

УДК 504.054*574.24*631.53.011

ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННЫХ ВЫБРОСОВ МАГНЕЗИТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

П. Е. МОХНАЧЕВ – младший научный сотрудник,
тел.: 8(343)322-56-49; e-mail: mohnachev74@mail.ru*

С. Г. МАХНЕВА – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,
тел.: 8(343)322-56-49; e-mail: makhniovasg@mail.ru*

С. Л. МЕНЩИКОВ – доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,
заведующий лабораторией экологии техногенных растительных сообществ,
тел.: 8(343)322-56-47; e-mail: msl@botgard.uran.ru*

К. Е. ЗАВЬЯЛОВ – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник,
тел.: 8(343)322-56-33; zavyalov.k@mail.ru*

Н. А. КУЗЬМИНА – младший научный сотрудник,
тел.: 8(343)322-56-33; e-mail: yarkaya05@mail.ru*

* ФГБУН «Ботанический сад Уральского отделения РАН»;
620144, Россия, Екатеринбург, ул. Билимбаевская, д. 32а

А. М. ПОТАПЕНКО – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;
ГНУ «Институт леса Национальной академии наук Беларуси»;
246001, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Пролетарская, д. 71;
тел: +375 (232)75-45-41; e-mail: anto_ha86@mail.ru

Ключевые слова: *опытный участок, аэротехногенное загрязнение, сосна обыкновенная, масса семян, энергия прорастания, всхожесть семян, индивидуальная изменчивость.*

Проанализированы посевные качества семян (ПКС) сосны обыкновенной (*Pinus silvestris L.*), произрастающей в условиях аэротехногенных выбросов комбината «Магнезит» на Южном Урале. Выявлено, что в зоне сильного уровня загрязнения 42% семяноящих деревьев формируют семена экстремально низкой массы – менее 4,5 г/1000 шт. (минимальная – 2,38 г), что, вероятно, связано с общим ослаблением древостоя под воздействием аэрополлютантов. Вместе с этим наблюдается увеличение индивидуальной (внутрипопуляционной) изменчивости, что говорит о критическом воздействии сильного уровня техногенной нагрузки на данный показатель. В условиях среднего и слабого уровней загрязнения показатель массы 1000 семян и его индивидуальная изменчивость сопоставимы с таковыми семян из фоновых условий. Выявлено, что семена сосны, сформированные в условиях влияния аэротехногенных выбросов магнезитового производства, имеют высокие значения энергии прорастания (90,95–92,93%) и всхожести (93,92–95,20%), сопоставимые с таковыми семян из фоновых условий и видовым уровнем в целом. При этом индивидуальная изменчивость данных показателей в градиенте загрязнения находится на низком уровне ($C_v = 5,10 \dots 8,03\%$), что указывает на их устойчивость к влиянию магнийсодержащих аэрополлютантов. Кроме того, с увеличением техногенной нагрузки на уровне тенденции увеличивается доля проростков семян, имеющих семядоли на момент определения всхожести (15-е сутки), что свидетельствует об их более раннем развитии. Сделан вывод о возможности использования семян из зон загрязнения для лесовосстановления, в том числе техногенно загрязненных территорий.

SOWING QUALITIES OF SEEDS SCOTS PINE IN THE EMISSIONS ANTHROPOGENIC MAGNESITE PRODUCTION

P. E. MOKHNACHEV – the junior researcher,
phone: 8(343)322-56-49; e-mail: mohnachev74@mail.ru*

S. G. MAKHNIOVA – candidate of biological sciences, senior researcher,
phone: 8(343)322-56-49; e-mail: makhniovasg@mail.ru*

S. L. MENSCHIKOV – doctor of agricultural sciences, senior researcher,
head of the laboratory of Ecology Anthropogenic Plant Communities,
phone: 8(343)322-56-47; e-mail: msl@botgard.ru*

K. E. ZAVYALOV – candidate of agricultural sciences, research officer,
phone: 8(343)322-56-33; e-mail: zavyalov.k@mail.ru

N. A. KUZMINA – the junior researcher,
phone: 8(343)322-56-47; e-mail: yarkaya05@mail.ru*

* FSBES «Botanical Garden Ural Branch of Russian Academy of Sciences»,
620134, Russia, Yekaterinburg, Bilimbaevskaya str., 32a

A. M. POTAPENKO – candidate of agricultural sciences, senior research,
SSE «Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus»,
246001, Republic of Belarus, Gomel, Proletarskaya str., 71;
phone: +375 (232) 75-45-41; e-mail: anto_ha86@mail.ru

Key words: *experimental plot, anthropogenic pollutions, Scots pine, weight of seeds, germination energy, germinating seeds, individual variability.*

Analyzed the sowing qualities of seeds of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) growing in conditions of anthropogenic emissions of the plant «Magnezit» in the southern Urals. It is revealed that in the zone of strong pollution 42 % seminoma of trees form seeds extremely low birth weight – less than 4.5 grams/1000 pcs. (minimum of 2.38 grams), which is probably due to the general weakening of the forest stands under the influence of airpollutants. Along with this there is increase in individual (intrapopulation) variation that refers to the crucial impact of a strong level of technogenic load on the indicator. In conditions of moderate and low pollution levels, a measure of weight of 1000 seeds and its individual variability comparable to that of seeds from background conditions. It is revealed that seeds of pine trees, formed under the influence of aerial technogenic emissions of a magnesite production have high values of energy of germination (90,95–92,93 %) and germination (93,92–95,20 %), comparable to those of seeds from the background conditions and the species level in general. Thus, the individual variability of these indicators in the pollution gradient is low ($C_v = 5,10–8,03\%$), which indicates their resistance to the effects of magnesium airpollutants. In addition, with the increase of technogenic load at the level of tendencies increase the proportion of sprouted seeds with cotyledons at the time of determination of germination (15 days), reflecting their relatively early development. The conclusion about the possibility of using seeds from areas of contamination for reforestation, including tehnoconsalting territories.

Введение

Семя – особая многоклеточная структура сложного строения, служащая для размножения и расселения семенных растений. Известно, что семен-

ное возобновление имеет ряд преимуществ перед вегетативным [1], кроме того, исходя из биологических особенностей многих видов древесных растений, в том числе большинства

хвойных, только семена являются исходным материалом для возобновления. Одним из важных условий возобновления природных сообществ являются посевные качества семян [2–4],

которые за последний век, кроме естественных биотических и абиотических факторов, подвержены влиянию аэротехногенного загрязнения [5–9].

Цели, объекты

и методы исследований

Целью настоящей работы является анализ посевных качеств семян сосны обыкновенной, сформированных в условиях воздействия промышленных выбросов магнезитового производства.

Исследования проведены в ценопопуляциях сосны обыкновенной, произрастающих в условиях влияния выбросов комбината «Магнезит». Комбинат «Магнезит» основан в 1901 г., расположен в районе г. Сатка на Южном Урале. Основу его выбросов составляет магнезитовая пыль, которая представлена $MgO(K,NaO)2SO_4$ (твёрдый раствор), $Na_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2MgSO_4$, MgF_2 , Mg_2SO_4 , Mg_2CO_3 [10]. Пыль имеет сильнощелочную реакцию – $pH > 10$. Для исследований выбраны опытные участки (ОУ), созданные в начале 80-х годов Уральской лесной опытной станцией ВНИИЛМ (ныне Ботанический сад УрО РАН) в условиях сильного (ОУ-2), среднего (ОУ-5) и слабого (ОУ-4) уровней загрязнения и фоновых условиях (ОУ-К) [11]. ОУ расположены в сходных лесорастительных условиях в одном типе леса (Сяг). На момент исследования возраст древостоев составил 35 лет. Современное состояние древесного яруса, а также уровень загрязнения снега, почвы и растительного покрова в зоне выбросов аэро-

поллютантов комбината «Магнезит» приведены в предыдущих исследованиях, выполненных учеными лаборатории «Экологии техногенных растительных сообществ» Ботанического сада УрО РАН [12–16 и др.].

Для изучения ПКС в марте 2014 г. в верхней и средней частях кроны модельных деревьев сосны нами были собраны нераскрывшиеся шишки (не менее 40 шт. с каждого модельного дерева каждого ОУ). Образцы шишек высушивали в лабораторных условиях, разбирали на чешуи, извлекали все семена индивидуально для каждого модельного дерева. Обескрыленные семена взвешивали на лабораторных аналитических весах. Посевные качества семян (абсолютная всхожесть и энергия прорастания) определяли методом проращивания в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге с использованием климатической камеры Sanyo MLR-351H согласно ГОСТ 13056.6-97 «Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести» [17]. На 15-й день подсчитывали количество проростков, достигших стадии выхода семядолей, и вычисляли их долю относительно взошедших семян. Визуальную оценку степени повреждения древостоев проводили с использованием общепринятой методики [18]. Для каждого дерева определяли дефолиацию кроны, срок жизни хвои и категорию состояния по 6-балльной шкале, где 1 – деревья без признаков ослабления, 6 – старый сухостой. По категориям состояния деревь-

ев определяли индекс повреждения древостоя [19]. Уровень индивидуальной (внутрипопуляционной) изменчивости оценивали по шкале, предложенной С. А. Мамаевым [20]. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета программ Statistica 6.0.

Результаты исследований

и их обсуждение

В результате исследований выявлено, что в древостоях сосны, произрастающих в условиях сильного уровня магнезитового загрязнения (ОУ-2), формируются семена достоверно меньшей массы (при $p < 0,05$) по сравнению с менее загрязненными ОУ и фоновыми условиями (табл. 1).

Снижение массы семян в зоне сильного загрязнения комбината «Магнезит» было отмечено нами ранее [14, 15, 21]. Мы предполагаем, что возможными причинами данного явления могут быть ухудшение санитарного состояния древостоя, снижение продолжительности жизни хвои и охвоенности (табл. 2), а также замедление ростовых процессов в семяпочках [9], обусловленные воздействием аэрополлютантов.

Согласно литературным данным у сосны обыкновенной, произрастающей в условиях аэротехногенного загрязнения, возможно как снижение [9, 22, 23], так и увеличение массы семян [6, 8, 23]. Таким образом, направление изменения показателя массы 1000 семян и его степень, как мы предполагаем, определяется уровнем отклонения условий от оптимальных для вида.

Таблица 1

Характеристика посевных качеств семян сосны обыкновенной

ОУ / расстояние до источника выбросов, км	Показатели (в числителе – $X \pm m$, в знаменателе – $Cv, \%$)			
	Масса 1000 семян, г	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Доля проростков с семядолями, %
ОУ-2/1	$\frac{5,04 \pm 0,32}{27,98}$	$\frac{90,95 \pm 1,55}{7,44}$	$\frac{93,92 \pm 1,4}{6,50}$	$\frac{79,72 \pm 4,04}{22,09}$
ОУ-5/3	$\frac{6,88 \pm 0,24^*}{15,29}$	$\frac{92,93 \pm 1,71}{8,03}$	$\frac{94,52 \pm 1,11}{5,10}$	$\frac{76,16 \pm 5,11}{29,26}$
ОУ-4/10	$\frac{7,23 \pm 0,31^*}{9,74}$	$\frac{91,13 \pm 2,44}{5,98}$	$\frac{95,20 \pm 3,08}{7,23}$	$\frac{67,38 \pm 6,90}{22,89}$
ОУ-К/20	$\frac{6,31 \pm 0,20^*}{13,99}$	$\frac{85,50 \pm 2,68}{14,04}$	$\frac{90,67 \pm 1,67}{8,23}$	$\frac{64,37 \pm 6,35}{44,12}$

* Различия с зоной сильного загрязнения достоверны при $p < 0,05$.

Многими исследованиями выявлено, что масса семян сосны является стабильным популяционным признаком, отражающим наследственный, эволюционно-приспособительный характер вида, и в многолетнем цикле ее индивидуальная изменчивость чаще имеет низкий и не превышает средний уровень [4, 20, 24]. В условиях сильного уровня загрязнения происходит существенное (в 1,8–2,9 раза) увеличение индивидуальной изменчивости показателя массы 1000 семян относительно менее загрязненных ОУ и фоновых условий (см. табл. 1). Возрастание коэффициента вариации показателя массы 1000 семян в условиях ОУ-2 до повышенного уровня обусловлено расширением диапазона индивидуальной изменчивости за счет участия в семяношении деревьев, формирующих семена как с экстремально низкими значениями массы 1000 шт. менее 4,5 г (минимальная – 2,38 г) (их доля составляет 42%), так и с высокими

значениями показателя – более 7,0 г (их доля составляет 16%).

Семена сосны, сформированные в условиях воздействия аэротехногенных выбросов комбината «Магnezит», имеют высокие значения энергии прорастания и всхожести, сопоставимые с таковыми у семян из фоновых условий и видовым уровнем в целом (см. табл. 1). Индивидуальная изменчивость перечисленных показателей в градиенте загрязнения находится на низком уровне, что может свидетельствовать об их устойчивости к влиянию данного типа аэрополлютантов. Следует

отметить, что всхожесть семян сосны, сформированных в разные годы в условиях влияния выбросов комбината «Магnezит», также была высокой [11, 15, 21]. Для древостоев при возрастании уровня загрязнения мы наблюдаем тенденцию увеличения доли проростков семян с семядолями к 15-му дню опыта (см. табл. 1), что может быть связано, как мы предполагаем, со стимулирующим эффектом магнийсодержащих аэрополлютантов. Для подтверждения данной гипотезы требуются дальнейшие исследования.

Таблица 2

Состояние деревьев сосны обыкновенной в условиях аэротехногенного загрязнения комбината «Магnezит»

ОУ/ расстояние до источника загрязнения, км	Индекс повреждения древостоя, балл	Дефолиация, %	Срок жизни хвои, лет
ОУ-2/1	$4,63 \pm 0,11$	$68,97 \pm 1,48$	$2,46 \pm 0,06$
ОУ-5/3	$3,03 \pm 0,08^*$	$49,51 \pm 1,86^*$	$2,77 \pm 0,06^*$
ОУ-4/10	$2,17 \pm 0,16^*$	$32,76 \pm 3,56^*$	$3,34 \pm 0,10^*$
ОУ-К/20	$2,08 \pm 0,15^*$	$27,16 \pm 2,29^*$	$3,52 \pm 0,07^*$

* Различия с зоной сильного загрязнения достоверны при $p < 0,01$.

Выводы и рекомендации

Анализ посевных качеств семян сосны обыкновенной, сформированных в условиях влияния аэротехногенных выбросов магнетитового производства, позволил сделать следующие выводы.

1. Сильный уровень магнетитового загрязнения оказывает существенное влияние на показатель массы 1000 семян, что выражается в снижении его абсо-

лютного значения и увеличении индивидуальной изменчивости относительно менее загрязненных ОУ и фоновых условий.

2. Энергия прорастания и всхожесть семян слабо подвержены влиянию магнетитового загрязнения. Данные показатели независимо от степени техногенной нагрузки варьируют на низком уровне и имеют значения, сопоставимые с таковыми в фоновых условиях.

3. Семена сосны из зон загрязнения на уровне тенденции имеют более раннее развитие проростков и быстрее переходят к стадии роста и развития семядолей.

4. На основании вышесказанного рекомендуем использовать семена сосны, сформированные в условиях влияния выбросов магнетитового производства, при лесовосстановлении, в том числе техногенно нарушенных земель.

Библиографический список

1. Луганский Н. А., Залесов С. В., Щавровский В. А. Лесоведение: учеб. пособие / Урал. гос. лесотехн. акад. Екатеринбург, 1996. 373 с.
2. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. М.: Наука, 1964. 192 с.
3. Козубов Г. М. Биология плодоношения хвойных на Севере. Л.: Наука, 1974. 136 с.
4. Черепнин В. Л. Изменчивость семян сосны обыкновенной. Новосибирск: Наука, 1980. 183 с.
5. Ангальт Е. М., Жамурина Н. А. Биологический анализ хвои, шишек и семян сосны обыкновенной в условиях городской среды // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2014. № 3. С. 156–158.
6. Аникеев Д. Р., Бабушкина Л. Г., Зуева Г. В. Состояние репродуктивной системы сосны обыкновенной при аэротехногенном загрязнении. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 2000. 81 с.
7. Вахнина И. Л., Макаров В. П. Морфобиологическая характеристика генеративных органов сосны в природно-техногенных условиях (Восточное Забайкалье) // Вестник Моск. гос. ун-та леса. Лесн. вестник. 2014. № 5. С. 20–25.
8. Носкова Н. Е., Третьякова И. Н. Влияние стресса на репродуктивные способности сосны обыкновенной // Хвойные бореальной зоны. 2006. № 3. С. 54–63.
9. Шкарлет О. Д. Влияние дымовых газов на формирование репродуктивных органов сосны обыкновенной (на примере одного из медеплавильных предприятий на Урале): автореф. дис. ... канд. биол. наук / Шкарлет О. Д. Свердловск: ИЭРиЖ УНЦ АН СССР, 1974. 27 с.
10. Симонов К. В., Бочаров Л. Д., Устьянцев В. И. Об образовании и отложении в электрофильтрах сульфатов щелочных и щелочноземельных металлов и фторида магния при обжиге магнетита во вращающихся печах // Огнеупоры. 1979. № 4. С. 23–27.
11. Менщиков С. Л. Исследование экологических особенностей роста и обоснование агротехники создания культур хвойных пород в условиях магнетитовых запылений: дис. ... канд. с.-х. наук / Менщиков С. Л. Свердловск, 1985. 210 с.
12. Завьялов К. Е. Состояние искусственных насаждений березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях магнетитового загрязнения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Завьялов К. Е. Екатеринбург, 2009. 16 с.
13. Менщиков С. Л., Кузьмина Н. А., Мохначев П. Е. Воздействие атмосферных выбросов магнетитового производства на почвы и снеговой покров // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2012. № 5 (37). С. 221–223.
14. Махнева С. Г., Мохначев П. Е., Менщиков С. Л. Влияние почвенных условий и происхождения семян сосны обыкновенной на их лабораторную и грунтовую всхожесть // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2013. № 3 (41). С. 10–12.

15. Мохначев П. Е., Махнева С. Г., Менщиков С. Л. Особенности репродукции сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в условиях загрязнения магнезитовой пылью // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2013. № 3 (41). С.8–9.
16. Распределение деревьев опытных культур *betula pendula* roth. по ступеням толщины и уровень загрязнения почвы в зоне действия выбросов комбината «Магнезит» / С. Л. Менщиков, К. Е. Завьялов, Н. А. Кузьмина, П. Е. Мохначев, И. С. Цепордей // Успехи современного естествознания. 2016. № 10. С. 84–89.
17. ГОСТ-13056.6-97. Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. 27 с.
18. Санитарные правила в лесах Российской Федерации. М., 2006. 16 с.
19. Менщиков С. Л. Методические аспекты оценки ущерба лесов, поврежденных промышленными выбросами на Среднем Урале // Леса Урала и хоз-во в них. Екатеринбург: УГЛТУ, 2001. Вып. 21. С. 243–251.
20. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука, 1973. 284 с.
21. Мохначев П. Е. Женская генеративная сфера сосны обыкновенной в условиях магнезитового загрязнения // Лесные биогеоценозы Бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 70-летию создания Ин-та леса им. В. Н. Сукачева СО РАН. Красноярск, 2014. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 348–351.
22. Подзоров Н. В. Влияние задымления воздуха на качество семян сосны обыкновенной // Лесн. хоз-во. 1965. № 7. С. 47–49.
23. Махнева С. Г., Менщиков С. Л. Качество семян и семенного потомства сосны обыкновенной из зон техногенного загрязнения среды // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2012. Т. 5. № 37-1. С. 236–240.
24. Макаров В. П., Милютин Л. И. Многолетняя динамика посевных качеств сосны обыкновенной в сухостепной зоне Забайкальского края // Успехи современного естествознания. 2015. № 4. С. 129–133.

Bibliography

1. Luhansky N. A., Zalesov S. V., Shchavrovsky V. A. Forestry: Education guidance / Urals State. For. Eng. Academy. Yekaterinburg. 1996. 373 p.
 2. Pravdin L. F. Scots Pine. М.: Nauka, 1964. 192 p.
 3. Kozubov G. M. Biology of conifers fruiting in the North. L.: Nauka, p. 1974.136 p.
 4. Cherepnin V. L. Variability of seeds of Scots pine. Novosibirsk: Nauka, 1980. 183 p.
 5. Anhalt E. M., Jamurina N.A. Biological analysis of needles, cones and seeds of Scots pine in the urban environment // News Orenburg State agrarian University. 2014. № 3. P. 156–158.
 6. Anikeev D. R., Babushkina, L. G., Zueva G. V. The reproductive system of Scots pine under aerial technogenic pollution. Yekaterinburg: Ural State Forestry Engineering Academy, 2000. 81 p.
 7. Vakhnina I. L., Makarov V. P. Morphobiological characteristics of the generative organs of Scots pine in natural-technogenic conditions (Eastern Transbaikalia) // Herald of Moscow State Forest University. Forest Herald. 2014. No. 5. P. 20–25.
 8. Noskova N. E., Tretyakova I. N. The effects of stress on the reproductive capacities of Scots pine // Conifers of the boreal zone. 2006. №. 3. P. 54–63.
 9. Skarlet O. D. Effect of flue gases on the formation of the reproductive organs of Scots pine (for example, one of copper smelting enterprises in the Urals): abstract. dis....cand. biol. sciences. Sverdlovsk: IPAE YSC Academy of Sciences USSR, 1974. 27 p.
 10. Simonov K. V., Bocharov L. D., Ustyantsev V. I. On the formation and deposition of electrostatic sulfates of alkali and alkaline earth metals and magnesium fluoride in the firing of magnesite in rotary furnaces // Refractories. 1979. №. 4. P. 23–27.
-

11. Menshchikov S. L. Research of ecological features of growth and reasons for agrotechnology of creation of cultures of coniferous breeds in the conditions of magnesite zapryleniye: diss... cand. agrocult. sciences / Menshchikov S. L. Sverdlovsk. 1985. 210 p.
 12. Zavyalov K. E. The condition of artificial plantations of the silver birch (*Betula pendula* Roth) in the conditions of magnesite pollution: avtoref. diss. ... cand. agricult. sciences / Zavyalov K. E. Yekaterinburg, 2009. 16 p.
 13. Menshchikov S. L., Kuzmina N. A., Mohnachev P. E. Impact of atmospheric emissions of magnesite production on soils and snow cover. // News Orenburg State agrarian University. 2012. No. 5 (37). P. 221–223.
 14. Makhneva S. G., Mohnachev P. E., Menshchikov S. L. Influence of soil conditions and origin of seeds of the Scotch pine on their laboratory and soil viability. // News Orenburg State agrarian University. 2013. No. 3 (41). P. 10–12.
 15. Mohnachev P. E., Makhneva S. G., Menshchikov S. L. Features of reproduction of the Scotch pine (*Pinus silvestris* L.) in the conditions of pollution by magnesite dust // News Orenburg State agrarian University. 2013. No 3 (41). P. 8–9.
 16. Distribution of *betula pendula roth*. test crops by diameter class and level of pollution of soil in the area of emissions of the JSK «Magnesite» integrated industrial complex / S. L. Menshchikov, K. E. Zavyalov, N. A. Kuzmina, P. E. Mokhnachev, I. S. Tsepordey // Advances in current natural sciences. 2016. № 10. P. 84–89.
 17. State Standard -13056. 6-97. Seeds of trees and shrubs. Methods for determination of germination. Minsk: the interstate council for standardization, metrology and certification, 1998. 27 p.
 18. Sanitary rules in forests of the Russian Federation. M., 2006. 16 p.
 19. Menshchikov S. L. Methodological aspects of assessment of forests damaged by industrial emissions in the middle Urals // Forests of the Ural and forestry in them. Yekaterinburg: USFEU, 2001. Vol. 21. P. 243–251.
 20. Mamaev S. A. Forms of intraspecific variation of woody plants. M.: Science, 1973. 284 p.
 21. Mokhnachev P. E. Female generative sphere of Scots pine under conditions of magnesite pollution // Forest biogeocenoses of the Boreal zone: geography, structure, functions and dynamics: materials of all-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 70th anniversary of the establishment of the Institute of forest. V. N. Sukachev SB RAS. Krasnoyarsk, 2014. Novosibirsk: Publishing house SB RAS, 2014. P. 348–351.
 22. Podzorov N. V. The impact of smoke in the air on the seed quality of Scotch pine // Forestry. 1965. № 7. P. 47–49.
 23. Makhneva S. G., Menshchikov S. L. Seed quality and seed progeny of Scots pine from the areas of technogenic pollution // News Orenburg State agrarian University. 2012. Vol. 5. № 37-1. P. 236–240.
 24. Makarov V. P., Milyutin L. I. Long-term dynamics of sowing qualities of *Pinus sylvestris* in the dry zone of the transbaikal region // Advances in current natural sciences. 2015. № 4. P. 129–133.
-
-