

Кудрявцева Т. А., Алексеева Н. А.
Kudryavtseva T. A., Alekseeva N. A.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕМЯН
PINUS SYLVESTRIS L. В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ**

**VARIABILITY OF BIOLOGICAL PROPERTIES OF *PINUS SYLVESTRIS* L.
SEEDS UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS**

Изучено изменение биологических свойств семян *Pinus sylvestris* L. на территории двух урбоэкосистем Тюменской области, расположенных в разных природных зонах и условиях загрязнения. Выявлены статистически достоверные отличия энергии прорастания, всхожести, числа нормально развитых семян в шишке. Масса 1 000 семян и большинство морфометрических параметров проростков достоверно не отличались. Изучено влияние разных способов обработки семян на их всхожесть и энергию прорастания.

The article describes the variability of biological properties of seeds of *Pinus Sylvestris* L. located in different natural zones and contamination conditions of the two urban ecosystems of the Tyumen Region. Statistically significant differences in the germination ability, the germination readiness, and the number of mature seeds in cones are discovered. The weight of thousand seeds and the most of morphometric parameters of seedlings do not have significant differences. Effects of different treatments on seed germination rate and germination ability are studied.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris*, урбоэкосистемы, всхожесть, энергия прорастания семян, проростки.

Keywords: *Pinus sylvestris*, urban ecosystems, germination ability, germination readiness, seedlings.

Актуальность. На территории Тюменской области *Pinus sylvestris* L. встречается в естественных сообществах различных природных зон. В г. Тюмени и г. Ишиме сосна входит в состав искусственных насаждений, а также является доминантом фитоценозов памятников природы – немногочисленных остатков коренных лесов [1–3]. Семенное возобновление, играя значительную роль в сохранении лесных сообществ зеленых зон городов, изменяется под влиянием различных факторов. Изучение биологических свойств семян приобретает особую актуальность в экстремальных условиях техногенного воздействия, а также на границе ареала вида [4–5].

Материалы и методы. Сбор материала проводился в 2015–2016 гг. Ишим расположен в лесостепи, относится к средним городам (численность населения около 65,3 тыс. человек), повышение уровня загрязненности отмечается с 1997 г., особенно в центральной части города. Тюмень находится на юге лесной зоны (подтайга), является крупным городом (численность населения 767,3 тыс. человек). Согласно многолетнему мониторингу состояния окружающей среды в г. Тюмени многократно отмечено превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) оксида углерода, оксида азота, фенола, формальдегида, диоксида азота и сажи [3, 6].

Вблизи крупных источников загрязнения были заложены по три учетные площадки: в г. Ишиме – на ул. К. Маркса, площади автовокзала, в парке Народном; в г. Тюмени – вблизи ТЭЦ–2, ОАО «Тюменский завод медицинского оборудования и инструментов» и ОАО Деревообрабатывающий комбинат (ДОК) «Красный октябрь». В качестве контроля выбраны сосняки, произрастающие в 13 км от г. Ишима (памятник природы Синицинский бор) и 30 км от г. Тюмени (бор у п. Черная речка).

Жизненность сосны оценивали по 5-балльной шкале [7]. Выборка составила 118 особей. Шишки (1 600 шт.) собирали ручным способом в феврале – марте. Отбор средних образцов, определение энергии прорастания, всхожести, массы 1 000 семян осуществляли в соответствии со стандартными методиками и ГОСТ [8–10].

Семена, собранные в 2015 г., проращивали в термостате на влажных фильтрах в чашках Петри по 50 штук в трехкратной повторности. Лабораторные исследования энергии прорастания и всхожести семян 2016 г. включали несколько опытных вариантов: 1) семена обрабатывали 0,2 % раствором перманганата калия; 2) подвергали снегованию и обрабатывали 0,2 % раствором перманганата калия. Контролем послужили семена, пророщенные на влажных фильтрах в чашках Петри без предварительной обработки.

Для дополнительной оценки качества семян в лабораторных условиях были проанализированы более 300 проростков, морфометрические параметры которых (длину корня, семядолей, высоту побега) измеряли на 15-й день.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica. Достоверность отличий оценивали с помощью критерия Краскела – Уоллиса, критерия хи-квадрата, Т-критерия Вилкоксона.

Результаты и обсуждение. Биологические свойства семян зависят от влияния естественных экологических факторов и уровня загрязненности [4–5]. Известно, что в условиях техногенного воздействия снижается жизненность растений, которая влияет на параметры шишек [1, 7].

В г. Ишим и контроле жизненность особей *Pinus sylvestris* была снижена до 2 баллов (поврежденные деревья). В Тюмени обнаружены сильно поврежденные (75 %) и поврежденные (25 %) деревья с жизненностью 3 и 2 балла соответственно. В контрольном сообществе произрастали здоровые сосны с жизненностью 1 балл [11].

Масса 1 000 семян сосны обыкновенной в различных частях ареала варьируется от 3,4 до 8,2 г, при среднем значении 6 г [12–13]. М. Н. Казанцева [14] указывает, что в центре Тюмени этот показатель составляет 6,23 г, в зеленой зоне – увеличивается до 6,61 г.

По нашим данным, в условиях изученных урбоэкосистем, масса 1 000 семян была ниже по сравнению с контролем (окрестности городов). Наименьший показатель за оба года исследований в Ишиме отмечен на ул. К. Маркса (4,80 г), наибольший – в контроле (6,62 г), в Тюмени – вблизи ТЭЦ–2 (5,48 г) и ДОК (7,14 г). Однако достоверная разница массы 1 000 семян за оба года исследований на различных учетных площадках в двух природных зонах не обнаружена (уровень значимости критерия Краскела – Уоллиса и хи-квадрат более 0,05) (табл. 1).

В г. Ишиме среднее число нормально развитых семян в одной шишке варьировало от 8 (автовокзал) до 18 шт. (Народный парк), в г. Тюмени – от 9 (завод медоборудования) до 18 шт. (п. Черная речка) [11]. Выявлена статистически достоверная разница по этому показателю (табл. 1).

Таблица 1

Показатели критериев Краскела – Уоллиса и хи-квадрат

Параметры	Год	Критерий Краскела – Уоллиса		Хи-квадрат	
		Н	р	χ^2	р
Масса 1 000 семян, г	2015	1,742	0,627	2,667	0,446
	2016	3,222	0,359	2,667	0,446
Энергия прорастания семян (на влажных фильтрах), %	2015	8,105	0,044	6,097	0,107
	2016	12,377	0,006	11,555	0,009
Всхожесть семян (на влажных фильтрах), %	2015	7,687	0,053	6,097	0,107
	2016	10,632	0,014	11,555	0,009

Окончание табл. 1.

Параметры	Год	Критерий Краскела – Уоллиса		Хи-квадрат	
		Н	Р	χ^2	Р
Число нормально развитых семян в шишках, шт.	2015	129,392	0,001	139,18	0,001
	2016	90,126	0,001	73,274	0,001
Длина корня, см	2015	5,744	0,125	6,637	0,084
	2016	6,946	0,074	4,456	0,216
Высота побега, см	2015	8,241	0,041	4,510	0,211
	2016	12,700	0,006	6,654	0,084
Длина семядолей, см	2015	5,070	0,167	9,485	0,023
	2016	8,319	0,040	11,010	0,012

Примечание: сравниваемые площадки: Ишим город, Ишим контроль, Тюмень город, Тюмень контроль.

Всхожесть семян сосны обыкновенной в разных условиях варьируется от 40 до 93 %. Известно, что под влиянием техногенного загрязнения происходит снижение энергии прорастания, всхожести и массы 1 000 семян [5, 14].

По нашим данным, энергия прорастания и всхожесть семян, собранных с деревьев опытных площадок, ниже по сравнению с контролем, также отличаются в различных частях ареала (рис. 1).

В Ишиме средняя энергия прорастания семян изменялась в 2015 г. от 17 (ул. К. Маркса) до 37 % (Народный парк), в 2016 г. – от 1,5 (ул. К. Маркса) до 29 % (Народный парк), в Тюмени в 2015 г. – от 30 (ТЭЦ-2) до 40 % (завод медоборудования), в 2016 г. – от 7 (ДОК) до 11% (ТЭЦ-2). У деревьев контрольного участка лесостепи (Синицинский бор) этот показатель оставил по годам исследования 39 и 31 %, в подтайге (п. Черная речка) – 53 и 48 % соответственно.

Минимальные средние значения всхожести семян, собранных в черте г. Ишима, на влажных фильтрах составили 13 % (2016 г.) и 30 % (2015 г.) и зарегистрированы в центре города (ул. К. Маркса). Максимальные средние значения отмечены на опытных площадках в Народном парке – 42 % (2015 г.) и на площади автовокзала – 48 % (2016 г.). Всхожесть семян в контроле (Синицинский бор) достигала по годам 45 и 60 % соответственно (рис. 1). В г. Тюмени минимальные средние значения всхожести семян составили по годам 37 % и 43 %, зарегистрированы вблизи ТЭЦ-2. Максимальные средние значения в черте города отмечены на опытных площадках около завода медоборудования – 42–55 %. Всхожесть семян в контроле (п. Черная речка) составила по годам 58 % и 66 % соответственно (рис. 1). М. Н. Казанцева [14] приводит более высокие значения всхожести семян *Pinus sylvestris* в г. Тюмени (68 % в центре города, 92 % в зеленой зоне).

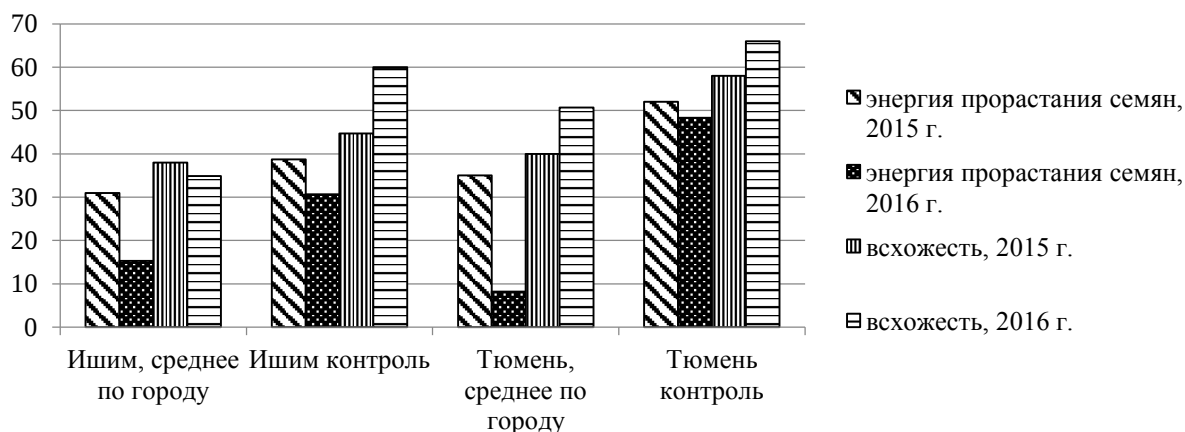


Рис. 1. Энергия прорастания и всхожесть семян (на влажных фильтрах), собранных на различных участках (%)

При сравнении данных всех учетных площадок статистически достоверная разница выявлена по средней энергии прорастания и всхожести семян только в 2016 г. (табл. 1).

В настоящее время проведены многочисленные работы по изучению влияния различных стимуляторов роста на прорастание семян, сохранность и приживаемость сеянцев [5, 15]. По нашим данным, у семян, подверженных снегованию и обработанных 0,2 %-м раствором KMnO_4 , энергия прорастания и всхожесть увеличились в 2–2,5 раза на всех исследуемых площадках (рис. 2), различия статистически достоверны (уровень значимости критерия Краскела – Уоллиса и хи-квадрат при сравнении опытных площадок и контроля в двух городах составил 0,001).

Уровень техногенного загрязнения влияет и на формирование проростков [1, 5]. У растений, развившихся из семян, собранных в г. Ишиме и его окрестностях, длина корня достигала 1,18–2,97 см, высота побега – 1,68–4,90 см, длина семядолей – 1,2–1,56 см. Наибольшие значения этих параметров за оба года зарегистрированы у проростков, полученных из семян, собранных на площади автовокзала, наименьшие – на улице К. Маркса.

У проростков, развившихся из семян, собранных в г. Тюмени и его окрестностях, длина корня достигала 1,91–3,13 см, высота побега – 3,52–5,19 см, длина семядолей – 1,16–1,91 см. В 2015 г. максимальные показатели длины корня, семядолей и высоты побега зарегистрированы у проростков, сформированных из семян, собранных вблизи завода медоборудования, в 2016 г. – около ТЭЦ-2. За два года исследований минимальные характеристики по данным показателям отмечены у проростков, сформировавшиеся из семян, собранных у ДОК.

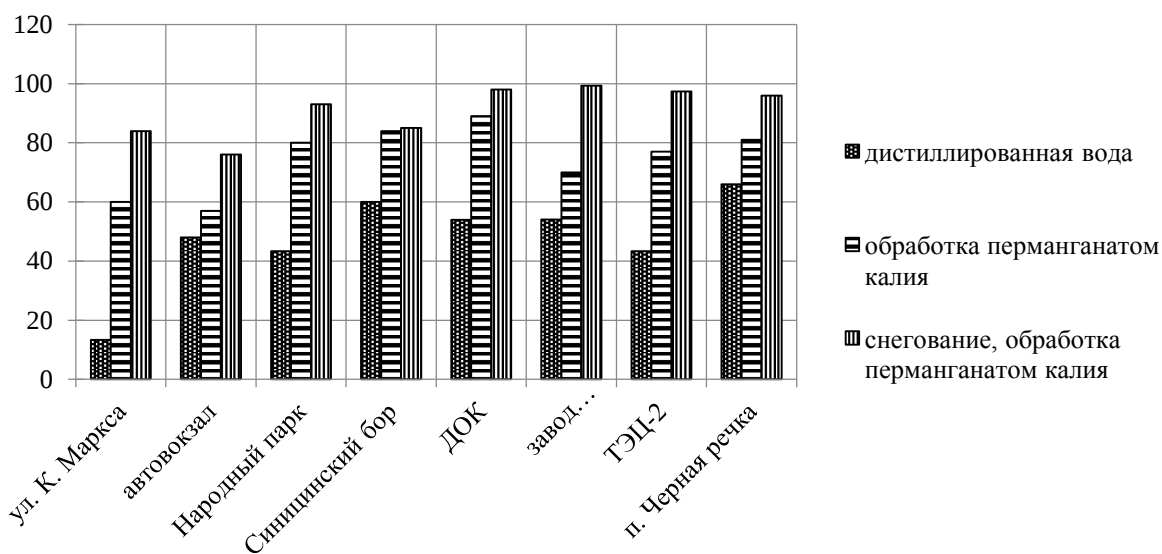


Рис. 2. Всхожесть семян сосны обыкновенной, подвергнутых различным способам обработки (%)

При анализе данных по всем площадкам достоверные отличия отмечены только по длине семядолей в 2016 г. (табл. 1).

Аналогичные данные приводит М. Н. Казанцева [14], указывая, что значимых различий между параметрами проростков, развившихся из семян, собранных в центре г. Тюмени и его зеленой зоне в 2005 г., по t-критерию Стьюдента не выявлено.

На формирование шишек и семенную продуктивность *P. sylvestris* большое влияние оказывают метеорологические условия предыдущих лет, поскольку макростробилы развиваются 2–3 года [5, 15]. Наиболее низкие среднемесячные значения температуры по отношению к норме в 2013 г. в изученных городах были отмечены в мае, а в 2014 г. в Тюмени – в июне, июле, сентябре, в Ишиме – июле, сентябре. В течение вегетационных периодов 2013–2014 гг. в обоих городах на протяжении трех месяцев количество осадков было ниже нормы. Обычно превышение температурной нормы сопровождалось уменьшением осадков. Четкой законо-

мерности в изменении изученных параметров семян по годам не выявлено. Так, в 2015 г. более высокие показатели были отмечены по числу нормально развитых семян в шишке, энергии прорастания семян, длине корня и высоте побегов проростков, в 2016 г. – по всхожести, массе 1 000 семян, длине семядолей. Расчет критерия Вилкоксона показал достоверность отличий данных 2015 г. и 2016 г.: по энергии прорастания (уровень значимости 0,001); всхожести (0,045) семян; числу семян в шишках (0,001); высоте побега (0,001).

Выводы. Таким образом, в ходе проведенных исследований выявлены статистически достоверные отличия энергии прорастания, всхожести, числа нормально развитых семян в шишке в зависимости от уровня загрязнения и метеорологических условий. Масса 1 000 семян и большинство морфометрических параметров проростков достоверно не отличались. Наибольшее стимулирующее воздействие на энергию прорастания и всхожесть семян оказали снегование и обработка семян 0,2 %-м раствором KMnO_4 .

Литература

1. Неверова О. А., Колмогорова Е. Ю. Древесные растения и урбанизированная среда: экологические и биотехнологические аспекты. Новосибирск : Наука, 2003. 222 с.
2. Конспект флоры Сибири: сосудистые растения / под ред. К. С. Байкова. Новосибирск : Наука, 2005. 362 с.
3. Тюменская область : офиц. портал органов гос. власти [Электронный ресурс]. URL: <https://admtyumen.ru/> (дата обращения: 25. 04.2018).
4. Корзухин М. Д., Цельникер Ю. Л. Модельный анализ современных ареалов лесных древесных пород на территории России и их вариаций при возможных изменениях климата // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. М. : Изд-во Ин-та глобал. климата и экологии Росгидромета и РАН, 2010. Т. XXIII. С. 249–268.
5. Вахнина И. Л., Замана Л. В. Влияние загрязнения снегового и почвенного покровов в зеленой зоне г. Читы на прорастание семян сосны обыкновенной // Лесоведение. 2013. № 2. С. 38–44.
6. Ткачев Б. П. География и экология Приишимья. Ишим : Graphicdesign, 2001. 248 с.
7. Методы изучения лесных сообществ. СПб. : НИИХим. СПбГУ, 2002. 240 с.
8. ГОСТ 13056.1–67. Семена деревьев и кустарников. Правила отбора образцов и методы определения посевных качеств семян. М. : Изд-во стандартов, 1988. 40 с.
9. ГОСТ 13056.4–67. Семена деревьев и кустарников. Методы определения веса 1 000 семян. Введ. 1968–06–30. М. : Изд-во стандартов, 1998.
10. ГОСТ 13056.6 – 97 Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести. М. : Изд-во стандартов, 1998. 28 с.
11. Кудрявцева Т. А., Алексеева Н. А. Жизненность *Pinus sylvestris* L. и изменение морфометрических параметров шишек в подтайге и лесостепи Тюменской области: на примере насаждений г. Ишима и г. Тюмени // Естеств. и технич. науки. 2017. № 12(114). С. 33–38.
12. Заборовский Е. П. Плоды и семена древесных и кустарниковых пород. М. : Гослесбумиздат, 1962. 303 с.
13. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. М. : Наука, 1964. 190 с.
14. Казанцева М. Н. Особенности репродукции сосны обыкновенной в насаждениях города Тюмени и его зеленой зоне // Вестн. экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2005. № 5. С. 76–79.
15. Справочник лесничего / под общ. ред. А. Н. Филипчака. М. : ВНИИЛМ, 2003. 640 с.