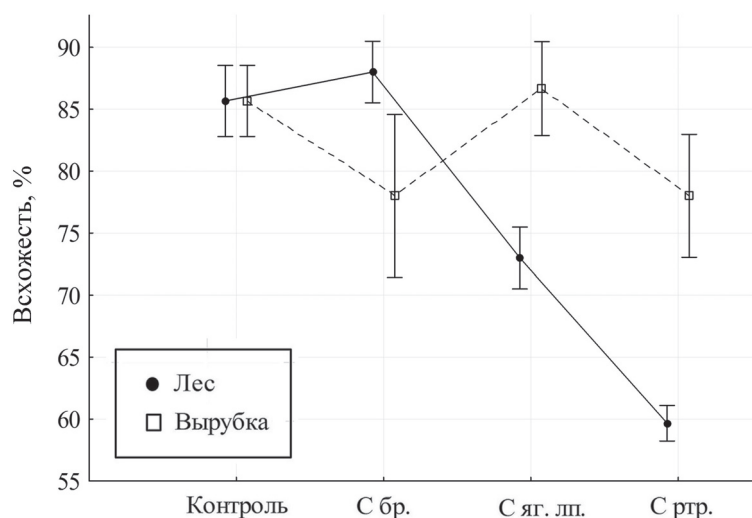


Рис. 2. Всхожесть семян *Pinus sylvestris* на бурых горно-лесных и дерново-палево-подзолистых почвах лесов и вырубок в различных типах леса Среднего Урала (среднее и 95%-й интервал)

Т а б л и ц а 6

LSD-тест сравнения энергии прорастания семян *Pinus sylvestris* на бурых горно-лесных и дерново-палево-подзолистых почвах различных лесов и вырубок Зауральской холмисто-предгорной провинции (уровень значимости  $p \leq 0,05$ )

Номер	Сукцессионный статус	Шифр типа леса	Номер						
			1	2	3	4	5	6	7
энергия прорастания									
1	Контроль	–		+	+	+	–	–	+
2	Лес	С бр.	+		+	+	+	+	–
3		С яг. лп.	+	+		+	+	+	+
4		С ртр.	+	+	+		+	+	+
5	Вырубка	С бр.	–	+	+	+		–	+
6		С яг. лп.	–	+	+	+	–		+
7		С ртр.	+	–	+	+	+	+	
всхожесть									
1	Контроль	–		–	+	+	–	+	–
2	Лес	С бр.	–		+	+	–	+	–
3		С яг. лп.	+	+		+	+	+	+
4		С ртр.	+	+	+		+	+	+
5	Вырубка	С бр.	–	–	+	+		+	–
6		С яг. лп.	+	+	+	+	+		+
7		С ртр.	–	–	+	+	–	+	

П р и м е ч а н и е: «+» – различия статистически достоверны.

статистически достоверное увеличение всхожести не выявлено ни на одной из изученных почв. Для энергии прорастания статистически достоверное увеличение по сравнению с контролем выявлено только для бурых горно-лесных почв брусничного типа леса и вырубок ягодниково-липнякового типа леса.

### Формирование проростка

На этапе формирования проростка происходит рост корешка, разворачивание семядолей и форми-

рование терминальной почки, которые обеспечивают физиологические процессы, начинающиеся на данном этапе (поглощение воды корнем, транспирация и фотосинтез) (Санников и др., 2012). Очевидно, что размерные характеристики имеют решающее значение для выживания и нормального функционирования проростков.

Д л и н а к о р е ш к а. Установлено статистически значимое (по сравнению с контролем) ингибирование роста корешка проростков на бурых горно-лесных и дерново-палево-подзоли-

Таблица 7

**LSD-тест сравнения размерных характеристик проростков *Pinus sylvestris*, выращенных на бурых горно-лесных и дерново-палево-подзолистых почвах разных лесов и вырубок Зауральской холмисто-предгорной провинции (уровень значимости  $p \leq 0,05$ )**

Номер	Сукцессионный статус	Шифр типа леса	Номер						
			1	2	3	4	5	6	7
длина корешка									
1	контроль	–		+	+	+	+	+	+
2	лес	С бр.	+		+	+	+	+	+
3		С яг. лп.	+	+		+	+	+	–
4		С ргр.	+	+	+		+	–	+
5	вырубка	С бр.	+	+	+	+		+	+
6		С яг. лп.	+	+	+	–	+		+
7		С ргр.	+	+	–	+	+	+	
длина гипокотилия									
1	контроль	–		+	+	+	+	+	+
2	лес	С бр.	+		–	+	–	+	+
3		С яг. лп.	+	–		+	–	+	+
4		С ргр.	+	+	+		+	–	–
5	вырубка	С бр.	+	–	–	+		+	+
6		С яг. лп.	+	+	+	–	+		–
7		С ргр.	+	+	+	–	+	–	
длина семядоли									
1	контроль	–		+	+	+	+	+	–
2	лес	С бр.	+		–	+	+	+	+
3		С яг. лп.	+	–		+	+	+	+
4		С ргр.	+	+	+		+	–	+
5	вырубка	С бр.	+	+	+	+		–	+
6		С яг. лп.	+	+	+	–	–		+
7		С ргр.	–	+	+	+	+	+	

Примечание: «+» - различия статистически достоверны.



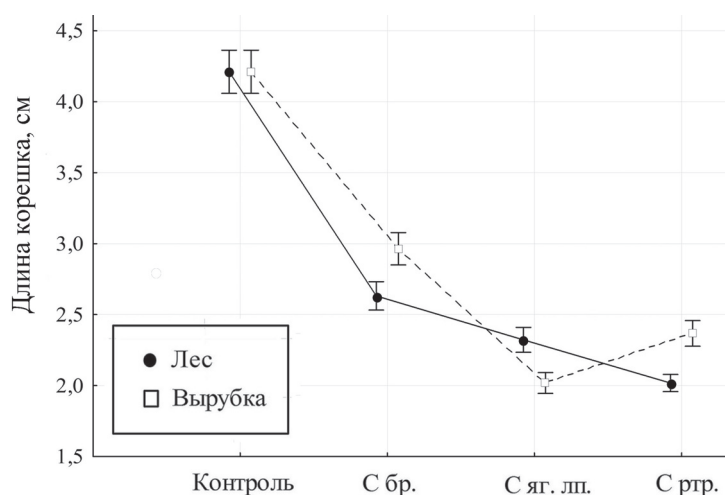


Рис. 3. Длина корешка проростков *Pinus sylvestris* на бурых горно-лесных и дерново-палево-подзолистых почвах лесов и вырубок в различных типах леса Среднего Урала (среднее и 95%-й интервал)

стых почвах всех изученных типов леса и вырубок (рис. 3, табл. 7). В обобщенном топоэкологическом профиле от сосняка брусничникового до сосняка разнотравного также выявлено статистически достоверное снижение величины корешка проростков. Для брусничникового и разнотравного типов леса длина корешка в варианте «лес» достоверно меньше, чем в варианте «вырубка». Максимальный рост корешка отмечен в контроле, минимальный – на дерново-палево-подзолистой почве сосняка разнотравного.

**Длина гипокотиля.** С помощью LSD-теста (рис. 4, табл. 7) установлено статистически значимое по сравнению с контролем увеличение размера гипокотиля проростков *Pinus sylvestris* на почвах лесов и вырубок. Максимальные показатели длины гипокотиля выявлены на бурых горно-лесных почвах сосняка брусничникового, минимальные – на почвах вырубки сосняка разнотравного. Для брусничникового и ягодниково-липнякового типов леса выявлено достоверное уменьшение длины гипокотиля у проростков, выращенных на почвах вырубок по сравнению с выращенными на лесных почвах между лесом и вырубкой.

**Длина семядоли** (рис. 5, табл. 7). В сравнении с контролем на почвах условно-коренных лесов установлено статистически значимое увеличение размера семядолей сосны обыкновенной. Для вырубок отмечена более сложная зависимость. Максимальный размер семядолей выявлен на почвах сосняка ягодниково-липнякового, минимальный – на почвах вырубки сосняка разнотравного. Для всех изученных типов леса длина семядоли *Pinus sylvestris* на почвах условно-коренных лесов достоверно больше, чем на выруб-

ках. Таким образом, сплошные рубки изменяют свойства бурых горно-лесных и дерново-палево-подзолистых почв в сторону, неблагоприятную для роста семядоли проростков сосны обыкновенной.

### Заключение

Успех программы восстановления леса во многом зависит от выживаемости древесных растений в первые годы жизни. Поскольку в природных условиях действуют многочисленные факторы, наиболее достоверные выводы могут быть получены только в условиях контролируемого эксперимента. Проведенные нами опыты лабораторного выращивания *Pinus sylvestris* на бурых горно-лесных и дерново-палево-подзолистых почвах различных типов леса и соответствующих им вырубок Зауральской холмисто-предгорной провинции позволили получить новые данные об особенностях прорастания семян и формирования проростков этого лесообразователя, а также выявить оптимальные и пессимальные условия.

Наибольшие изменения рассмотренных физических и химических свойств гумусового горизонта почв после сплошных рубок выявлены для сосняка разнотравного. Однако при использовании LSD-теста установлены статистически значимые различия энергии прорастания и всхожести семян, а также размерных характеристик проростков сосны обыкновенной (длины корешка, гипокотиля, семядоли) на почвах лесов и вырубок для всех изученных типов леса. На почвах вырубок, по сравнению с условно-коренными лесами, изменения энергии прорастания и всхожести семян *Pinus sylvestris* носят разнонаправленный характер. Для всех типов леса вы-

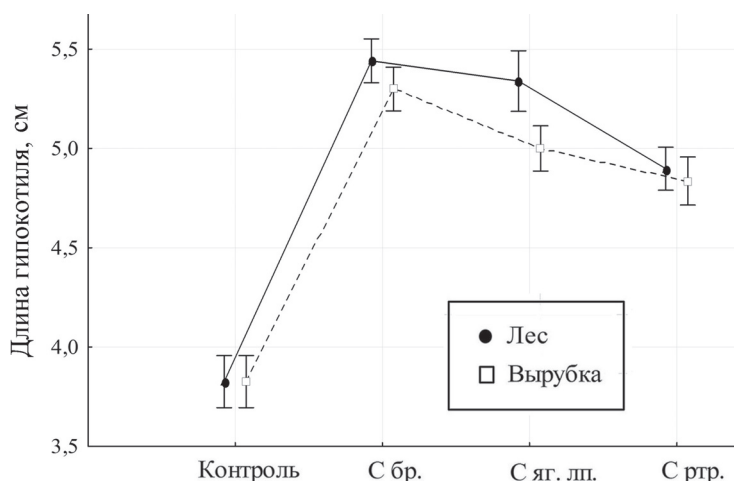


Рис. 4. Длина гипокотиля проростков *Pinus sylvestris* на бурых горно-лесных и дерново-палево-подзолистых почвах лесов и вырубок в различных типах леса Среднего Урала (среднее и 95%-й интервал)

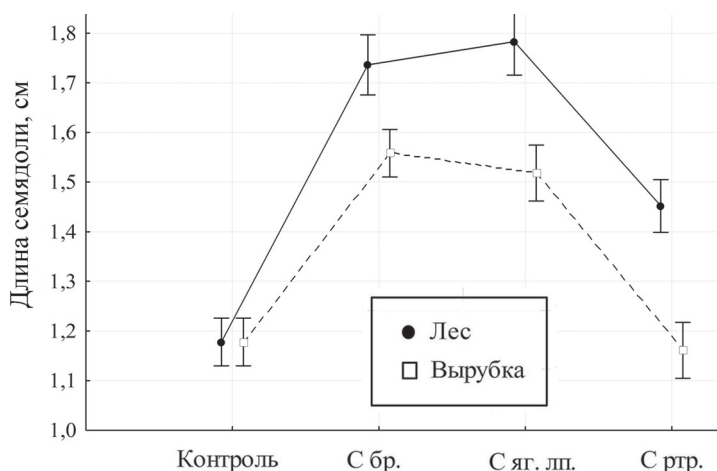


Рис. 5. Длина семядоли проростков *Pinus sylvestris* на бурых горно-лесных и дерново-палево-подзолистых почвах лесов и вырубок в различных типах леса Среднего Урала (среднее и ошибка 95%-й интервал)

явлено достоверное снижение длины семядоли проростков. Установлено, что для возобновления сосны обыкновенной наиболее благоприятны бурые горно-лесные почвы брусничникового типа леса, наименее благоприятны – почвы вырубок разнотравного типа леса.

Результаты проведенных исследований вносят значимый вклад в понимание экологии сосны

обыкновенной и особенностей ее естественного возобновления под пологом древостоев и на вырубках. Выявленные закономерности объясняют успех и неудачи естественного и искусственного лесовозобновления на сплошных вырубках в разных типах леса. Их необходимо учитывать в природо-лесоохранном и лесохозяйственном планировании.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Ботанического сада УрО РАН

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### [REFERENCES]

Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970. 487 с. [Arinushkina E.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv. M., 1970. 487 s.].  
 Боровиков В.П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA. М., 2013. 288 с. [Borovikov V.P. Populyarnoe vvvedenie v sovremennyy analiz dannykh v sisteme STATISTICA. M., 2013. 288 s.].

Межгосударственный стандарт 13056.6-97 Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести. М., 1998. 39 с. [Mezhgosudarstvennyi standart 13056.6-97 Semena derev'ev i kustarnikov. Metody opredeleniya vskhozhesti. M.: izd-vo standartov, 1998. 39 s.].  
 Залесов С.В., Луганский Н.А. Повышение продуктивности сосновых лесов Урала. Екатеринбург, 2002. 331 с.

- [Zalesov S.V., Luganskii N.A. Povyshenie produktivosti sosnovykh lesov Urala. Ekaterinburg, 2002. 331 s.]
- Золотова Е.С., Иванова Н.С. Лесотипологическое исследование вырубок Зауральской холмисто-предгорной провинции // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 1(4). С. 1016–1019 [Zolotova E.S., Ivanova N.S. Lesotipologicheskoe issledovanie vyrubok Zaural'skoi kholmisto-predgornoi provintsii // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2012. T. 14. № 1(4). S. 1016–1019].
- Иванова Н.С., Золотова Е.С. Биоразнообразие условно-коренных лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/107-8563> [Ivanova N.S., Zolotova E.S. Bioraznoobrazie uslovno-korennykh lesov Zaural'skoi kholmisto-predgornoi provintsii // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/107-8563>].
- Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Практическое руководство. Свердловск, 1973. 176 с. [Kolesnikov B.P., Zubareva R.S., Smolonogov E.P. Lesorastitel'nye usloviya i tipy lesov Sverdlovskoi oblasti. Prakticheskoe rukovodstvo. Sverdlovsk, 1973. 176 s.]
- Лабораторно-практические занятия по почвоведению: учебное пособие. СПб., 2009. 320 с. [Laboratorno-prakticheskie zanyatiya po pochvovedeniyu: uchebnoe posobie. SPb., 2009. 320 s.]
- Луганский Н.А. Главные природные факторы возобновления леса // Теория лесообразовательного процесса. Красноярск, 1991. С. 85–87 [Luganskii N.A. Glavnye prirodnye faktory vozobnovleniya lesa // Teoriya lesoobrazovatel'nogo protsessa. Krasnoyarsk, 1991. S. 85–87].
- Розанов Б.Г. Морфология почв. М., 2004. 432 с. [Rozanov B.G. Morfologiya pochv. M., 2004. 432 s.]
- Санников С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. М., 1992. 264 с. [Sannikov S.N. Ekologiya i geografiya estestvennogo vozobnovleniya sosny obyknovlennoi. M., 1992. 264 s.]
- Санников С.Н., Санникова Н.С., Петрова И.В. Очерки по теории лесной популяционной биологии. Екатеринбург, 2012. 272 с. [Sannikov S.N., Sannikova N.S., Petrova I.V. Ocherki po teorii lesnoi populyatsionnoi biologii. Ekaterinburg, 2012. 272 s.]
- Физиология растений. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: конспект лекций / В.М. Гольд, Н.А. Гаевский, Т.И. Голованова [и др.] – Электрон. Данд (2 Мб). Красноярск, 2008. URL: [files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/165/u\\_lectures.pdf](http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/165/u_lectures.pdf). [Fiziologiya rastenii. Versiya 1.0 [Elektronnyi resurs]: konspekt lektzii / V.M. Gol'd, N.A. Gaevskii, T.I. Golovanova [i dr.] – Elektron. Dand (2 Mb). Krasnoyarsk, 2008. URL: [files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/165/u\\_lectures.pdf](http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/165/u_lectures.pdf)].
- Фирсова В.П. Почвы таежной зоны Урала и Зауралья. М., 1977. 176 с. [Firsova V.P. Pochvy taezhnoi zony Urala i Zaural'ya. M.: Nauka, 1977. 176 s.]
- Фирсова В.П., Ржанникова Г.К. Почвы южной тайги и хвойно-широколиственных лесов Урала и Зауралья // Лесные почвы южной тайги Урала и Зауралья: Тр. ИЭРиЖ УНЦ АН СССР. Свердловск, 1972. Вып. 85 С. 3–87 [Firsova V.P., Rzhannikova G.K. Pochvy yuzhnoi taigi i khvoino-shirokolistvennykh lesov Urala i Zaural'ya // Lesnye pochvy yuzhnoi taigi Urala i Zaural'ya: Tr. IER-iZh UNTs AN SSSR. Sverdlovsk, 1972. Vyp. 85 S. 3–87].
- Grossnickle S.C. Why seedlings survive: Influence of plant attributes // New Forests. 2012. Vol. 43. № 5–6. P. 711–738.
- Leak M.A., Parker V.T., Simpson R.L. Seedling Ecology and Evolution. N.Y., 2008. 536 p.
- Maiti R., Rodriguez H., Ivanova N. Autoecology and Eco-physiology of Woody Plants: Fundamental Concepts and their Applications. Wiley, 2016. P. 420.

Поступила в редакцию / Received 28.02.2017  
Принята к публикации / Accepted 10.01.2018

## INITIAL STAGES OF PINE GROWTH ON FOREST AND CUTTING SOIL IN TRANS-URAL HILLYPIDMONT PROVINCE OF MIDDLE URALS

M.V. Ermakova<sup>1</sup>, N.S. Ivanova<sup>2</sup>, E.S. Zolotova<sup>3</sup>

We conducted a controlled laboratory experiment on growing of *Pinus sylvestris* L. on soil of different types of forests and clear cuts in Zauralsky (Trans-Ural) hilly piedmont province. We studied the effect of brown mountain-forest and soddy-pale-yellow-podzolic soil of forests and clear cuts on seed germination and seedling formation of *Pinus sylvestris* L. We found statistically significant differences in germinations energy, germination and dimensional characteristics of pine seedlings grown on soil of different types of forest. Successional status (forest – clear-cutting). has the greatest impact on the cotyledons length. We found that the most favorable for the regeneration of *Pinus sylvestris* are brown mountain-forest soil of cowberry shrub pine forest type, the least favorable – soil of clear-cuttings in grass pine forest type.

**Key words:** *Pinus sylvestris* L., seedlings, forest type, forest soil, cutting, Ural.

**Acknowledgement.** The work was carried out within the Framework of the state task of the Russian Academy of Sciences, Ural Branch: Institute Botanic Garden.

<sup>1</sup> Ermakova Maria Victorovna, Russian Academy of Sciences, Ural Branch: Institute Botanic Garden (m58\_07e@mail.ru); <sup>2</sup> Ivanova Natalia Sergeevna, Russian Academy of Sciences, Ural Branch: Institute Botanic Garden (i.n.s@bk.ru); <sup>3</sup> Zolotova Ekaterina Sergeevna, Russian Academy of Sciences, Ural Branch: Institute Botanic Garden (afalinakate@gmail.com).