

English oak clones from the "Shipov Les" oak forest on a forest seed plantation in the Voronezh region. As expected, all studied SSR loci were effective in detecting DNA polymorphism. They had a high coefficient of polymorphism, as well as a high indicator of expected heterozygosity (H_e) - from 0.410 to 0.828. Of the tested microsatellite loci for the nuclear part of DNA (nSSRs), the most polymorphic loci were ZAG4, ZAG5, ZAG7, ZAG39, ZAG65, ZAG75, ZAG87, ZAG110, ZAG112, as well as the PIE243 locus in the transcribed part of DNA (EST-SSRs). For pedunculate oak on clonal LSP, in general, a higher level of expected heterozygosity (H_e) compared to observed (H_o) was revealed, which indicates a deficit of heterozygotes relative to the expected distribution according to the Hardy-Weinberg law. The main average genetic parameters in the oak forest "Shipov Les" were: H_e and H_o equal to 0.623 and 0.141, respectively, $n_e = 3.067$, fixation index $F = 0.765$. The data obtained make it possible to evaluate the features of the genetic diversity of clones of a valuable forest massif of natural origin in the south of the Voronezh region for rational use in reforestation practice. The obtained parameters of the variability of oak in the "Shipov Les" by molecular markers turned out to be slightly lower than in oak populations from the marginal populations of the South Ural region, but slightly higher than in oak in the Republic of Mari El, Belarus.

Key words: *Guercus Robur L.*; microsatellite markers; polymorphism; genetic diversity

УДК 582.475:630*232(477.75)

DOI: 10.36305/0513-1634-2022-145-83-88

ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ФЕНОЛОГИЯ ВЫЛЕТА ПЫЛЬЦЫ *PINUS BRUTIA* VAR. *PITYUSA* (STEVEN) SILBA

Владимир Петрович Коба, Олеся Олеговна Коренькова,
Никита Александрович Макаров

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ордена Трудового
Красного знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, спуск Никитский, 52
E-mail: kobavp@mail.ru

Рассмотрены особенности фенологии вылета пыльцы в природных популяциях *Pinus pithyusa* Stev. в Горном Крыму. Показано влияние погодных условий на специфику процесса высывания и распространения пыльцы в западной и восточной части произрастания *Pinus pithyusa*. Выявлено, что ветровой режим в период прохождения фенофазы пыления снижает вероятность успешного опыления древостоев *Pinus pithyusa* западной части г. Караул-Оба, так как, находящаяся в воздухе пыльца с преобладающим движением воздушных масс в большем объеме перемещается в восточном направлении, этому также способствуют более сильные ветры на данных территориях. Отмечено, что в древостоях *Pinus pithyusa* на г. Караул-Оба увеличивается вероятность снижения гетерогенности, что негативно влияет на качество семян и возможности ее семенного возобновления.

Ключевые слова: пыльца; высывание; распространение; погодные условия; поллютанты

Введение

У видов рода *Pinus* L. фаза вылета пыльцы является важнейшим этапом формирования семян. Продолжительность пребывания пыльцы в воздухе, особенности ее распространения определяют не только уровень семенной продуктивности и качество семян, но и в значительной степени влияют на гетерогенность и специфику структуры популяций [3, 6, 12, 13]. В настоящее время развитие мужского гаметофита, его миграция в период лета пыльцы и реализация в последующих этапах репродуктивного цикла зависят не только от природных явлений, но и в значительной степени от антропогенно обусловленных процессов, связанных с глобальными климатическими изменениями и техногенным загрязнением природной среды [9, 10].

У анемофильных растений в период распространения пыльцы повышается риск ее контакта с аэрозолями воздушной среды, которые могут содержать химические вещества

техногенного происхождения, негативно влияющие на процессы репродукции. Погодные условия, оказывая воздействие на продолжительность и интенсивность лета пыльцы, также влияют на длительность контакта и уровень адсорбции аэрозолей на ее внешних структурах [7, 8]. Поэтому при проведении фенологических наблюдений необходимо анализировать ветровой режим, влажность воздуха, количество атмосферных осадков не только как погодные явления, воздействующие на характер распространения пыльцы, но и как факторы, определяющие возможность ее контакта с поллютантами, влияющими на успешность реализации мужского гаметофита. К сожалению, в этом направлении проведено достаточно ограниченное количество исследований, что не позволяет в полной мере оценивать значение отдельных погодных явлений в реализации процессов репродукции [9].

Цель исследований состояла в изучении влияния погодных условий на вылет и специфику распространения пыльцы *Pinus pithyusa* Stev., анализе возможных путей поступления поллютантов в ее естественные насаждения в Горном Крыму.

Материал и методика

Исследования проводили в природных популяциях *P. pithyusa* в Горном Крыму. Для изучения фенологии пыления и сбора образцов пыльцы с использованием методов лесной таксации [1] были заложены пробные площади по четырем гипсометрическим профилям в западной части южного макросклона Главной гряды Крымских гор на мысе Айя, в урочищах Аязьма и Батилиман и восточной – на г. Краул-Оба и в урочище Новый Свет. В урочище Аязьма пробные площади расположены на высотах 50 м, 180 м, и 290 м н.у.м., в Батилимане – 50 м и 120 м н.у.м., на г. Караул-Оба – 40 м, 70 м и 120 м н.у.м., в урочище Новый Свет – 50 м, 100 м и 140 м н.у.м. Все пробные площади имели юго-восточную экспозицию с крутизной склонов 10°-15°.

На пробных площадях было выбрано 10 модельных деревьев. В апреле – мае 2022 г. изучали особенности вылета и распространения пыльцы *P. pithyusa* в природных популяциях Горного Крыма. По модельным деревьям анализировали состояние микростробиллов с момента начала их растрескивания до полного высыпания пыльцы. В масштабах насаждений проводили общую оценку фенологии вылета пыльцы [4]. С использованием данных метеорологических станций г. Севастополь и г. Феодосия анализировали влияние погодных условий на фенологию пыления древостоев *P. pithyusa*.

Результаты и обсуждение

Весной 2022 г. фенологические фазы растрескивания микростробиллов и начала вылета пыльцы ранее всего наблюдались в урочище Батилиман. В древостоях нижней границы произрастания *P. pithyusa* на высоте 50 м н.у.м. это явление отмечалось 24 апреля. В верхней части основного массива насаждений на высоте 120 м н.у.м. вылет пыльцы начался на 4 дня позже и продолжался более длительное время.

В урочище Аязьма вылет пыльцы проходил несколько позже. В прибрежной границе древостоев на высоте 50 м н.у.м. первые признаки растрескивания микростробиллов и высыпания пыльцы у отдельных деревьев начали проявляться 26 апреля, в центре массива лесов на высоте 180 м н.у.м. данное явление наблюдалось 29 апреля, позже всего оно проходило в верхней части насаждений *P. pithyusa* на высоте 290 м н.у.м. – 1 мая. При этом с повышением высоты над уровнем моря увеличивалась продолжительность фазы пыления и дифференциация деревьев по срокам начала и длительности пыления.

В восточной части распространения *P. pithyusa* в Горном Крыму фенофаза пыления проходила несколько позже. На г. Караул-Оба на высоте 40 м н.у.м. ее начало наблюдалось 4 мая, продолжительность составила 5-6 дней. С увеличением высоты

местопроизрастания растрескивание микростробилов и высыпание пыльцы происходило с отставанием 1-2 дня при подъеме по высоте на 40-50 м н.у.м., увеличивалась также продолжительность пыления. Анализ общей динамика фенофазы пыления в масштабах всей территории произрастания *P. pityusa* на г. Караул-Оба выявил достаточно четко выраженную связь начала и интенсивности лета пыльцы с орографическими характеристиками рельефа. На склонах южной экспозиции повышенной крутизны, где существенно возрастает уровень инсоляции [2, 11], у деревьев *P. pityusa* фаза пыления наступает раньше и быстрее завершается.

Наиболее поздно пыление проходит в насаждениях урочища Новый Свет. Очевидно, это связано с тем, что основная часть массива древостоев *P. pityusa* здесь находится в амфитеатре котловины, где микроклиматические условия, прежде всего по температурному режиму, значительно отличаются от г. Караул-Оба. В среднем отставание по высотным поясам начала фазы пыления в урочище Новый Свет составляло 2 суток в сравнении с аналогичными показателями в экотопах г. Караул-Оба.

По величине средней температуры в период прохождения фазы пыления насаждения *P. pityusa* западной и восточной части произрастания имеют близкие показатели (таблица). Количество осадков в апреле – мае в Горном Крыму в значительной степени локализуется в связи с изменением характера движения воздушных масс и температурного градиента в граничной зоне море – прибрежные территории, что, особенно в летний период, вызывает формирование морских бризов [5]. Более низкая влажность воздуха в урочищах Батилима и Аязьма в период вылета пыльцы повышает скорость иссушения микростробилов и сокращает продолжительность пыления. Скорость ветра также влияет на характер высыпания пыльцы, увеличивая дальность ее распространения. Особое значение имеет преобладающее направление движения воздушных масс в период лета пыльцы, так как данный фактор влияет на географический вектор миграции мужского гаметофита, определяя тем самым специфику внутривидового и межвидового обмена генетической информации. Западные и восточные ветры в Южном Крыму вызывают преобладающее движение воздушных масс вдоль побережья, таким образом способствуя распространению пыльцы в горизонтальном направлении. Северные и южные ветры увеличивают вероятность ее вертикального перемещения.

Таблица

Погодные условия в период вылета пыльцы *Pinus pityusa* Stev. в естественных древостоях Горного Крыма

Показатели		Месторасположение			
		Аязьма	Батилиман	Караул-Оба	Новый Свет
Средняя температура, °С		14,1	14,3	14,2	14,4
Количество осадков, мм		5,0	0	18,0	0
Средний показатель влажности воздуха, %		63	61	68	70
Средняя скорость ветра, м/с		4,6	3,9	6,3	5,7
Преобладающее направление движения воздушных масс, %	С	10,3	10,9	17,6	12,9
	Ю	7,2	3,7	10,8	14,6
	З	31,4	36,1	21,9	20,5
	В	27,9	27,2	5,7	4,3
	СЗ	9,7	7,9	7,9	6,9
	СВ	8,8	12,7	18,6	14,2
	ЮЗ	3,5	1,6	15,3	24,9
	ЮВ	1,2	0,9	2,2	1,7

В насаждениях западной части распространения *P. pityusa* в Горном Крыму в 2022 г. в период вылета пыльцы примерно в равных долях преобладали западные и восточные ветры, что обеспечивало интенсивное ее распространение в горизонтальном направлении, в то время как вероятность вертикального движения была в 3-4 раза ниже в связи с ограниченным движением воздушных масс в северном и южном направлениях. Анализируя в целом ветровой режим данного района, следует отметить, что при западных ветрах увеличиваются возможности попадания пыльцы древостоев урочища Аязьма в древостой Батилимана. При восточных ветрах наблюдается противоположная ситуация. По гипсометрическому профилю ландшафта пыльца из верхних участков древостоев с большей вероятностью попадет в нижние, так как доля северных ветров на данных территориях в период ее лета выше в 2-3 раза (табл.).

На г. Караул-Оба и в урочище Новый Свет отмечались несколько иные характеристики розы ветров в период лета пыльцы. Наиболее существенные различия наблюдались в движении воздушных масс восточного и юго-западного направлений. Доля восточных ветров сократилась в 5-6 раз, при этом активность юго-западных увеличилась в 7-8 раз. Следует отметить, что береговая линия в данном районе имеет юго-западное направление.

Поэтому на г. Караул-Оба и в урочище Новый Свет преобладает распространение пыльцы в восточном направлении. При этом увеличиваются возможности перемещения пыльцы в вертикальном разрезе, так как на данных территориях возрастает доля северных и южных ветров в сравнении с западным районом произрастания *P. pityusa* в Горном Крыму. Ветровой режим в период прохождения фенофазы пыления снижает возможности успешного опыления древостоев *P. pityusa* западной части г. Караул-Оба, так как находящаяся в воздухе пыльца с преобладающим движением воздушных масс в большем объеме перемещается в восточном направлении, этому также способствуют более сильные ветры на данных территориях. Таким образом, увеличивается вероятность снижения гетерогенности древостоев *P. pityusa* на г. Караул-Оба и, как результат, ухудшения качества семян и вероятности успешного семенного возобновления данного вида.

Оценивая возможность техногенного воздействия на процессы репродукции в природных популяциях *P. pityusa* Горного Крыма следует отметить, что поступление поллютантов с воздушными массами в западных районах может происходить в результате их переноса преобладающими здесь западными ветрами с урбанизированных территорий г. Севастополь. В восточном районе в урочище Новый Свет техногенное загрязнение природных популяций *P. pityusa* может быть связано с воздушным переносом поллютантов от автомобильной трассы и территории курортного поселка, которые находятся вблизи нижней границы древостоев.

Заключение

Начало вылета пыльцы весной 2022 г. ранее всего наблюдалось в урочище Батилиман. В древостоях нижней границы произрастания *P. pityusa* это явление отмечалось 24 апреля. Пыление прошло в течение 4-5 дней. В верхней части основного массива насаждений на высоте 120 м н.у.м. вылет пыльцы начался на 4 дня позже и продолжался более длительное время. В урочище Аязьма пыление в нижнем поясе древостоев *P. pityusa* началось 26 апреля, в центре массива лесов на высоте 180 м н.у.м. – 29 апреля, в верхней части на высоте 290 м н.у.м. – 1 мая. С повышением высоты над уровнем моря увеличивается продолжительность фазы пыления и дифференциация деревьев по срокам начала и длительности пыления. В восточной части распространения *P. pityusa* в Горном Крыму фенофаза пыления проходила позже. На г. Караул-Оба на высоте 40 м н.у.м. ее начало наблюдалось 4 мая, продолжительность

составила 5-6 дней. С увеличением высоты местопроизрастания растрескивание микростробилов и высыпание пыльцы происходит с отставанием 1-2 дня при подъеме по высоте на 40-50 м н.у.м. Ветровой режим в период фенофазы пыления снижает возможности успешного опыления древостоев *P. pityusa* западной части г. Караул-Оба, так как пыльца с преобладающим движением воздушных масс в большем объеме перемещается в восточном направлении. Это увеличивает вероятность уменьшения гетерогенности древостоев *P. pityusa* на г. Караул-Оба и негативно влияет на качество семян и возможности ее семенного возобновления.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 22-24-20128

Список литературы

1. Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 512 с.
2. Антюфеев В.В. Агроклиматический потенциал субтропического садоводства в Крыму // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4 (54). – С. 185-188.
3. Велесевич С.Н. Качество пыльцы высокогорных популяций *Pinus sibirica* Du Tour (Pinaceae) в аридных и гумидных районах Алтая // Журнал СФУ. Биология. – 2017. – №3. – С. 301-311.
4. Елагин И.Н. Методика определения фенологических фаз у хвойных // Ботанический журнал. – 1961. – Т. 46, № 7. – С. 985-992.
5. Ефимов В.В., Комаровская О.И. Бризовая циркуляция в атмосфере Крымского региона // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – №6 (186). – С. 77-87.
6. Коба В.П. Фенология пыления и пыльцевая продуктивность *Pinus pithyusa* Stev. в Южном Крыму // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – Ялта, 2004. – Вып. 90. – С. 37-41.
7. Коба В.П. Вміст важких металів у пилку сосни кримської у зв'язку з висотною поясною зростання // Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – Т. 36. – № 5. – С. 410-418.
8. Коба В.П. Исследование качества пыльцы *Pinus pithyusa* Stev. в естественных древостоях Южного Крыма // Цитология и генетика. – 2005. – Т. 39. – № 2. – С. 34-41.
9. Корсакова С.П., Корсаков П.Б., Багрикова Н.А. Климатогенные изменения и прогноз сроков пыления *Juniperus deltoides* (Cupressaceae) // Наука Юга России. – 2020. – Т. 16. – № 3. – С. 40-52. DOI: 10.7868/S25000640200305.
10. Николаева С.А. Начальные этапы онтогенеза *Pinus sibirica* (Pinaceae) в условиях средней тайги // Ботанический журнал. – 2002. – Т. 87, № 3. – С. 62-70.
11. Плугатарь Ю.В., Корсакова С.П., Ильницкий О.А. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – 164 с.
12. Подгорный Ю.К., Ругузов И.А. Особенности микроспорогенеза и развития мужского гаметофита сосны крымской в связи с семеношением и жизнеспособностью популяций // Бюллетень Никитского ботанического сада. – 1979. – Вып. 38. – С. 21-25.
13. Санников С.Н., Шлапаков П.И., Санникова Н.С. Фенология пыления – «цветения», генетическая дифференциация разновысотных популяций сосны крымской // Роль об'єктів ПЗФ у збереженні біорізноманіття: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Алушта 25-27 вересня 2008 р. – Алушта, 2008. – 144-151 с.

Статья поступила в редакцию 13.07.2022 г.

Koba V.P., Korenkova O.O., Makarov N.A. Weather conditions and pollen emission phenology of *Pinus brutia* var. *pityusa* (Steven) Silba // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2022. – № 145 – P. 83-88

Peculiarities of pollen emergence phenology in natural populations of *P. pityusa* Steven in the Mountain Crimea are considered. The influence of weather conditions on the specificity of the process of precipitation and distribution of pollen in the western and eastern parts of *P. pityusa* is shown. It was revealed that the wind regime during the period of the pollination phenophase reduces the probability of successful pollination of *P. pityusa* stands in the western part of the city of Karaul-Oba, since pollen with the prevailing movement of air masses moves to the east in a larger volume, this is also facilitated by stronger winds on the data territories. It was noted that in the stands of *P. pityusa* in the city of Karaul-Oba, the likelihood of a decrease in heterogeneity increases, which negatively affects the quality of seeds and the possibility of its seed renewal.

Key words: *pollen; precipitation; distribution; weather conditions; pollutants*

УДК 582.28 (630*231.1:574.42)

DOI: 10.36305/0513-1634-2022-145-88-95

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ЗАПАСОВ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ НА ПЛОДОНОШЕНИЕ МАКРОМИЦЕТОВ В СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Ольга Михайловна Легощина, Елена Юрьевна Колмогорова,
Владимир Иванович Уфимцев

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения РАН
«Институт экологии человека» 650065, Россия, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10
E mail: legoshchina@mail.ru

Проанализирован химический состав лесной подстилки и проведен учет количества плодовых тел макроскопических грибов в сосновых насаждениях породного отвала угольного разреза (опытная площадка) и в Кузбасском ботаническом саду (контрольная площадка). Выявлено, что в сосновых насаждениях рекультивированных отвалов запас подстилки был ниже, чем в условиях контроля, при этом густота древостоев напрямую влияла на ее количество. Наблюдалась тенденция увеличения содержания общего азота и общего фосфора, а также снижение зольных элементов в подстилке с возрастанием степени сомкнутости лесного полога в сосновых древостоях породного отвала. Сосновые насаждения опытной площадки отличались максимальным количеством плодовых тел макромицетов, при этом условия среднесомкнутых древостоев были наиболее благоприятны для их массового плодоношения.

Ключевые слова: *посттехногенные ландшафты; сосновые насаждения; лесная подстилка; химический состав; макромицеты*

Введение

Развитие угольной отрасли приводит к серьезным изменениям природных ландшафтов и деградации растительного покрова на огромных территориях. В Кузбассе ежегодно увеличивается добыча угля, что способствует росту площадей, нарушенных горными работами. Лесная рекультивация является ведущим направлением восстановления земель нарушенных угледобывающей промышленностью [14].

Согласно ГОСТ Р 57446-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель. Восстановление биологического разнообразия» на первый план выходит экологическая направленность лесной рекультивации, то есть формирование устойчивых самоподдерживающихся древостоев с высоким биологическим разнообразием [5]. В настоящее время актуальным направлением экологических исследований является изучение механизмов устойчивости и функционирования древесных насаждений на посттехногенных территориях, а также изучение видового разнообразия таких компонентов биоты, как растения, животные и грибы.