8–20 см (максимум в ступени 8 см). В возобновлении участвуют все широколиственные породы, подрост относительно многочисленный, преимущественно мелкий, встречается также единичный крупный подрост пихты (см. табл. 2). В редком подлеске Lonicera xylosteum, Rubus idaeus, Padus avium, Sorbus aucuparia. Покрытие травянистого яруса 70%. В эколого-ценотическом спектре лидируют неморальные виды. В числе доминантов Stellaria holostea, Dryopteris filix-mas, Carex pilosa, Carex rhizina, также обильны Aegopodium podagraria, Lathyrus vernus, Galium odoratum, Asarum europaeum, Stachys sylvatica. Присутствуют виды высокотравья (Aconitum lycoctonum) и нитрофильные виды (Stellaria bungeana).

Выводы

Результаты исследований показывают, что в ЮУЗ широколиственные породы, находящиеся на границе ареала, в определенных лесорастительных условиях формируют высокопродуктивные, достаточно устойчивые сообщества, где непрерывно идет процесс возобновления, обеспечивающий смену поколений. В условиях заповедного режима данные сообщества имеют все предпосылки для успешного длительного существования.

Список литературы

Восточно-Европейские леса: история в голоцене и современность. М.: Наука, 2004. Кн. 1. 479 с.

Горчаковский П. Л. Широколиственные леса и их место в растительном покрове Южного Урала. М.: Наука, 1972. 146 с.

Попов Г. В. Леса Башкирии. Уфа: Башкир. книжн. изд-во, 1980. 144 с.

Сукачев В. Н., Зонн С. В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 227 с.

Флора и растительность Южно-Уральского государственного природного заповелника. Уфа: Гилем. 2008. 528 с.

УДК 630*1:582.475:581.331.2

АНОМАЛИИ ПЫЛЬЦЫ У СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Н. А. Калашник

Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН 450080, г. Уфа, ул. Менделеева, 195, корп. 3 e-mail: kalash.ufa@mail.ru

Проведены исследования аномалий пыльцевых зерен сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающей в различных экологических условиях. Полученные результаты отражают негативное влияние техногенного загряз-

нения на качество пыльцевых зерен у исследуемого вида. Сравнение показателей аномальности/фертильности пыльцы с использованием критерия χ^2 свидетельствует, что различия между пробными площадями из контрастных экологических условий достоверны при высоких уровнях значимости. Использованный цитологический метод очень чувствителен в оценке степени влияния неблагоприятных факторов на экосистемы сосны обыкновенной.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, аномалии пыльцы, экологические условия, техногенное загрязнение.

POLLEN ANOMALIES IN SCOTS PINE UNDER DIFFERENT ECOLOGICAL CONDITIONS

N. A. Kalashnik

Pollen anomalies in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) were studied under different ecological conditions. The results obtained testified to an adverse effect of technogenic pollution on the grain quality in Scots pine. The comparison of anomaly/fertility values using χ^2 -criterion revealed the significant differences between the test plots located under contrasting ecological conditions. The cytological method applied is considered as a very sensitive one for the assessment of the influence of unfavorable factors on Scots pine ecosystems.

Key words: Scots pine, pollen anomalies, ecological conditions, technogenic pollution.

В последние годы большой интерес наблюдается к исследованию процессов микроспорогенеза у различных хвойных видов, подверженных влиянию промышленного загрязнения (Федорков, 1992, 1995; Третьякова и др. 1996, 2004; Махнева, 2005; Романова, Третьякова, 2005; Калашник, 2008). Авторами показано, что в условиях промышленного загрязнения у этих видов возрастает число патологий в процессе микроспорогенеза, и рассматривается возможность использования различных методов оценки структурных и функциональных изменений в мужской генеративной системе для индикации загрязнения окружающей среды.

В настоящей работе представлены результаты исследования аномалий пыльцевых зерен сосны обыкновенной, произрастающей на территории Республики Башкортостан (РБ) в условиях различного по характеру и интенсивности техногенного загрязнении в сравнении с более чистыми условиями, принятыми в качестве контрольных.

Материал и методика

В качестве объектов для исследования выбраны средневозрастные насаждения сосны обыкновенной. Всего исследовано 5 пробных площадей, в том числе три из них находятся на территории г. Уфы (ул. Комарова,

поселок Тимашево, Ботанический сад), четвертая – в районе автотрассы Уфа – Бирск (г. Благовещенск) и пятая – в Бирском районе РБ, на расстоянии 60–100 км от вышеназванных пробных площадей, в насаждении, являющемся памятником природы (Сосновый бор).

Исследованные насаждения находятся в условиях различного техногенного загрязнения, в том числе вблизи автомобильных (ул. Комарова, г. Благовещенск) и железной дорог (ул. Комарова), предприятий нефтехимпереработки (поселок Тимашево, г. Благовещенск), в условиях незначительного фонового загрязнения (Ботанический сад), а также в экологически благоприятных условиях, принятых в качестве контрольных (Сосновый бор). В условиях техногенного загрязнения наблюдается существенное превышение предельно допустимых концентраций загрязнителей (тяжелых металлов и их солей; оксидов углерода, серы, азота: сероводорода; бензопирена, ароматических углеводородов и многих других). Для насаждений сосны обыкновенной в этих условиях характерно наличие видимых повреждений: суховершинные деревья, усыхание боковых побегов, пожелтение хвои. Согласно классификации В. А. Алексеева (Алексеев, 1989), в условия загрязнения жизненное состояние древостоев определено нами как «сильно ослабленное» и «ослабленное», а в фоновых и контрольных условиях – как «здоровое».

В качестве материала для исследований использовали микростробилы сосны обыкновенной. Микростробилы с уже созревшей пыльцой, но до начала пыления, фиксировали в спиртово-уксусном фиксаторе в течение суток, затем переводили на хранение в 70%-й этиловый спирт. Для цитологического анализа брали микроспорофиллы из средней части микростробила, материал окрашивали в 1%-м растворе ацетокармина по методике З. П. Паушевой (Паушева, 1980). Препараты изучали при помощи микроскопа БИМАМ Р13 при 200–400-кратном увеличении. Фотографировали препараты, используя цифровую фотокамеру Canon Power Shot A 95. Статистическую обработку результатов проводили стандартными методами (Шмидт, 1984; Животовский, 1991), достоверность различий между исследуемыми пробными площадями определяли по критерию χ^2 .

Исследовалось по 2000 пыльцевых зерен с каждой пробной площади с учетом представительства 3–10 деревьев. При исследовании выявлялись следующие типы аномалий: стерильные пыльцевые зерна (с признаками полной или частичной дегенерации ядра и цитоплазмы, т.е. неокрашенные, неравномерно окрашенные, со «съежившимся» и отошедшим от стенок содержимым); мелкие пыльцевые зерна (нормальные или с признаками дегенерации); гипертрофированные (крупные пыльцевые зерна); пыльцевые зерна с аномалиями воздушных мешков – с одним воздушным мешком, с тремя воздушными мешками, без воздушных мешков (рис. 1).

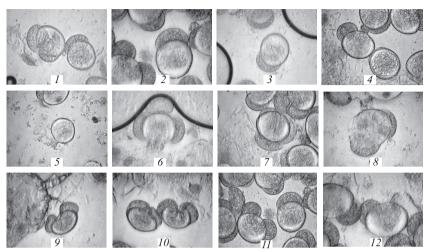


Рис. 1. Микрофотографии пыльцевых зерен сосны обыкновенной: 1, 2, 3-с одним воздушным мешком; 4-с одним воздушным мешком и без воздушных мешков; 5- мелкое, без воздушных мешков; 6, 7-с тремя воздушными мешками; 8-гипертрофированное; 9, 10- мелкие, с неравномерно окрашенным содержимым; 11-с неравномерно окрашенным содержимым и одним воздушным мешком

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования пыльцевых зерен у хвойных видов описанных пробных площадей показали, что в условиях загрязнения увеличивается процент аномалий пыльцевых зерен и наблюдается более широкий их спектр. Так, потенциальная фертильность пыльцы, выявленная нами, в условиях техногенного загрязнения составила 72,7% (ул. Комарова), 74,4% (поселок Тимашево) и 80,3% (г. Благовещенск); в условиях фонового загрязнения — 84,5% (Ботанический сад); в экологически чистых, контрольных условиях — 92,4% (Сосновый бор). В условиях загрязнения было выявлено 6 типов аномалий. Наиболее часто встречаются стерильные, гипертрофированные и мелкие пыльцевые зерна, а также пыльцевые зерна с одним и без воздушных мешков. В контрольных и фоновых условиях наблюдается 4—5 типов аномалий (таблица, рис. 2).

В результате попарного сравнения показателей аномальности/фертильности пыльцевых зерен сосны обыкновенной из условий техногенного загрязнения и условий контроля с использованием критерия χ^2 установлена достоверность различий этих показателей при высоких уровнях значимости.

Аномальность и фертильность пыльцевых зерен							
у сосны обыкновенной в	различных экологических условиях						

	Аномальные пыльцевые зерна, %							Фер-	
Местонахождение пробной площади	сте- риль- ные	мел- кие	гипер- трофи- рован- ные	с одним воздуш- ным мешком	с тремя воздуш- ными мешкам	без воз- душ- ных мешков	всего	тильные пыльце- вые зерена, %	
г. Уфа									
ул. Комарова***	5,0	7,8	12,0	0,7	0,3	1,5	27,3	72,7	
п. Тимашево***	4,3	8,3	10,5	1,1	0,1	1,3	25,6	74,4	
Ботанический сад**	1,4	3,4	10,3	0,2	0,2	_	15,5	84,5	
Автотрасса Уфа – Бирск									
г. Благовещенск***	3,2	6,5	8,8	0,5	0,2	0,5	19,7	80,3	
Бирский район									
Сосновый бор*	0,5	4,6	2,3	0,2		_	7,6	92,4	

Примечание: * условия контроля; ** условия умеренного загрязнения; *** условия сильного загрязнения.

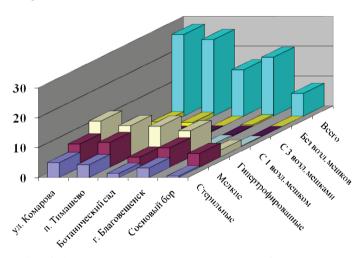


Рис. 2. Аномальность пыльцевых зерен у сосны обыкновенной

Так, при сравнении пробных площадей сосны обыкновенной из условий техногенного (ул. Комарова, пос. Тимашево, г. Благовещенск) и фонового загрязнения (Ботанический сад) с пробной площадью, принятой за контрольную (Сосновый бор), χ^2 составил 269,41; 234,03; 124,22

и 61,09 соответственно названным пробным площадям, т.е. установленные различия достоверны (χ^2_{st} =10,83, при υ =1, ρ >0,001).

При сравнении пробных площадей сосны обыкновенной, расположенных на территории г. Уфы в условиях техногенного загрязнения (ул. Комарова, пос. Тимашево), с пробной площадью из фоновых условий (Ботанический сад) χ^2 составил 82,78 и 62,48 соответственно названным пробным площадям, т.е. установленные различия также достоверны при высоких уровнях значимости.

Полученные результаты свидетельствуют о негативном влиянии техногенного загрязнения среды на качество пыльцевых зерен у сосны обыкновенной, что подтверждает исследования, проведенные на хвойных видах ранее (Федорков, 1992, 1995; Третьякова и др. 1996, 2004; Махнева, 2005; Романова, Третьякова, 2005; Калашник, 2008). Высокая чувствительность использованного метода позволяет рассматривать возможность применения его в качестве тестового для индикации загрязнения окружающей среды.

Выводы

- 1. В условиях техногенного загрязнения у сосны обыкновенной выявлен более высокий уровень аномальности пыльцевых зерен, чем в относительно чистых, контрольных условиях, а также наблюдается более широкий их спектр (стерильные, гипертрофированные и мелкие пыльцевые зерна, пыльцевые зерна без воздушных мешков, с одним и тремя воздушными мешками).
- 2. Попарное сравнение показателей аномальности/фертильности пыльцевых зерен сосны обыкновенной из условий техногенного загрязнения и условий контроля с использованием критерия χ^2 показало достоверность различия этих показателей при высоких уровнях значимости, что свидетельствует о высокой чувствительности использованного метода в оценке степени влияния неблагоприятных факторов на экосистемы данного вида и окружающую среду в целом.

Список литературы

Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.

Животовский. Л. А. Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991. 271 с.

Калашник Н. А., Ясовиева С М., Преснухина Л.П. Аномалии пыльцы хвойных видов деревьев при промышленном загрязнении на Южном Урале // Лесоведение. 2008. № 2. С. 33-40.

 $\it Maxнeвa$ $\it C. \Gamma.$ Состояние мужской генеративной системы сосны обыкновенной при техногенном загрязнении среды : автореф. дис. . . . канд. биол. наук : 03.00.16. Екатеринбург, 2005. 24 с.

Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1980. 304 с.

Романова Л. И., Третьякова И. Н. Особенности микроспорогенеза у лиственницы сибирской, растущей в условиях техногенного стресса // Онтогенез. 2005. Т. 36, № 2. С. 128-133.

Третьякова И. Н., Зубарева О. Н., Бажина Е. В.. Влияние загрязнения среды окислами серы на морфоструктуру кроны, генеративную сферу и жизнеспособность пыльцы у пихты сибирской в Байкальском регионе // Экология. 1996. № 1. С. 17–23.

Третьякова И. Н., Носкова Н. Е. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса // Экология. 2004. № 1. С. 26–33.

Федорков А. Л. Половая репродукция сосны обыкновенной при агротехническом загрязнении в условиях Субарктики // Лес. журн. 1992. № 4. С. 60–64.

Федорков А. Л. Микроспорогенез сосны при загрязнении среды в Российской Лапландии // Лес. журн. 1995. № 1. С. 48–50.

Шмидт В. М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 288 с.

УДК 574: 502. 57: 581.5: 543. 422.81 426

АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ РАЗЛИЧНЫМИ СОРТАМИ ОДНОЛЕТНЕГО ЛЮПИНА В УСЛОВИЯХ БОТАНИЧЕСКОГО САДА

В. И. Кудряшова, Т. Н. Гудошникова

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева 430005, г. Саранск, ул. Большевистская, 68 e-mail: www.bio.moris.ru

Работа посвящена определению накопления тяжелых металлов разными сортами однолетнего люпина в зависимости от содержания данных металлов в почве.

Исследования тяжелых металлов проводили в следующих сортах однолетнего люпина: Дикаф I, CH 40/9, Немчиновский 846, Жемчуг, Узколистный 109. Изучались также и почвы Ботанического сада, отобранные в местах произрастания этих растений.

В результате проведенных исследований установлено, что валовое содержание Pb, Zn, Ni, Mn, Cr не превышает ПДК. Количество Co, Fe и Cu превышает эти показатели.

По валовому содержанию металлов в почвах исследуемые почвы отнесены к техногенно загрязненным. Наряду с валовым содержанием тяжелых металлов в почве определялись показатели подвижных форм металлов.

Исследования показали, что ни один из тяжелых металлов по подвижным формам не превышает ПДК.