

УДК 582.475.4.630*182:581.321.2

**ДИНАМИКА БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЫЛЬЦЫ
PINUS PALLASIANA D. DON В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ ГОРНОГО
КРЫМА**

Коба В.П.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: KobaVP@mail.ru*

Приведены результаты изучения динамики биометрических признаков пыльцы *P. pallasiana* в природных популяциях Горного Крыма в связи с особенностями индивидуального развития и влиянием факторов внешней среды. С использованием дисперсионного анализа установлено, что варьирование размеров пыльцы *P. pallasiana*, связанное с действием условий произрастания, в среднем составляет 3-7%, доля влияния отдельного дерева – 15-24%, доля случайного фактора – 70-75%..

Ключевые слова: пыльца, морфологические признаки, динамика, высотная поясность.

ВВЕДЕНИЕ

Использование методов количественной морфогенетики при изучении особенностей динамики морфологических и биометрических признаков в связи с генетической обусловленностью и действием внешних факторов позволяет выявить закономерности и механизмы формирования, сохранения и преобразования конструкции организма и ее элементов, осуществляемых в процессе индивидуального развития, смены поколений и эволюции [1, 2]

Характеристики размеров пыльцевого зерна и его отдельных элементов имеют важное значение не только для систематики и филогении. Изучение изменчивости количественных признаков пыльцы представляет определенный интерес для эколого-генетических и селекционных исследований [3, 4]. Некоторые исследователи считают, что параметры, характеризующие пыльцу сосны, подвержены сильным колебаниям по годам и тесно связаны с погодно-климатическими условиями в период формирования пыльцы, поэтому сравнительная оценка динамики биометрических характеристик пыльцы сосны может быть использована при экологическом контроле окружающей среды [5].

До сегодняшнего дня пыльца *Pinus pallasiana* D. Don с точки зрения ее биометрических показателей остается достаточно слабо изученным объектом. В отдельных работах приведены характеристики ее размеров [6, 7], однако полностью отсутствует информация о динамике биометрических признаков в связи с различием условий произрастания. Проведение исследований с использованием системы экологического мониторинга позволяет проследить изменчивость признака

связи с различием условий произрастания, что расширяет возможности оценки специфики взаимодействия организма с факторами внешней среды.

Целью работы было изучение динамики биометрических признаков пыльцы *P. pallasiana* в природных популяциях Горного Крыма в связи с особенностями индивидуального развития и влиянием факторов внешней среды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор на площади наиболее крупного массива естественных лесов *P. pallasiana*, простирающегося от пос. Запрудное до пос. Симеиз. По трём высотным профилям в пределах высот от 400 до 1200 м над уровнем моря было заложено 10 постоянных пробных площадей. Первый профиль расположен в западной части массива в районе Алупки, он включает три пробные площади № 1, 2, 3, заложенные на высотах 400, 600 и 900 м над уровнем моря. Второй профиль находится в центральной части массива, непосредственно над Ялтой (центральный профиль – на склоне хребта Иограф), состоит из четырех пробных площадей № 4, 5, 6, 7 с высотными отметками 400, 600, 900 и 1200 м. Третий восточный профиль размещен на склоне Никитского хребта и имеет четыре пробные площади № 8, 9, 10 с высотными отметками 400, 600 и 900 м. На пробных площадях размером 20x20 м, применяя методы лесной таксации [8, 9], было выбрано 10 модельных деревьев. В мае-июне, в период вылета пыльцы, с модельных деревьев собирали пыльцу посредством встряхивания микростробиллов в простерилизованные бюксы. В дальнейшем ее хранили в эксикаторе над хлористым кальцием при температуре +5°C [10].

Биометрический анализ пыльцевых зерен проводили на временных ацетокарминовых препаратах по методике М.Х. Монзон-Смолиной (1949) [6]. У пятидесяти пыльцевых зерен с каждого модельного дерева с использованием микроскопа «Биолам-И» измеряли микролинейкой пять параметров – общую длину, длину и высоту тела пыльцевого зерна, длину и высоту летательного мешка. Уровень изменчивости отдельных признаков анализировали, используя шкалу коэффициентов вариации С.А. Мамаева (1970) [11]. Цифровые результаты наблюдений обрабатывали, применяя методы вариационной статистики [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты изучения количественных показателей морфологических признаков пыльцы *P. pallasiana* показали, что средние размеры пыльцевого зерна по пробным площадям изменяются в пределах: общая длина пыльцы от 72 до 79 мкм, длина и высота тела пыльцевого зерна – 47-55 мкм и 40-44 мкм, длина и высота летательного мешка 24-28 мкм и 29-34 мкм, соответственно (табл. 1). Наиболее крупная пыльца отмечалась на нижней площадке восточного профиля, здесь средние показатели составили для общей длины пыльцы $78,2 \pm 0,7$ мкм, длины и высоты тела пыльцевого зерна $54,2 \pm 0,6$ и $42,6 \pm 0,6$, длины и высоты летательного мешка $27,6 \pm 0,4$ и $33,8 \pm 0,4$, соответственно. Самую мелкую пыльцу продуцировали древостои центрального

профиля, особенно в нижнем (400 м н. у. м.) и верхнем поясах (1200 м н. у. м.). Здесь размеры пыльцы и отдельных ее элементов были ниже в среднем на 3-5% в сравнении с западным и восточным профилями. В центральном поясе эти различия менее существенны. В целом это может быть связано с генетической дифференциацией разновысотных популяций *P. pallasiana* [13].

Таблица 1
Биометрические характеристики пыльцы *P. Pallasiana*

№ пр. пл.	Выс. н. у. м., м	L		A		B		C		D	
		M±s	V								
1	400	78,2±0,5	8,3	54,2±0,6	9,3	42,6±0,6	11,4	27,6±0,4	14,3	33,8±0,4	11,2
2	600	76,0±0,5	5,6	53,0±0,4	7,0	41,1±0,4	8,8	24,7±0,3	10,9	31,9±0,4	10,8
3	900	76,6±0,6	8,2	53,7±0,6	9,0	43,7±0,6	12,6	26,4±0,5	15,7	33,8±0,6	16,5
4	400	74,0±0,9	12,7	51,9±0,9	16,3	41,7±0,9	19,0	26,5±0,6	18,7	32,9±0,7	20,9
5	600	74,0±0,6	7,1	50,7±0,6	10,0	40,4±0,4	9,4	26,1±0,5	16,6	33,5±0,6	16,4
6	900	72,3±0,9	12,0	48,3±0,9	17,0	40,8±0,7	14,4	24,6±0,6	19,7	31,6±0,8	24,7
7	1200	73,2±0,7	8,5	49,3±0,7	12,2	40,7±0,6	13,1	27,2±0,5	16,6	34,3±0,7	19,5
8	400	74,7±0,9	12,5	52,0±0,7	12,3	42,9±0,8	16,0	28,0±0,5	15,2	31,6±0,6	16,7
9	600	74,6±0,8	9,4	50,8±0,7	12,2	40,9±0,8	16,5	26,1±0,4	14,0	30,9±0,6	18,1
10	900	72,6±0,6	7,3	53,4±0,6	10,3	41,6±0,5	11,3	25,6±0,5	16,1	29,3±0,6	19,0

Примечание: L – длина пыльцевого зерна; A – длина тела пыльцевого зерна; B – высота тела пыльцевого зерна; C – длина летательного мешка; D – высота летательного мешка; M – средний показатель; s – ошибка среднего показателя; V – коэффициент вариации, %.

С использованием шкалы С.А. Мамаева (1970), уровень изменчивости пыльцы, собранной с одного дерева, для высоты летательного мешка следует характеризовать как повышенный и средний (коэффициент вариации изменяется в пределах 14-24%), средний для длины летательного мешка (V = 11-19%), средний и низкий для длины и высоты тела пыльцевого зерна (V = 8-19%), низкий и очень низкий для общей длины пыльцевого зерна (V = 6-12%). Самая высокая изменчивость пыльцевого зерна наблюдалась по центральному профилю. На пробной площади № 4 коэффициент вариации размеров для общей длины пыльцевого зерна составил 12,7%, длины и высоты тела – 16,3% и 19,0%, длины и высоты летательных мешков – 18,7% и 20,9%, соответственно. Это значительно выше в сравнении с уровнем варьирования аналогичных показателей пыльцы с площадок того же высотного пояса западного и восточного профилей. При этом внутригрупповая изменчивость пыльцы по пробным площадям характеризуется низким уровнем (3-4%). Таким образом, индивидуальная изменчивость размеров пыльцы является наиболее динамичным показателем, отражающим морфогенетическую специфику формирования мужских репродуктивных структур отдельного дерева.

В генетике количественных признаков для оценки влияния фактора на изменчивость какой-либо количественной характеристики используют показатель

силы влияния фактора на результирующий признак, значение которого в дисперсионном анализе определяется как доля межгрупповой вариации в общем варьировании результирующего признака [12, 14]. С использованием данных подходов, нами был проведен анализ одно- и двухфакторного иерархических комплексов, в которых факториальные дисперсии характеризуют внутригрупповую и межгрупповую экологическую изменчивость [2]. Для оценки соотносительной изменчивости признаков в тех же иерархических комплексах проводился корреляционный анализ. При этом использовали количественные данные трех признаков: L – общая длина пыльцевого зерна, А, В – длина и высота тела пыльцевого зерна.

Таблица 2

**Показатели общей и относительной факториальной изменчивости размеров
пыльцы *P. pallasiana***

<i>Внутригрупповая (на пробной площ.)</i> Межгрупповая (между проб. площ.)	Факториальные доли вариансы (%)			Коэффициент корреляции пар признаков		
	L	A	B	LA	LB	AB
1	15,3	14,9	13,8	0,763	0,774	0,875
1 – 2	2,9	2,1	3,1	0,791	0,803	0,905
2	22,5	23,7	14,0	0,732	0,783	0,813
2 – 3	2,0	2,3	2,6	0,814	0,820	0,894
3	10,2	17,3	8,1	0,644	0,842	0,653
1 – 3	2,4	5,7	4,7	0,635	0,808	0,837
4	13,1	10,0	10,2	0,498	0,617	0,691
4 – 5	4,2	7,2	5,9	0,621	0,574	0,829
5	17,8	18,9	12,3	0,635	0,832	0,703
5 – 6	1,8	3,4	2,0	0,568	0,641	0,811
6	12,9	14,0	12,7	0,701	0,742	0,851
6 – 7	3,3	6,1	3,2	0,634	0,768	0,890
7	19,3	23,3	12,4	0,813	0,784	0,768
7 – 8	2,7	2,2	3,7	0,799	0,817	0,742
8	21,0	21,8	14,9	0,831	0,827	0,742
8 – 9	1,8	1,3	3,6	0,794	0,820	0,767
9	16,3	17,7	10,8	0,788	0,821	0,909
9 – 10	2,7	1,8	2,9	0,757	0,714	0,848

В таблице № 2 приведены факториальные доли вариации и коэффициенты корреляции признаков, полученных по данным двухфакторного дисперсионного и корреляционного анализа иерархического комплекса, составленного из 9 групп, по 10 деревьев в группе и 50 пыльцевым зернам с каждого дерева. Группы взяты по трем высотным поясам (400, 600 и 900 м над уровнем моря) с трех профилей.

Факториальные критерии Фишера для всех рассматриваемых признаков существенны.

Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют, что варьирование размеров пыльцы *P. pallasiana*, связанное с действием условий произрастания, в среднем составляет 3-7%, доля влияния отдельного дерева – 15-24%, доля случайного фактора – 70-75%. Наиболее высокая внутригрупповая факториальная вариация отмечалась в древостоях среднего пояса на высоте 600 м над уровнем моря. Здесь для общей длины пыльцевого зерна она составила по западному профилю 22,5%, центральному – 17,8%, восточному – 21,0%. Для длины тела пыльцевого зерна эта вариация имела значения для западного профиля 23,7%, центрального – 18,9%, восточного – 21,8%. В меньшей степени влияние отдельного дерева сказывается на высоте тела пыльцевого зерна. Внутри групповая вариация данного признака на площадках среднего пояса изменялась в пределах 12,3-14,9%.

Существенное ослабление внутригрупповой доли влияния и некоторое увеличение межгрупповой вариации наблюдается на площадках нижнего и верхнего пояса. Более всего это проявляется по центральному профилю, где наблюдалась наиболее низкая внутригрупповая вариация (в среднем ниже на 5-6% в сравнении с западным и восточным профилями) рассматриваемых признаков на фоне увеличения значений межгрупповой вариации. Самая высокая межгрупповая вариация имела место при сравнении групп нижнего (400 м) и среднего пояса (600 м), в то время как минимальные межгрупповые вариации по всем трем профилям были получены при сравнении среднего и верхнего поясов. Это свидетельствует о более резком изменении морфогенеза пыльцы в пределах высот 400-600 м в сравнении с подобной изменчивостью на высотах 600-900 м над уровнем моря.

Дополнительную информацию о факторах, определяющих динамику количественных признаков, можно получить анализируя уровень корреляции отдельных элементов пыльцевого зерна. Значения коэффициентов корреляции пар признаков, приведенные в таблице № 2, достоверны на 1% и 5% уровне значимости по *t*-критерию Стьюдента. В целом западный и восточный профили характеризуются более высокими внутригрупповыми и межгрупповыми коэффициентами корреляции. Стабильно высокие значения коэффициента корреляции наблюдаются в среднем поясе. Самая низкая связь между отдельными элементами пыльцевого зерна имеет место в нижнем поясе центрального профиля. Здесь также заметно ослаблена межгрупповая связь.

Высокий уровень значений коэффициентов корреляции отдельных пар признаков указывает на сохранение отношений размеров частей пыльцевого зерна в различных насаждениях, что возможно при одинаковом или близком уровне гетерогенности. Количественные признаки в популяции, как правило, детерминируют полигенно. Генетически обусловленная изменчивость количественных признаков связана с расщеплением полиморфной части локусов, контролирующей его развитие. В тех случаях, когда динамика признака не имеет прямого адаптивного значения, этот признак может являться маркером процессов онтогенеза, коррелятивно отражающихся на его изменчивости [14]. Поэтому различия уровня корреляции признаков, отмеченные у пыльцевого зерна в связи с

условиями среды, являются остаточным результатом морфогенетических процессов различных этапов формирования и развития пыльцевого зерна.

ВЫВОД

1. Средние размеры пыльцевого зерна *P. pallasiana* в природных популяциях Горного Крыма изменяются в пределах: общая длина пыльцы от 72 до 79 мкм, длина и высота тела пыльцевого зерна – 47-55 мкм и 40-44 мкм, длина и высота летательного мешка 24-28 мкм и 29-34 мкм, соответственно.
2. С использованием дисперсионного анализа установлено, что варьирование размеров пыльцы *P. pallasiana*, связанное с действием условий произрастания, в среднем составляет 3-7%, доля влияния отдельного дерева – 15-24%, доля случайного фактора – 70-75%.
3. В древостоях *P. pallasiana* южного макросклона Главной гряды Крымских гор в пределах высот 400-600 м над уровнем моря наблюдается более резкое изменение биометрических характеристик пыльцы в сравнении с подобной изменчивостью в интервале высот 600-900 м.
4. Высокие значения коэффициентов корреляции биометрических признаков свидетельствуют о сохранении отношений размеров отдельных частей пыльцевого зерна в различных древостоях, что отражает близкий уровень гетерогенности природных популяций *P. pallasiana* Горного Крыма по данным характеристикам

Список литературы

1. Глотов Н.В. Оценка генетической гетерогенности природных популяций: количественные признаки / Н.В. Глотов // Экология. – 1983. – № 1. – С. 3-10.
2. Магомедмирзаев М.М. Введение в количественную морфогенетику / М.М. Магомедмирзаев. – М.: Наука, 1990. – 230 с.
3. Земляной А.И. Особенности микроспорогенеза у кедров сибирского на Алтае / А.И. Земляной // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. – 1971. – Вып. 3. – № 15. – С. 51-54.
4. Некрасова Т.П. Пыльца и пыльцевой режим хвойных Сибири / Т.П. Некрасова. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. – 169 с.
5. Третьякова И.Н. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса / И.Н. Третьякова, Н.Е. Носкова // Экология. – 2004. – № 1. – С. 26-33.
6. Монсозон-Смолина М.Х. К вопросу о морфологии пыльцы некоторых видов рода *Pinus* L. / М.Х. Монсозон-Смолина // Ботан. журн. – 1949. – Т. 34. – № 4. – С. 352-380. Анучин Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 512 с.
7. Подгорный Ю.К., Ругузев И.А. Особенности микроспорогенеза и развития мужского гаметофита сосны крымской в связи с семеношением и жизнеспособностью популяций // Бюл. Никит. ботан. сада. – 1979. – Вып. 38. – С. 21-25.
8. Анучин Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 512 с.
9. Вагин А.В., Мурахтанов Е.С., Ушаков А.И. Лесная таксация и лесоустройство / А.В. Вагин, Е.С. Мурахтанов, А.И. Ушаков и др. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 368 с.
10. Котелова Н.В. Проращивание пыльцы на искусственных средах и способы хранения пыльцы сосны обыкновенной / Н.В. Котелова // Научн. техн. информ. МЛТИ. – 1956. – № 23. – С. 13-20.
11. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1973. – 284 с.
12. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

13. Санников С.Н. Фенология пыления – «цветения», генетическая дифференциация разновысотных популяций сосны крымской / С.Н. Санников, П.И. Шлапаков, Н.С. Санникова // Роль об'єктів ПЗФ у збереженні біорізноманіття: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Алушта 25-27 вересня 2008 р. – Алушта, 2008. – 144-151 с.
14. Животовский Л.А. Интеграция полигенных систем в популяциях. – М., 1984. – 184 с.

Коба В.П. Динаміка біометричних показників пилку *Pinus pallasiana* D. Don у природних популяціях гірського Криму / В.П. Коба // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 77-83.

Приведено результати дослідження динаміки біометричних ознак пилку *P. pallasiana* у природних популяціях Гірського Криму в зв'язку з особливостями індивідуального розвитку і впливом факторів зовнішнього середовища. З використанням дисперсійного аналізу встановлено, що варіювання розмірів пилку *P. pallasiana*, яке зв'язане з дією умов виростання, у середньому складає 3-7%, частка впливу окремого дерева – 15-24%, частка випадкового чинника – 70-75%.

Ключові слова: пилко, морфологічні ознаки, динаміка, висотна поясність.

Koba V.P. Dynamics of biometric parameters of pollen *Pinus pallasiana* D. Don in connatural populations of Mountain Crimea / V.P.Koba // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 77-83.

The results of study of dynamics of biometric attributes of pollen *P. pallasiana* in connatural populations of Mountain Crimea are given in connection with features of individual development and influence of environmental factors. With use dispersion of analysis is established, that the variation of the dimensions of pollen *P. pallasiana*, connected with action of conditions growing, on the average compounds 3-7%, lobe of influence of a separate arbor – 15-24%, lobe of a random factor – 70-75%.

Keywords: pollen, morphological characters, dynamics, high-altitude girdles.

Поступила в редакцію 15.04.2012 г.