

ОРИГИНАЛЬНЫЕ
СТАТЬИ

УДК 630*232(571.55)

**ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГОВОГО
И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВОВ В ЗЕЛЕННОЙ ЗОНЕ г. ЧИТЫ
НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ***

© 2013 г. И. Л. Вахнина, Л. В. Замана

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН
672014 г. Чита, ул. Недорезова, 16а
E-mail: vahnina_il@mail.ru*

Поступила в редакцию 05.02.2007 г., после доработки – 18.07.2012 г.

Приведены результаты опытов по проращиванию семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), собранных с лесной территории в окрестностях г. Читы, при увлажнении снеговой водой и в почве. Установлено, что концентрации химических элементов в снеговом покрове с загрязненных территорий вызывают достоверное увеличение энергии прорастания семян. Многолетнее накопление загрязняющих веществ в почвенном покрове, в первую очередь тяжелых металлов и особенно свинца и цинка, приводит к снижению их всхожести.

Сосна обыкновенная, энергия прорастания, всхожесть, загрязнение, почва, снег, зеленая зона.

Изучение влияния загрязнения окружающей среды на функционирование генеративной сферы на разных этапах формирования древесных растений (от всхожести семян до формирования репродуктивных органов) позволяет определить потенциальные возможности естественного возобновления и сохранения лесов в условиях зеленых зон городов. К основным компонентам природной среды, депонирующим загрязняющие вещества, относится почвенный покров. От года к году он аккумулирует атмосферные выпадения, адсорбируя химические соединения непосредственно из воздуха и при поглощении атмосферных осадков. Изменяются химический состав и кислотность почв, повышаются концентрации не только биофильных (азот, калий, фосфор и др.), но и токсичных элементов, особенно тяжелых металлов. При этом биологическая доступность жизненно важных для растений элементов может как снижаться, так и повышаться.

К депонирующим средам относится также снеговой покров [23], поэтому изучение распределения загрязняющих веществ в снеге широко используется при оценках экологического состояния городских территорий. В снеговой воде кон-

центрации химических элементов, содержащихся в атмосферных выбросах, существенно выше, чем в дождевых осадках. Фильтрация талых вод в почву не только приводит к накоплению загрязняющих веществ в почвенных горизонтах, но и может напрямую влиять на прорастание семян растений.

На территории зеленой зоны г. Читы преобладающей древесной породой является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). К настоящему времени накоплен обширный материал, освещающий влияние как природных, так и техногенных факторов на качественные и количественные характеристики генеративных показателей сосны [12, 17, 19, 22 и др.]. По результатам исследований качество семян, как и другие параметры генеративной сферы, связано с генетическими особенностями материнских древостоев и зависит от комплекса экологических факторов внешней среды. Из видовых особенностей сосны обыкновенной отмечается высокая абсолютная всхожесть семян в разных географических районах. В природных условиях Забайкалья она изменяется от 65 до 81% [27], для территории г. Читы получены более высокие показатели – 96% (95,6±2,9%) [2]. По нашим данным, всхожесть семян сосны, собранных с фоновых участков в районе города, несколько ниже и в зависимости от погодных-климатических

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (11-04-98013-р_сибирь_а).

условий в период закладки варьирует от 87 до 94%, а энергия прорастания – от 87 до 95% [5].

Воздействие неблагоприятных факторов как природного, так и техногенного характера повышает амплитуду варьирования, в том числе и качественных показателей семян. По данным многочисленных исследований, под влиянием загрязнения происходит подавление репродуктивной деятельности как на этапе формирования генеративных органов сосны, так и при прорастании семян [4, 5, 8, 17, 24–26, 31 и др.]. В публикациях достаточно широко рассматривается токсическое действие тяжелых металлов, из которых особое внимание уделяется таким элементам, как свинец, цинк, хром, кадмий и др. [7, 11, 13, 14, 19–30 и др.]. Исследования по большей части были направлены на выявление взаимосвязи концентраций элементов в системе “почва–растение”, выяснение их пороговых значений. Имеется ряд публикаций по изучению влияния кислотно-щелочной реакции среды на прорастание семян сосны, но они содержат разноречивые сведения, в целом сводящиеся к выводам об эврибионтности семян по отношению к кислотности почв во время прорастания. В некоторых работах в качестве универсального метода оценки фитотоксических свойств почв, позволяющего определить возможный эффект совместного воздействия разных токсикантов, рекомендуют проводить биотестирование проращиванием семян основных лесобразующих пород, характерных для исследуемого экотопа [15, 16].

Учитывая значение поверхностного слоя почвы для прорастания семян и формирования корневой системы всходов, нами проведены опыты по проращиванию семян сосны обыкновенной с хорошими посевными качествами, собранных на участках с различным уровнем загрязнения на территории зеленой зоны г. Читы, при увлажнении снеговой водой и в почвенном субстрате.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Зеленая зона г. Читы (52° с.ш. и 113°30' в.д.) частично расположена в Читино-Ингодинской долине, частично занимает склоны хребтов Яблоновый (с северо-запада) и Черского (с юго-востока). Растительность территории представлена преимущественно чистыми сосновыми насаждениями рододендроновой группы типов леса [21]. Характерными особенностями почв района исследований, по данным Н.А. Ногиной [20], является укороченность почвенного профиля, маломощность гумусового горизонта, легкий гранулометрический состав. На склонах хребтов

под листовыми и сосновыми лесами формируются преимущественно горные мерзлотно-таежные почвы [1].

По данным многолетнего мониторинга состояния окружающей среды, Чита входит в список городов России с наиболее высоким уровнем загрязнения воздушного бассейна, что вызвано, с одной стороны, выбросами предприятий и автотранспорта, с другой – климатическими и орографическими особенностями территории, которые препятствуют рассеиванию аэрополлютантов. В результате на территории города и прилегающих к ней лесных массивов формируется высокий уровень загрязнения снежного покрова и почв.

При определении уровня загрязнения территории нами учитывались данные по суммарному показателю загрязнения (СПЗ) [6], который отражает превышение концентраций загрязняющих веществ над фоновым уровнем. Для г. Читы и прилегающих территорий СПЗ почв был рассчитан по 28 химическим элементам (свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, цинк, фосфор и др.), для снега – по 20 элементам. В фоновых условиях СПЗ не превышает 64 единиц (допустимая категория).

Сборы снежного покрова и почв для исследований выполнены в сосновом массиве, непосредственно примыкающем к застроенной территории на восточной окраине г. Читы, где СПЗ снежного покрова превосходит пороги чрезвычайно опасной и экстремальной категорий, составляя, соответственно, 257 и 769 единиц. Древостой представлен сосняком разнотравным 100–120-летнего возраста. Деревья имеют ярко выраженные изменения морфофизиологических параметров, которые визуальным образом выражаются в высокой дефолиации крон (50–60% и более) с преобладанием суховершинного типа. Точки отбора проб почв и снега удалены более чем на 200 м от автодороги. Снег взят перед началом снеготаяния (середина марта), пробы почв – после схода снежного покрова в конце апреля. Контрольная проба снега отобрана с условно фонового участка в сосновом массиве на удалении около 20 км от города. Фоновый участок не попадает под преобладающий ветровой перенос со стороны города. Древостой здесь без видимых признаков повреждения, характеризуется регулярным типом дефолиации, когда снижение охвоения происходит равномерно по всей кроне, не выше 30%, что характеризует его как здоровый [3].

Химические анализы проб снега и почв выполнены в аттестованной на проведение таких работ химико-аналитической лаборатории Института природных ресурсов, экологии и криологии СО

РАН широко применяющимися на практике методами. Катионы и металлы определяли атомно-абсорбционным методом, анионы – потенциометрическим титрованием с соляной кислотой (CO_2 и HCO_3^-), турбидиметрическим методом с сульфатом бария (SO_4^{2-}), потенциометрическим методом с ионоселективными электродами (рН, F^- и Cl^-). Для калибровки приборов и контроля точности использовали стандарты (ГСО), которые поставлялись лицензированными фирмами. Погрешности измерений соответствовали требованиям ГОСТ 27384-2002.

Использованная в опытах мерзлотно-таежная почва по гранулометрическому составу представлена легкой супесью, сформированной на песчаных отложениях высоких аллювиальных террас. Почвенные образцы отбирали из верхнего гумусового горизонта с глубины 1–3 см из-под подстилки, где в природных условиях происходит прорастание семян. В качестве субстрата для контрольной пробы служил кварцево-полевошпатовый песок, промытый в дистиллированной воде. Семена при проращивании на данном субстрате реализуют заложенный потенциал всхожести без дополнительного действия на них химических соединений, поступающих в результате выщелачивания из самого субстрата.

Для опытов брали семена сосны обыкновенной, предназначенные для посадки в питомнике. Посевные качества семян соответствовали требованиям ГОСТ 14161-86 (класс качества I, чистота не менее 92%). Проращивание проводилось в лабораторных условиях в чашках Петри в соответствии с ГОСТ 13056.6-97. Для определения влияния загрязнения снегового покрова на всхожесть семян раскладывались на дисках из вафельной ткани, увлажняемых снеговой водой. Контролем служили образцы, орошаемые снеговой водой с фоновой территории. С пробами снеговой воды, отобранными на пригородных участках, проведено по два опыта, на фоновом участке – один. Каждый опыт выполнялся в четырех повторностях. По результатам проращивания рассчитывали абсолютную всхожесть (отношение числа проросших семян к общему числу семян, взятых для проращивания, выраженное в процентах) и энергию прорастания (способность семян быстро и одновременно прорасти). Для сосны показателем всхожести служит процент семян, давших нормально развитые проростки на 15-е сутки от начала проращивания, а энергии прорастания – на 7-е сутки. В связи с тем, что в стандартные сроки наблюдения проросли не все семена, период наблюдений был продлен на три дня, что предусмотрено ГОСТ. После истечения

нормативного срока определялось число не взшедших семян.

При оценке влияния многолетних почвенных загрязнений на всхожесть семена сосны проращивались на почвенном субстрате, увлажняемом снеговой водой с соответствующего участка. Контрольная проба смачивалась снеговой водой с фонового участка. Опыты проведены также в четырех повторностях. Всходы обследовали каждые 2 дня. Семена проращивали в одинаковых условиях влажности при температуре 20–22 °С с ежедневным контролем увлажнения.

Сравнение результатов по вариантам опыта проводилось с использованием *t*-критерия Стьюдента. По данным статистической обработки расхождения между повторностями в каждой пробе не превышали допустимых в соответствии с ГОСТ отклонений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Химический анализ проб снеговой воды (табл. 1) показал заметное отличие ее на загрязненных участках не только в сравнении с фоновой территорией (проба № 3), но и между собой. Наиболее показательны увеличение общей минерализации и концентрации гидрокарбонат-иона и вызванный ростом гидрокарбонатной щелочности переход величины рН из кислой в слабощелочную область. В составе анионов на фоновом участке в эквивалентном выражении гидрокарбонатный ион находится практически в равном соотношении с хлоридом, по мере роста загрязнения доля его растет и в пробе 1 он становится единственным значимым для определения химического состава. Судя по окисляемости, в атмосферных выбросах содержится значительное количество органического вещества, которое и служит источником HCO_3^- в снеге в условиях загрязнения. Среди катионов во всех случаях доминирует кальций.

Проращивание семян при увлажнении снеговой водой (табл. 2) показало, что уже в первый учетный день число семян, образовавших нормально развитые проростки, в контрольном варианте было на $13.9 \pm 1,8\%$ меньше, чем в опытах со снеговой водой с загрязненных участков. При этом расчет критерия Стьюдента не выявил достоверных различий с контролем (табл. 3). По ходу эксперимента число проросших семян в разных опытах постепенно выравнивалось и на седьмые сутки от начала проращивания составило от 78.6% (опыт 2.2) до 81.6% (опыт 2.1) при 71.4% в контрольной пробе. Хотя разница средних значений с контролем сократилась до $9.1 \pm 0.66\%$,

Таблица 1. Химический состав снега в пригородной зоне г. Читы

Номер пробы	pH	CO ₂	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	F ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Окисляемость	Сумма ионов
1	7.31	17.6	173.2	30.6	20.0	0.6	70.0	5.8	5.1	14.4	13.9	299.5
2	7.20	11.4	74.4	21.6	17.8	0.5	35.5	1.7	3.9	5.0	8.0	159.4
Контрольный участок	5.66	38.7	24.9	14.1	14.1	0.13	16.2	0.4	1.3	1.1	0.33	60.6

Примечание. Содержание ионов – мг · л⁻¹.

Таблица 2. Результаты проращивания семян при увлажнении снеговой водой (приведены средние значения по 4 повторностям), %

Номер опыта	Проращивание по суткам						Энергия проращивания	Абсолютная всхожесть
	3-и	5-е	7-е	10-е	15-е	18-е		
1.1	39.0±3.1	33.0±2.4	8.8±2.8	2.3±0.5	1.3±0.6	4.3±1.7	80.8±2.7	93.7±2.1
1.2	34.0±5.0	39.0±1.7	8.0±1.9	2.0±0.9	0.8±0.8	5.0±1.5	81±3.0	95.3±1.4
2.1	35.5±0.3	42.3±1.4	3.8±0.3	3.8±0.5	1.0±0.4	3.0±1.1	81.6±1.8	96.9±0.4
2.2	30.3±6.7	32.8±2.4	15.5±4.4	6.3±1.6	2.5±0.6	5.3±1.9	78.6±3.5	96.6±1.6
Контроль	20.8±4.4	33.8±1.3	16.8±2.8	5.8±2.3	2.5±1.0	9.3±1.0	71.4±2.7	93.7±0.6

Примечание. $X \pm m$ – среднее значение и его ошибка.

Таблица 3. Сравнение результатов проращивания семян по *t*-критерию Стьюдента

Номер опыта	Значения <i>t</i> -критерия		
	первый учетный день (3-и сутки)	энергия проращивания (7-е сутки)	абсолютная всхожесть (18-е сутки)
1.1	2.3	2.88*	0
1.2	1.5	2.82*	1.43
2.1	2.0	3.34*	2.3
2.2	0.68	2.0	2.12

* Достоверные различия с контрольным вариантом при уровне значимости $p < 0.05$.

различия по отношению к контролю, за исключением опыта 2.2, достоверны.

К концу срока наблюдений число семян, образовавших нормально развитые проростки, между разными опытами выровнялось. Абсолютная всхожесть составила от 93.7% (опыт 1.1) до 96.9% (опыт 2.1) при 93.7% в контрольном варианте. Таким образом, в опытах с загрязненным снегом всхожесть оказалась на 3.2% выше, чем на контрольном участке. Следовательно, концентрации химических элементов, накопленные в снеговом покрове за зимний период, не повлияли отрицательно на всхожесть семян, а, напротив, привели к некоторому ускоренному образованию проростков в первые дни эксперимента и достоверному увеличению энергии проращивания.

Иные результаты получены при проращивании семян в почвенном субстрате. Учет всходов, на-

чавшийся через десять дней после высадки, показал, что число семян, проросших в контрольной пробе, достоверно выше по сравнению с другими вариантами (табл. 4). Такая тенденция прослеживалась в течение всего периода наблюдений. Более высокая интенсивность образования всходов в контрольной пробе привела к сокращению периода проращивания, которое завершилось в течение 17 суток, в то время как по другим пробам всходы фиксировались на 19-е (вариант 1) и 21-е (вариант 2) сутки проращивания. По результатам эксперимента общее число взшедших семян в почвенном субстрате с загрязненных участков оказалось почти в 2 раза ниже, чем в контрольной пробе.

По химическим характеристикам водных вытяжек поверхностный почвенный горизонт на рассматриваемых участках (табл. 5) близок по

Таблица 4. Результаты проращивания семян в загрязненной почве (опыты 1 и 2) и песке (контрольный вариант), %

Номер опыта	Дни учета						Всего всходов	<i>t</i> -критерий
	1-й	3-й	5-й	7-й	9-й	11-й		
1	5.5±1.2	5.5±1.8	7.8±1.6	10.9±0.7	4.7±0.7	0	34.4±2.9	-7.41*
2	8.6±1.5	6.3±1.4	6.3	7.0±1.5	4.7±0.7	0.8±0.6	33.6±4.1	-5.66*
Контроль	12.5±1.9	13.3±2.0	23.4±0.7	15.6±1.7	0	0	64.7±1.2	-

* Достоверные различия с контрольным вариантом при уровне значимости $p < 0.05$. $X \pm m$ – среднее значение и его ошибка.

Таблица 5. Макрокомпонентный состав водных вытяжек

Номер пробы	pH	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	F ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сумма
1	7.8	2.4	125.5	<2.4	12.6	0.12	25.4	4.4	5.2	20,0	195.6
2	7.1	3.0	100.6	<2.4	21.6	0.32	30.3	5.7	8.1	13.5	183.1

Примечание. Содержание ионов – мг · л⁻¹.

составу к снеговой воде. Исключение составляют низкие концентрации сульфат-иона, который, судя по представленным данным, в почве не задерживается, тогда как калий, напротив, накапливается за счет атмосферных эмиссий. Значения pH, как и в загрязненном снеге, выше 7.0, но не выходят за пределы диапазона кислотности почвы при проращивании сосны в природных условиях. По обобщенным данным [9], они могут варьировать от 2.8 до 8.2, что объясняется широкой эврибионтностью сосны, обусловленной изменениями в механизмах адаптации в зависимости от географического положения ее климатипов. Исходя из приведенных результатов по проращиванию при увлажнении снеговой водой, такие физико-химические характеристики почвенных вытяжек не являются причиной низкой всхожести семян в опытах.

Как отмечено выше, для растений токсичны повышенные содержания в почвах тяжелых металлов. В наших опытах использованы почвы со следующими концентрациями подвижных форм тяжелых металлов, извлеченных, по принятой методике [18], аммонийно-ацетатным раствором при pH 4.8 (мг·кг⁻¹): марганца – 24.5, меди – 48.1, цинка – 57.4, свинца – 209.3, кобальта – 1.6, никеля – 0.2. Из перечисленных металлов цинк и свинец, согласно ГОСТ 17.4.1.01-83, относятся к 1 классу опасности, концентрации их существенно выше, чем, к примеру, среднее содержание в верхнем горизонте серых лесных почв парковых зон г. Иркутска – соответственно, 23.8 и 23.9 мг · кг⁻¹ [29]. Экспериментально установлена высокая чувствительность сосны к воздействию относительно низких концентраций цинка

(50–150 мкмоль · кг⁻¹), проявляющаяся, в том числе, в снижении всхожести семян [10]. В нашем случае содержание подвижного цинка в почве существенно выше (880 мкмоль · кг⁻¹). Очевидно, накопление в почве тяжелых металлов служит основным фактором, оказавшим ингибирующее действие на всхожесть семян сосны в опытах. Аналогичное воздействие должно проявляться и в природных условиях.

Процесс лесовозобновления на территориях зеленых зон городов зависит от многих факторов, важным из которых, несомненно, является загрязнение окружающей среды, но для оценки и прогнозов естественного лесовозобновления важно также качество самих семян, формирующихся в условиях атмосферного загрязнения занятой древостоями территории. С этой целью нами на Читинской лесосеменной станции было выполнено определение всхожести и энергии прорастания семян, отобранных с деревьев в пределах тех же контуров СПЗ, где ранее были взяты пробы почв и снежного покрова. Результаты показали, что при существующем уровне загрязнения на всей территории зеленой зоны г. Читы формируются, тем не менее, семена, соответствующие I классу качества. Всхожесть их варьировала от 83 до 99%, а энергия прорастания – от 69 до 96% в зависимости от года созревания шишек [4, 5]. Наряду с этим было установлено, что исследуемые показатели зависят от погодно-климатических характеристик в период закладки генеративных органов. На фоне засушливых погодных условий, наблюдаемых в начальный период формирования семян, отмечается достоверное (по сравнению с контролем) снижение энергии прорастания у

семян с деревьев, произрастающих непосредственно в зоне техногенного воздействия, в то время как для семян, сформированных при более благоприятных погодных условиях, различия не выявляются. Для абсолютной всхожести данной закономерности не выявлено.

Заключение. Проведенные опыты показали, что при существующем уровне загрязнения зеленой зоны г. Читы накопленные в снеговом покрове в течение зимнего сезона химические компоненты вызывают достоверное увеличение энергии прорастания семян. В то же время высокие концентрации токсикантов в поверхностном слое почвы замедляют появление всходов и существенно снижают всхожесть семян сосны. Следовательно, загрязнение почв может быть одним из главных факторов, снижающих естественное лесовозобновление на территории зеленой зоны. Этот негативный эффект в какой-то степени может сглаживаться хорошим качеством семян, формирующихся у сосны при благоприятных климатических условиях, несмотря на довольно высокий уровень атмосферного загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Читинской области и Агинского Бурятского автономного округа. М.: Изд-во ЗабГГПУ, 1997. 48 с.
2. Бобринев В.П. Семеношение сосны и лиственницы в Восточном Забайкалье // Лесоведение. 1985. № 4. С. 62–65.
3. Вахнина И.Л. Состояние сосновых насаждений в лесопарковой зоне города Читы // Вестник КрасГАУ. 2008. № 4. С. 163–167.
4. Вахнина И.Л. Всхожесть и энергия прорастания семян сосны в связи с лесовозобновлением в условиях техногенного загрязнения // Матер. конф. “Эволюция биогеохимических систем (факторы, процессы, закономерности) и проблемы природопользования” (27–30 сентября 2011 г., г. Чита, Россия). Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2011. С. 125–128.
5. Вахнина И.Л. Эколого-биологическое состояние *Pinus sylvestris* L. в лесопарковой части зеленой зоны г. Читы (Восточное Забайкалье): Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08. Улан-Удэ, 2012. 19 с.
6. Волосиков Р.Н., Глинка В.Т., Елизарова Т.В., Замана Л.В., Кузьминых А.И., Милосердов А.Я., Филипов В.Г. Эколого-геохимическая карта г. Читы. Масштаб 1: 30000. Чита: Забайк. аэрогеодез. предприятие, 1998.
7. Второва В.Н., Холопова Л.Б. Концентрации химических элементов в растениях и почве и оценка состояния лесных экосистем // Лесоведение. 2009. № 1. С. 11–17.
8. Донец Е.В., Григорьев А.И. Влияние нефтяного загрязнения на прорастание семян хвойных пород // Лесоведение. 2008. № 5. С. 18–21.
9. Еркеева А.А., Холопова Е.С. Влияние кислотности среды на прорастание семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) разного географического происхождения // Труды Карельского НЦ РАН. 2009. № 3. С. 46–49.
10. Иванов Ю.В., Савочкин Ю.В., Кузнецов В.В. Сосна обыкновенная как модельный объект для изучения механизмов адаптации хвойных к действию тяжелых металлов. 1. Изменение морфометрических и физиологических параметров при развитии семян в условиях хронического действия цинка // Физиология растений. 2011. Т. 58. № 5. С. 728–736.
11. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе “почва–растение”. Новосибирск: Наука, 1991. 149 с.
12. Ирошников А.И. О генотипическом составе популяции сосны обыкновенной в юго-восточной части ареала // Селекция хвойных пород Сибири. Красноярск: Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1978. С. 76–95.
13. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях М.: Мир, 1989. 439 с.
14. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. 200 с.
15. Лысиков А.Б. О фитотоксических свойствах подстилки и почвы сосновых ельников // Лесоведение. 1989. № 3. С. 31–36.
16. Лысиков А.Б. Изменение химических и фитотоксических свойств почвы сосновых лесов вдоль автодорог // Лесоведение. 2000. № 1. С. 51–55.
17. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука, 1972. 283 с.
18. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.
19. Некрасова Т.П. Плодоношение сосны в Западной Сибири. Новосибирск: СО АН СССР, 1960. 130 с.
20. Ногина Н.А. Почвы Забайкалья. М.: Наука, 1964. 314 с.
21. Панарин И.И. Леса Читинского Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1977. 232 с.
22. Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная (изменчивость, внутривидовая систематика и селекция). М.: Наука, 1964. 189 с.
23. Саев Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
24. Ставрова Н.И. Влияние атмосферного загрязнения на семеношение хвойных пород // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 115–121.
25. Третьякова И.Н., Носкова Н.Е. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса // Экология. 2004. № 1. С. 26–33.

26. Федотов И.С., Карабань Р.Т., Тихомиров В.А., Сисигина Т.И. Оценка действия двуокиси серы на сосновые насаждения // Лесоведение. 1983. № 6. С. 23–27.
27. Черепнин В.Л. Изменчивость семян сосны обыкновенной. Новосибирск: Наука, 1980. 183 с.
28. Черненькова Т.В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. М.: Наука, 2002. 191 с.
29. Шергина О.В., Михайлова Т.А. Состояние древесных растений и почвенного покрова парковых и лесопарковых зон г. Иркутска. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2007. 200 с.
30. Шихова Н.С. Некоторые закономерности в накоплении свинца растениями в условиях урбанизации (на примере г. Владивостока) // Сибирский экологический журнал. 2012. № 2. С. 285–294.
31. Ярмишко В.Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на Европейском Севере. СПб.: Изд-во НИИ химии СПбГУ, 1997. 210 с.

The Influence of Contamination of the Snow and Soil Cover on the Germination of Scotch Pine Seeds in the Chita Green Zone

I. L. Vakhnina, L. V. Zamana

The results of experiments on the germination of *Pinus sylvestris* L. seeds collected in forests in the vicinity of the city of Chita are presented. The germination of seeds in the soil, as well as of seeds moistened with snow water was analyzed. The chemical elements in the water of snow taken from the polluted areas significantly increased the seed germinative power. The multiyear pollutant accumulation in the soil cover, primarily of heavy metals (lead and zinc) decreased the germinability of seeds.

Scotch pine, germination energy, germinative power, pollution, soil, snow, green zone.