

УДК 582.475:581.33:631.529 (477.75)

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН НЕКОТОРЫХ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ СОСЕН В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

Т.М. Сахно

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта

Приведены результаты исследования морфометрических особенностей пыльцы североамериканских видов сосен: *Pinus radiata* D. Don, *P. sabiniana* Douglas и *P. coulteri* D. Don, произрастающих на Южном берегу Крыма (ЮБК). Выявлены различия размеров пыльцевых зерен и их отдельных параметров. Для метрических показателей изучаемых параметров характерна низкая амплитуда изменчивости, что свойственно для мужской генеративной сферы. Несмотря на существенные различия размеров пыльцевых зерен исследуемых видов они имеют одинаковый коэффициент парусности, что обеспечивает идентичные аэродинамические свойства пыльцы.

Ключевые слова: пыльца, интродукция, североамериканские виды, *Pinus radiata* D. Don, *Pinus sabiniana* Douglas, *Pinus coulteri* D. Don, морфометрия, Южный берег Крыма.

DOI: 10.26456/vtbio34

Введение. Изменчивость размеров пыльцевых зерен и их жизнеспособность определяется видовой принадлежностью (Skogsmug, Lankinen, 1999) и генотипом, однако, в значительной степени зависит от экологических факторов (Young, Stanton, 1990; Quesada et al., 1995; Delph et al., 1997; Travers, 1999; Parantainen, Pulkkinen, 2002). В настоящее время морфологические характеристики пыльцы представителей рода *Pinus* L. относят к наиболее информативным признакам, позволяющим провести раннюю диагностику устойчивости и состояния растений, особенно в регионах, где складываются экстремальные для видов условия произрастания (Тихонова, 2005).

Количественные и качественные характеристики пыльцевых зерен определяют репродуктивные возможности вида и служат важнейшими диагностическими признаками в эколого-генетических, селекционных и фитомониторинговых исследованиях (Некрасова, 1983; Коба, 2012; Коба, Крестьянишин, 2017). Показатели морфологических характеристик пыльцы используются для изучения возможностей растений адаптироваться к динамическим и стрессовым условиям обитания, а также для оценки экологической пластичности и толерантности репродуктивных механизмов растений (Третьякова,

1990; Бондарь, Частоколенко, 2002; Коба, 2004; Тихонова, 2005; Носкова, Третьякова, 2006; Елькина, Карпова, 2015). В свою очередь, метрические показатели отдельных параметров пыльцевого зерна, а также их соотношение, служат важнейшими критериями для оценки аэродинамических свойств пыльцы и способности к анемофильному опылению (Ткаченко, Самошкин, 2001).

Цель настоящей работы провести оценку морфометрических характеристик пыльцевых зерен трех североамериканских видов сосен: *Pinus radiata* D. Don, *P. sabiniana* Douglas и *P. coulteri* D. Don, произрастающих на Южном берегу Крыма (ЮБК).

Методика. Материал для изучения отбирали в период массового лета пыльцы с нижней трети кроны модельных деревьев в сухую, безветренную погоду в 2017 г. С использованием временных ацетокарминовых препаратов (Паушева, 1980) изучали морфометрические параметры пыльцевых зерен по методике М.Х. Моносзон-Смолиной (1949). Измеряли общую длину (L), длину (A) и высоту (B) тела пыльцевого зерна, длину (C) и высоту (D) летательного мешка у 750 пыльцевых зерен каждого вида, а также рассчитывали коэффициенты формы как отношение A/B, C/D, A/L, B/L. Парусность пыльцы определяли по формуле: (C+D)/(A+B). Для оценки степени варьирования признаков использовалась шкала С.А. Мамаева (1972). Исследование проводили с использованием микроскопа ЛОМО Микмед-5 и компьютерной программы MSview. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью программы Excel по общепринятым методикам в биометрии (Лакин, 1990).

Результаты и обсуждение. Наибольшие размеры пыльцы были выявлены у *P. coulteri* (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Морфометрические параметры пыльцевых зерен

Вид		Параметры пыльцевых зерен, мкм				
		L	A	B	C	D
<i>P. radiata</i>	Lim	90,7-125,9	47,4-81,8	46,3-68,2	37,4-73,3	24,1-53,5
	X ± S _x	107,2±0,2	64,7±0,2	58,2±0,1	55,2±0,2	36,5±0,2
	C.V., %	5,1	9,4	6,8	11,3	14,5
<i>P. sabiniana</i>	Lim	71,2-126,5	44,1-89,8	39,6-85,2	33,5-73,4	25,4-49,5
	X ± S _x	104,6±0,3	68,0±0,2	61,5±0,3	56,5±0,2	38,0±0,2
	C.V., %	7,9	7,7	13,5	11,7	11,9
<i>P. coulteri</i>	Lim	98,5-142,3	58,8-102,2	47,8-86,2	37,6-71,9	28,8-63,2
	X ± S _x	117,4±0,2	77,9±0,2	65,9±0,2	56,0±0,2	42,2±0,2
	C.V., %	5,5	8,7	9,3	11,4	12,2

Среднее значение общей длины пыльцевого зерна с учетом воздушных мешков составляет $117,4 \pm 0,2$ мкм, амплитуда изменчивости от 98,5 до 142,3 мкм, при вариации 5,5 %. Длина тела пыльцевого зерна колеблется от 58,8 до 102,2 мкм, среднее значение $77,9 \pm 0,2$ мкм (С.V. 8,7%). Высота тела пыльцевого зерна находится в пределах 47,8-86,2 мкм, среднее значение $65,9 \pm 0,2$ мкм, варьирование показателя составило 9,3%. Характеристики летательных мешков имеют следующие значения: средняя длина $56,0 \pm 0,2$ мкм, предел изменчивости от 37,6-71,9 мкм (С.V. 11,4%), средняя высота $42,2 \pm 0,2$ мкм, изменяется данный показатель от 28,8 до 63,2 мкм при коэффициенте вариации 12,2%. Немного меньшие, по сравнению с предыдущим видом, отмечены параметры пыльцы у *P. radiata*. Среднее значение общей длины пыльцевого зерна составило $107,2 \pm 0,2$ мкм. Данный параметр изменяется от 90,7 до 125,9 мкм (С.V. 5,1%). Длина тела пыльцы достигает $64,7 \pm 0,2$ мкм, при коэффициенте вариации 9,4%, высота тела – $58,2 \pm 0,1$ мкм, изменчивость – 6,8%. Среднее значение длины и высоты воздушных мешков $55,2 \pm 0,2$ мкм (С.V. 11,7%) и $38,0 \pm 0,2$ мкм (С.V. 11,9%) соответственно. Пыльца *P. sabiniana* характеризуется следующими параметрами: среднее значение длины пыльцевого зерна с учетом летательных мешков – $104,6 \pm 0,3$ мкм (С.V. 7,9%), длина тела пыльцевого зерна – $68,0 \pm 0,2$ мкм (С.V. 7,7%), высота – $61,5 \pm 0,3$ мкм (С.V. – 13,5%), длина воздушного мешка – $56,5 \pm 0,2$ мкм (С.V. 11,7%) и его высота – $38,0 \pm 0,2$ мкм (С.V. 11,9%).

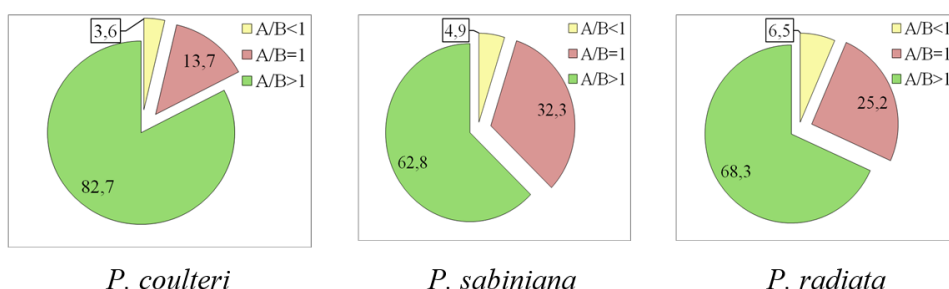
С использованием шкалы С.А. Мамаева установлено, что отдельные параметры пыльцевых зерен исследуемых видов имеют очень низкий и низкий уровень изменчивости. Средний уровень варьирования наблюдался для параметров высоты тела пыльцевого зерна у *P. sabiniana* и высоты летательных мешков у *P. radiata*.

Для более подробной характеристики пыльцы часто используют показатели коэффициентов формы отдельных параметров пыльцевого зерна, которые определяются как отношения A/B , C/D , A/L , B/L .

Форма пыльцевого зерна (морфологический анализ) определялась по соотношению длины тела пыльцы (A) к его высоте (B). При этом было выделено 3 группы пыльцы по форме тела: $A/B > 1$, $A/B = 1$ и $A/B < 1$. Для исследуемых видов распределение формы тела пыльцевого зерна носит разный характер (рис. 1).

Результаты исследований показали заметное увеличение количества пыльцевых зерен с преобладанием высоты тела зерна у некоторых видов. Наименьшее количество морфологически измененных пыльцевых зерен отмечено у *P. coulteri* – 3,6%, несколько больше у *P. sabiniana* – 4,9% и *P. radiata* – 6,5%. В районе проведения исследований отмечена тенденция увеличения количества пыльцевых

зерен с преобладанием высоты тела пыльцевого зерна у менее засухоустойчивых видов.



Р и с. 1. Распределение пыльцевых зерен по коэффициенту формы (A/B)

Соотношение высоты и длины тела пыльцевого зерна (A/B), как правило, наименее варибельных признаков, характеризует не только морфологические особенности тела пыльцевых зерен, но и парусность пыльцы (табл. 2).

С приближением показателя к единице увеличивается летучесть пыльцевого зерна. Соотношение A/B имеет пониженное значение летательной способности у *P. coulteri* (С.V. 12,1%) при коэффициенте – 1,2. Для двух других видов *P. radiata* (С.V. 10,8%) и *P. sabiniana* (С.V. 11,7%) этот показатель составил 1,1.

Парусность воздушных мешков характеризует коэффициент формы C/D, чем он больше приближается к 1, тем более шаровидная форма летательных мешков и, соответственно, увеличивается летательная способность пыльцы.

Т а б л и ц а 2
Коэффициенты формы и парусности пыльцевых зерен

Вид		Коэффициенты формы пыльцевых зерен				
		A/B	C/D	A/L	B/L	Парусность
<i>P. radiata</i>	Lim	0,8-1,5	0,4-1,0	0,4-0,8	0,4-0,6	0,5-1,0
	$X \pm S_x$	1,1±0,0	0,7±0,0	0,6±0,0	0,5±0,0	0,7±0,0
	CV, %	11,8	14,6	8,4	6,8	11,2
<i>P. sabiniana</i>	Lim	0,9-1,7	0,4-1,0	0,5-1,0	0,4-1,0	0,5-0,9
	$X \pm S_x$	1,1±0,0	0,7±0,0	0,7±0,0	0,6±0,0	0,7±0,0
	CV, %	12,9	10,6	7,8	9,5	7,4
<i>P. coulteri</i>	Lim	0,8-1,7	0,5-1,5	0,5-0,8	0,4-0,7	0,5-0,9
	$X \pm S_x$	1,2±0,0	0,8±0,0	0,7±0,0	0,6±0,0	0,7±0,0
	CV, %	12,1	11,6	8,2	9,4	10,6

У пыльцы изучаемых видов летательные мешки имеют вытянутую форму. Для *P. radiata* и *P. sabiniana* коэффициент равен 0,7 при коэффициенте вариации 10,8% и 11,7%, соответственно. У

P. coulteri летательные мешки менее вытянутые чем у предыдущих двух видов, соотношение C/D составило 0,8 (С.V. 10,5-11,6%).

Чем выше A/L, тем слабее летучесть пыльцы, так как зерно занимает большую часть ее длины. Соотношение длины тела пыльцевого зерна к общей длине зерна для *P. sabiniana* и *P. coulteri* составило 0,7. Несколько большей летучестью по данному признаку обладает пыльца *P. radiata*, у которой соотношение A/L равно 0,6.

Перечисленные коэффициенты не в полной мере дают представления об аэродинамических особенностях пыльцы. Наиболее объективным показателем является коэффициент парусности пыльцы, с увеличением которого повышается летательная способность пыльцевых зерен.

Как показали результаты расчетов (табл. 2), у всех исследуемых видов, несмотря на существенные различия морфометрических характеристик пыльцевых зерен, а также их отдельных параметров, коэффициент парусности равен 0,7. Степень варьирования данного признака низкая, коэффициент вариации у *P. coulteri* – 10,6, *P. sabiniana* – 7,4% и *P. radiata* – 11,2%.

Заключение. Наибольшие размеры пыльцы выявлены у *P. coulteri*, среднее значение общей длины пыльцевого зерна с учетом воздушных мешков составляет $117,4 \pm 0,2$ мкм. Этот показатель для *P. radiata* составил $107,2 \pm 0,2$ мкм, *P. sabiniana* – $104,6 \pm 0,3$ мкм. Отдельные параметры пыльцевых зерен исследуемых видов характеризуются очень низким и низким уровнем изменчивости. Средний уровень варьирования наблюдался при оценке параметров высоты тела пыльцевого зерна у *P. sabiniana* и высоты летательных мешков у *P. radiata*. Аэродинамические свойства пыльцы исследуемых видов свидетельствуют об одинаковой дальности ее распространения, несмотря на различие ее размеров. Можно предположить, что размеры параметров пыльцевых зерен, безусловно обусловлены генотипом, однако их варьирование в пределах вида и в пределах конкретного пыльцевого зерна носит эволюционно приспособительный характер для обеспечения наивысшего показателя парусности.

Список литературы

- Бондарь Л.М., Частоколенко Л.В. 2002. Микроспорогенез как один из возможных биоиндикаторов загрязняющего воздействия автотрассы // Биологические науки. № 5. С. 79-84.
- Елькина Н.А., Карпова Е.Е. 2015. Применение палиноиндикационного метода для оценки адаптивного потенциала приморских растений западного побережья Белого моря // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. № 8 (153). С. 52-56.

- Коба В.П. 2004. Исследование некоторых особенностей морфогенеза и прорастания пыльцы *Pinus pallasiana* D. Don. // Цитология и генетика. №3. С. 38-45.
- Коба В.П. 2012. Динамика биометрических показателей пыльцы *Pinus pallasiana* D. Don в природных популяциях Горного Крыма // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского Серия «Биология, химия». Т. 25 (64). № 2. С. 77-83.
- Коба В.П., Крестьянишин И.А. 2017. Фенология пыления и качество пыльцы сосны обыкновенной в искусственных насаждениях Крымской яйлы // Лесоведение. № 6. С. 424-430.
- Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. М.: Высшая школа. 352 с.
- Мамаев С.А. 1972. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука. 284 с.
- Монозон-Смолина М.Х. 1949. К вопросу о морфологии пыльцы некоторых видов рода *Pinus* // Ботан. журн. Т. 34. № 4. С. 352-380.
- Некрасова Т.П. 1983. Пыльца и пыльцевой режим хвойных Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. 169 с.
- Носкова Н.Е., Третьякова И.Н. 2006. Влияние стресса на репродуктивные способности сосны обыкновенной // Хвойные бореальной зоны. № 3. С. 54-63.
- Паушева З.П. 1980. Практикум по цитологии растений. М.: Колос. 1980. 304 с.
- Тихонова И.В. 2005. Морфологические признаки пыльцы в связи с состоянием деревьев сосны в сухой степи // Лесоведение. № 1. С. 63-68.
- Ткаченко А.Н., Самошкин Е.Н. 2001. Изменчивость пыльцы сосны обыкновенной на лесосеменной плантации в Брянском округе зоны широколиственных лесов // Лесной журнал. № 4. С. 23-27.
- Третьякова И.Н. 1990. Эмбриология хвойных. Новосибирск: Наука. 157 с.
- Skogsmyr I. & Lankinen E. 1999. Selection on pollen competitive ability in relation to stochastic factors influencing pollen deposition // Evolutionary Ecology Research. V.1 (8). P. 971-985.
- Delph L.F., Johannsson M.H., Stephenson A.G. 1997. How environmental factors affect pollen performance: ecological and evolutionary perspectives // Ecology. Vol. 78. P. 1632-1639.
- Parantainen A., Pulkkinen P. 2002. Pollen viability of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in different temperature conditions: high levels of variation among and within latitudes // Forest Ecology and Management. Vol. 167. №1-3. P. 149-160.
- Quesada M., Bollman K., Stephenson A. 1995. Leaf damage decreases pollen production and hinders pollen performance in *Cucurbita texana* // Ecology. V. 76. P. 437-443.
- Travers S.E. 1999. Pollen performance of plants in recently burned and unburned environments // Ecology. Vol. 80. P. 2427-2434.
- Young H.J., Stanton M.L. 1990. Influence of environmental quality on pollen competitive ability in wild radish // Science. V. 248. P. 1631-1633.

MORPHOMETRIC FEATURES OF POLLEN GRAINS OF SOME NORTH AMERICAN PINES IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN COAST OF THE CRIMEA

T.M. Sakhno

Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS, Yalta

I studied pollen morphometry of North American species of pines, *Pinus radiata* D. Don, *P. sabiniana* Douglas and *P. coulteri* D. Don, growing on the Southern Coast of the Crimea (SCC). Size variability of pollen grains is described. Low variability of metric parameters is characteristic for the male generative sphere. Despite pronounced variability of the sizes of pollen grains they still have sail ratio that provides identical aerodynamic properties to all of them.

Keywords: *pollen, introduction, North American species, Pinus radiata D. Don, Pinus sabiniana Douglas, Pinus coulteri D. Don, morphometry, Southern coast of Crimea.*

Об авторе

САХНО Татьяна Михайловна – младший научный сотрудник лаборатории лесоведения, ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», 298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, спуск Никитский, 52, e-mail: sahno_tanya@mail.ru.

Сахно Т.М. Морфометрические особенности пыльцевых зерен некоторых североамериканских осен в условиях южного берега Крыма / Т.М. Сахно // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2018. № 4. С. 136-142.