

УДК 630*425

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГЕНЕРАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ *PINUS SYLVESTRIS* L. В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Вахнина И.Л.

*ФГУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН», Чита,
e-mail: vahnina_il@mail.ru*

В статье приведены результаты изучения морфобиологических показателей женских генеративных органов сосны обыкновенной в зоне действия техногенной нагрузки города Читы (Восточное Забайкалье) с учетом климатических особенностей территории. Выявлены основные закономерности изменения качественных характеристик семян и высоты центральной оси макростробилов на пробных площадях с разным уровнем загрязнения в зависимости от количества осадков и температуры воздуха.

Ключевые слова: сосна, женские шишки, семена, техногенное загрязнение, климат

VARIATION OF GENERATIVE PARAMETERS OF *PINUS SYLVESTRIS* L. IN THE URBAN POLLUTION

Vakhnina I.L.

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS (INREC SB RAS), Chita,
e-mail: vahnina_il@mail.ru*

Morphobiological characteristics of pine generative parameters in the nature and industrial pollution conditions (Eastern Transbaikalia). The results of industrial pollution and climatic factors impact on the female generative organs of pine are described in this article. The qualitative characteristics of seeds and female cones sizes in areas with different levels of pollution are studied. Also the precipitation and air temperature in the eastern Transbaikalia impact on the studied characteristics was shown.

Keywords: pine, female cones, seeds, industrial pollution, climate

Важнейшими лесообразующими породами в Восточном Забайкалье являются лиственница Гмелина (*Larix gmelinii* Ldb.) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Изменчивость основных показателей генеративных органов этих видов в зависимости от различных природно-климатических факторов изучена достаточно хорошо [1, 2, 3 и др.]. В зоне действия аэротехногенных выбросов к влиянию естественных условий присоединяется новый фактор в виде химического загрязнения среды. В публикациях отсутствует единое мнение относительно реакции репродуктивной системы растений на воздействие поллютантов. Наряду с данными о снижении таких показателей как жизнеспособность пыльцы, количество и качество семян, размеры макростробилов и т.п., в некоторых источниках имеются выводы о положительной реакции генеративных параметров растений на техногенную нагрузку различной интенсивности [4, 5, 6], а также об их высокой толерантности к загрязнению среды [7, 8 и др.].

Целью исследования является анализ изменчивости макростробилов и семян сосны обыкновенной под действием климатических факторов в условиях техногенного загрязнения городской территории.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования служили деревья сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), произрастаю-

щие в сосняках рододендрово-травяных на территории зеленой зоны г. Читы (Восточное Забайкалье) с разным уровнем техногенной нагрузки. Степень техногенной нагрузки определялась по уровню суммарного показателя загрязнения (СПЗ) почв и снежного покрова, которые депонируют атмосферные выбросы. СПЗ для почв рассчитан по 28 химическим элементам (свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, цинк, фосфор и др.), для расчета СПЗ снега было использовано 20 элементов [9]. Всего заложено 10 пробных площадей (ПП) с различной интенсивностью загрязнения: 65–128 ед. – средний СПЗ (ПП № 1, 7, 8); 257–768 ед. – очень высокий уровень загрязнения (ПП № 2, 3, 4, 9); выше 769 ед. – экстремальный СПЗ (ПП № 5). Для контроля шишки отбирали в 25 км от городской застройки в направлении, противоположном преобладающему направлению ветров, где СПЗ не превышал 0–64 ед. Пробные площади заложены с учетом сопоставимости по основным лесотипологическим характеристикам (класс возраста, состав и плотность древостоя и др.). Географические координаты территории исследований 51–52° с.ш., около 113° в.д., высоты колеблются в пределах абсолютных отметок 650–810 м над у. м. Уровень грунтовых вод по всем ПП глубже 10 м, увлажнение атмосферное.

Материалом для исследований служили зрелые женские шишки, отобранные с модельных деревьев в 2008–2009 гг. Сбор шишек осуществлялся во второй декаде марта до начала естественного выпадения семян согласно срокам, рекомендованным для данной территории [2]. С каждой площади собиралось не менее 50 штук с 3–5 деревьев. До раскрытия шишек измеряли длину шишки (высоту центральной оси макростробила). Затем шишки естественным образом высушивались до выпадения семян. Проращивание семян для определения их качества про-

водилось на базе Читинской лесосеменной станции, согласно ГОСТам 13056.6-97 и 14161-86. Диагностическими критериями оценки качества семян служили всхожесть и энергия прорастания. Согласно ГОСТу 13056.6-97 под всхожестью семян понимается их способность давать нормально развитые проростки, а под энергией прорастания – способность семян быстро и дружно прорасти. Для сосны показателем всхожести служит процент семян, давших нормально развитые проростки на 15-е сутки от начала проращивания, а энергии прорастания оценивается на 7-е сутки. В день окончательного учета всхожести оставшиеся семена вскрывали с целью определения числа здоровых, загнивших, пустых, ненормально проросших, зараженных энтомологическими вредителями и нежизнеспособных семян. Влияние климатических условий на исследуемые показатели оценивалось на основе данных метеостанции г. Читы за вегетационный период, продолжительность которого на исследуемой территории составляет 5 месяцев (с мая по сентябрь). Результаты исследований статистически обработаны стандартными методами с использованием пакета STATISTICA 6. Вариация количественных признаков определялась методами описательной статистики и оценивалась по шкале с.а. Мамаева (1972)

[10]. В качестве критерия оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Высота макростробилов. Измерение высоты макростробилов позволило выявить достоверные различия между шишками урожая в 2008 г. и 2009 г. (таб. 1). Так, у шишек, созревших в 2009 г., по сравнению с предшествующим годом отмечается укорочение центральной оси макростробила в 2–2,6 раза. Их средняя длина по пробным площадям варьировала от 1,2 см до 1,5 см (1,5 см на контроле), в то время как для зрелых шишек сосны урожая 2008 г. она составила от 3,9 см до 2,9 см (3,1 см – контроль). Определено, что на каждой ПП шишки одного периода созревания характеризуются стабильностью высоты макростробилов, их коэффициент изменчивости не превышает низкого ($C=8-12\%$) и среднего ($C=13-20\%$) уровня.

Таблица 1

Статистические характеристики высоты макростробилов *Pinus sylvestris* урожая 2008 г. и 2009 г.

№ п/п	Урожай 2008 г.					Урожай 2009 г.				
	X±m, см	X min, см	X max, см	Cv, %	t-критерий	X±m, см	X min, см	X max, см	Cv, %	t-критерий
1	3,1±0,06	2,4	3,9	13,2	-0,6	1,3±0,02	0,9	1,8	14,4	-6,1*
2	3,3±0,08	2,6	4,3	14,9	2,7*	1,3±0,03	0,9	2	17,8	-3,7*
3	2,9±0,05	2,2	3,7	12,2	-2,7*	1,2±0,02	0,8	1,8	15,84	-6,2*
4	3,1±0,08	2	4	15,2	-1,0	1,3±0,03	0,9	1,7	15,83	-5,8*
5	3,4±0,11	2,1	4,6	18,1	2,6*	1,5±0,04	1	2	14,7	0,5
7	3,9±0,14	2,4	4,7	16,3	6,8*	1,5±0,02	1,2	2	10,2	1,2
8	3±0,05	2,4	3,6	9,2	-0,8	1,5±0,02	1,1	2	12	0,4
9	3,9±0,11	2,8	5,2	16	6,4*	1,8±0,03	1,4	2	9	7,9*
кон-троль	3,1±0,08	1,9	4	17		1,5±0,03	0,9	1,9	14,3	

Примечание. X±m – среднее значение и его стандартная ошибка, Cv – коэффициент вариации, * – различия с контролем достоверны.

У шишек с модельных деревьев фоновой площади по годам также отмечается снижение высоты макростробила в 2,2 раза, вариации данного показателя в пределах одного года не превышают средних значений. Статистические значимые различия между длиной шишек фонового древостоя и деревьев, произрастающих на пробных площадях с разной интенсивностью загрязнения, не выявлены.

На ПП № 9, которая характеризуется очень высоким уровнем загрязнения (СПЗ – 257–768 ед.) за оба исследуемых периода отмечаются наибольшие значения высоты макростробила. Так, у зрелых шишек 2008 г. сбора исследуемый показатель был в пределах 2,8–5,2 см (среднеарифметиче-

ское – 3,9±0,11 см), а у урожая 2009 г. – 1,4–2 см (1,8±0,03 см), что превышало средние значения по другим площадям на 20,5% и 30%, за 2008 г. и 2009 г. соответственно. По каждому году также установлен высокий уровень значимости различий с контролем. Причем, превышение средней длины шишек на ПП № 9 обеспечено в основном за счет минимальных значений, в то время как верхняя граница высоты центральной оси макростробилов, в большинстве случаев, сопоставима с данными по другим пробным площадям.

Всхожесть и энергия прорастания семян. У семян урожая 2008 г. высокая интенсивность прорастания фиксировалась уже в первый учетный день (5-е сутки

проращивания), когда нормально развитые проростки были образованы у $86,8 \pm 6,9\%$ от общего количества семян (таб. 2). Энергия прорастания (7-е сутки) по площадям составила от 80 до 97%. Почти все здоровые семена дали проростки в течение 5–7 суток, в оставшиеся дни учета их количество не превышало 1–2%. В связи с этим энергия

прорастания и всхожесть имели практически сходные показатели. Несколько сниженной скоростью прорастания отличались семена, отобранные с деревьев ПП № 5, характеризующейся экстремальным уровнем загрязнения (СПЗ выше 769 ед.), результаты по дням составили 74,7; 5,7; 3,7 и 0% на 5-е, 7-е, 10-е и 15-е сутки соответственно.

Таблица 2

Оценка показателей качества семян сосны обыкновенной

№ п/п	Энергия прорастания, %				Всхожесть, %			
	2008 г.	t-критерий	2009 г.	t-критерий	2008 г.	t-критерий	2009 г.	t-критерий
1	95	1,5	88	-4,0*	95	1,6	93	-1,1
2	97	2,0	91	-1,7	98	2,3	94	-0,3
3	89	0,2	84	-7,8*	89	0,2	91	-1,2
4	95	1,6	88	-5,2*	95	1,6	92	-1,5
5	80	-1,4	79	-7,1*	84	-0,8	84	-4,5*
7	86	-0,3	96	0,9	88	0,2	99	3,0*
8	93	1,1	69	-14,1*	93	1,1	80	-6,2*
9	83	-1,0	95	0,5	83	-1,0	95	0,0
кон- троль	87		94		87		95	

Примечание. * – различия с контролем достоверны.

У урожая семян сбора 2009 года отмечается снижение показателей по дням. В первый день учета появилось в среднем на 23% меньше проростков, чем в опыте по предыдущему году. Количество давших нормальные проростки семян на 5 сутки составило от 44% до 79%, а дисперсия выборки при этом возрасла в 3 раза. В последующие дни учета на 7-е сутки проросло от 12 до 37%, на 10-е сутки – 1–8%, на 15-е сутки – до 3% семян. Практически все семена с модельных деревьев контрольного древостоя проросли на 7 сутки, в то время как семена с деревьев остальных ПП прорастали и на 10 сутки, и в более поздние сроки. Таким образом, отмечено удлинение периода прорастания семян урожая 2009 г. собранных с деревьев, произрастающих на площадях в зоне техногенного воздействия. Расчет t-критерия Стьюдента в данном случае показал наличие различий между загрязненными и контрольным ПП.

Обсуждение результатов исследования. Результаты исследования морфобиологических параметров женской генеративной сферы у деревьев сосны обыкновенной, произрастающих в условиях с различной интенсивностью техногенной нагрузки на территории города Читы, показали, что исследуемые качественные и количественные параметры подвержены колебаниям из года в год и тесно связаны с климатическими факторами.

Так как период формирования макростробилов и созревания семян сосны обыкновенной занимает около 2 лет, для каждого урожая нами рассмотрены климатические данные за двухлетний период. К наиболее физиологически значимым факторам для жизнедеятельности сосны, как показали дендрохронологические исследования на рассматриваемой территории [11], относятся осадки и температура воздуха за период вегетации. В засушливых условиях Восточного Забайкалья лимитирующим фактором являются осадки. Недостаток которых в сочетании с высокими температурами воздуха вызывают усиление транспирации растений. Это приводит к снижению фотосинтетической активности и, как следствие, к ухудшению притока ассимилянтов к генеративным органам.

Закладка женских шишек, опыление и формирование семян урожая 2009 г. осуществлялись в 2007 г., когда климатические условия вегетационного периода характеризовались низкой суммой осадков и высокими суммами температур ($T = 80,8^\circ\text{C}$, $P = 128,9$ мм), в то время как начало формирования семян урожая 2008 г. происходило в более благоприятных условиях 2006 г., когда суммы осадков периода вегетации составляли 221 мм, а температур не превышали 70°C .

Результаты анализа показывают, что малое количество осадков при высоких темпе-

ратурах на ранних сроках развития женских генеративных органов (формирование шишек, опыление и начало формирования семян) приводят к укорочению центральной оси макростробила, снижению всхожести и энергии прорастания семян, даже если дальнейшее развитие протекает в более благоприятных климатических условиях. Это хорошо прослеживается на материале, отобранном в 2009 г. Наряду с различием по годам у семян этого урожая выявляется дифференциация выборок в зависимости от уровня загрязнения ПП. Генеративные органы, начальное развитие которых осуществлялась при достаточном количестве осадков со сравнительно невысокими весенне-летними температурами (урожай 2008 г.), расхождения с контролем не обнаруживают, что может охарактеризовать их как толерантные к существующему уровню загрязнения при определенных климатических условиях.

Отмечаемое превышение длины шишек у деревьев на ПП № 9 за оба периода исследования и сопоставимые с контролем данные по проращиванию семян связаны, очевидно, с расположением площади рядом с золоотвалом Читинской ТЭЦ 2. Данная электростанция работает на угле, в ее выбросах содержатся примеси биогенных элементов (кальций, магний, калий и др.), которые, по всей видимости, не только снижают деструктивное влияние поллютантов, но и оказывают благоприятные влияние на рост и развитие генеративных органов.

Выводы. Таким образом, в исследуемом диапазоне природно-климатических условий отклик женской генеративной сферы сосны обыкновенной на техногенное воздействие проявляется лишь в отдельные годы с неблагоприятными климатическими характеристиками в начальные периоды

ее формирования. Более отчетливо эффект проявляется по энергии прорастания семян, что согласуется с данными других исследователей [12].

Список литературы

1. Черепнин В.Л. Изменчивость семян сосны обыкновенной. – Новосибирск, 1980. – 183 с.
2. Бобринев В.П. Семяношение сосны и лиственницы в Восточном Забайкалье // Лесоведение. – 1985. – № 4. – С. 62–65.
3. Макаров В.П. Изменчивость морфологических видов и климатипов лиственницы в географических культурах (Восточное Забайкалье) // Лесоведение. – 2005. – № 4. – С. 67–75.
4. Федорков А.Л. Влияние аэротехногенных загрязнений на сохранность семян и развитие зародыша сосны обыкновенной // Лесоведение. – 1994. – № 5. – С. 36–40.
5. Анисеев Д.Р. Дифференциация деревьев сосны обыкновенной по комплексу признаков женской репродуктивной системы в условиях промышленного загрязнения // Лесоведение. – 1997. – № 5. – С. 43–50.
6. Вахнина И.Л., Замана Л.В. Влияние загрязнения снегового и почвенного покровов в зеленой зоне г. Читы на всхожесть и прорастание семян сосны обыкновенной // Лесоведение. – 2013. – № 2. – С. 38–44.
7. Антипов В.Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам. – Минск: Наука и техника, 1979. – 216 с.
8. Вахнина И.Л. Характеристика семян сосны обыкновенной в зеленой зоне г. Читы (Восточное Забайкалье) // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 8. – С. 98–103.
9. Эколого-геохимическая карта г. Читы [Карты]. / сост. и подгот. к печати Забайкальским аэрогедезическим предприятием Роскартографии в 1999 г.; отв. ред. Р.Н. Волосиков. – 1 : 30 000 – Чита: Забайк. аэрогеодез. предпр., 1998. – 1 к.: цв., табл.; 106x89 см – 1000 экз.
10. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). – М.: Наука, 1972. – 284 с.
11. 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.
12. Павлов И.Н. Динамика посевных качеств семян Larix sibirica Ledeb. в насаждениях юга Сибири с 1936 по 2000 гг. // Хвойные бореальной зоны. – 2003. – № 1. – С. 14–21.