

Научная статья

УДК 581.162-133.12

DOI: 10.32516/2303-9922.2024.49.3

Биометрические показатели, доброкачественность и жизнеспособность пыльцы можжевельника высокого (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) в условиях Горного Крыма

Олеся Олеговна Коренькова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия, o.o.korenkova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6482-7312>

Аннотация. Формирование мужской генеративной сферы является одним из наиболее важных этапов репродуктивного цикла. В среднем диаметр пыльцевых зерен *J. excelsa* в Горном Крыму составляет $28,70 \pm 0,72$ мкм. Среди ведущих факторов, оказывающих воздействие на развитие пыльцы, можно выделить климатические условия и высоту мест произрастания над уровнем моря (сила их влияния составляет 11,78 и 12,52% соответственно). Доля прокрашенной пыльцы *J. excelsa* в Горном Крыму варьирует от $20,21 \pm 1,99$ до $84,10 \pm 3,74\%$, что в 2—8 раз больше, чем число реально жизнеспособных пыльцевых зерен. К числу проросших пыльцевых зерен в среднем относится лишь $16,28 \pm 1,07\%$. Среди основных факторов, оказывающих воздействие на реальную жизнеспособность пыльцевых зерен *J. excelsa* в Горном Крыму, можно выделить высоту мест произрастания над уровнем моря, экспозицию склона и антропогенное воздействие. Заметным фактором является степень антропогенного воздействия на развитие мужской генеративной сферы *J. excelsa* в Горном Крыму. На наиболее нарушенных территориях доля проросшей пыльцы в среднем в 1,7 раза меньше, чем на особо охраняемых природных территориях.

Ключевые слова: *Juniperus excelsa* M. Bieb., пыльцевые зерна, жизнеспособность пыльцы, Горный Крым, факторы окружающей среды.

Для цитирования: Коренькова О. О. Биометрические показатели, доброкачественность и жизнеспособность пыльцы можжевельника высокого (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) в условиях Горного Крыма // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2024. № 1 (49). С. 32—45. URL: http://vestospu.ru/archive/2024/articles/49/3_49_2024.pdf. DOI: 10.32516/2303-9922.2024.49.3.

Original article

Biometric indicators, degree of quality and viability of high juniper pollen (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) in the conditions of the Crimean Mountains

Olesya O. Korenkova

Moscow State University Of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia, o.o.korenkova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6482-7312>

Abstract. The formation of the male generative sphere is one of the most important stages of the reproductive cycle. On average, the diameter of pollen grains of *J. excelsa* in the Crimean Mountains is 28.70 ± 0.72 μm . Among the leading factors influencing the development of pollen, one can highlight the climatic conditions and the height of the growing areas above sea level (the strength of their influence is 11.78% and 12.52%, respectively). The proportion of colored *J. excelsa* pollen in the Crimean Mountains varies from 20.21 ± 1.99 to $84.10 \pm 3.74\%$, which is 2—8 times more than the number of actually viable pollen grains. On average, only $16.28 \pm 1.07\%$ belong to the number of sprouted pollen grains. Among the main factors influencing the actual viability of *J. excelsa* pollen grains in the Crimean Mountains are the height of the growing areas above sea level, slope exposure and anthropogenic impact. The degree of anthropogenic impact on the development of the male generative sphere of

© Коренькова О. О., 2024

J. excelsa in the Crimean Mountains is noticeable. In the most disturbed areas the proportion of sprouted pollen is on average 1.7 times less than in specially protected natural areas.

Keywords: *Juniperus excelsa* M. Bieb., pollen grains, pollen viability, Mountain Crimea, environmental factors.

For citation: Korenkova O. O. Biometric indicators, degree of quality and viability of high juniper pollen (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) in the conditions of the Crimean Mountains. *Vestnik of Orenburg State Pedagogical University. Electronic Scientific Journal*, 2024, no. 1 (49), pp. 32—45. DOI: <https://doi.org/10.32516/2303-9922.2024.49.3>.

Введение

Формирование мужской генеративной сферы является одним из наиболее важных этапов репродуктивного цикла. Количественные и качественные характеристики пыльцы выступают одними из показателей успешности формирования семян и, как следствие, влияют на процессы естественного возобновления древостоев. Особенно остро эти проблемы стоят для редких видов, находящихся под угрозой исчезновения. К числу таких растений относится *Juniperus excelsa* M. Bieb., который включен в Красные книги Российской Федерации, Республики Крым и города Севастополя [4; 7; 16; 19; 28; 31; 32].

Биометрические характеристики пыльцы играют важную роль в систематике и филогении. Морфогенез мужского гаметофита позволяет выявить закономерности и механизмы адаптации организма, происходящие в процессе его индивидуального развития [5; 11; 13].

Одним из способов определения реальной жизнеспособности пыльцы является ее проращивание. Именно жизнеспособность пыльцы и энергия ее роста являются основными характеристиками оценки результативности развития мужских репродуктивных структур. Жизнеспособность пыльцевых зерен отражается в их способности прорасти в пыльцевые трубки, а длина пыльцевых трубок, в свою очередь, позволяет оценивать энергию роста пыльцы. Снижение качества пыльцевых зерен и тератология пыльцевых трубок могут отражать нарушение в мейозе микроспороцитов и, как следствие, приводить к пустосемянности или образованию дегенеративных зародышей [20; 23; 24; 26; 27; 30; 33].

Цель работы — определить биометрические особенности пыльцевых зерен *J. excelsa* и установить уровень их жизнеспособности. Исходя из цели работы, были поставлены следующие задачи: определить морфометрические параметры пыльцевых зерен *J. excelsa*, оценить их потенциальную и реальную жизнеспособность, а также выявить степень влияния факторов окружающей среды на развитие мужской репродуктивной сферы *J. excelsa* в Горном Крыму.

Материалы и методы

Изучение биометрических особенностей пыльцы *J. excelsa* проводили на 28 пробных площадях (ПП) размером по 0,2 га, закладку которых осуществляли по общепринятым в лесоводстве и геоботанике методикам (рис. 1). Закладывали пробные площади в природных популяциях на высоте от 40 до 1020 м над уровнем моря (табл. 1), в различных эдафо-орографических условиях [17].

На пробных площадях выделяли по 10 модельных деревьев. В конце марта 2022 года в период вылета пыльцы с модельных деревьев собирали пыльцевые зерна посредством встряхивания микростробилов в простерилизованные бюксы. В период проведения лабораторных исследований их хранили в эксикаторе над хлористым кальцием при температуре плюс 5 °C [9].



Рис. 1. Схема расположения пробных площадей в популяциях *J. excelsa* в Горном Крыму (1—2 — окрестности г. Инкерман; 3 — г. Чирка-Каясы; 4 — г. Каяташ; 5 — г. Кучук-Коль-Бурун; 6 — окрестности с. Широкое; 7 — г. Самналых; 8—9 — г. Курт-Кая; 10—12 — г. Кара-Даг; 13 — г. Толака-Баир; 14 — г. Тарпан-Баир; 15 — ур. Батилиман; 16 — г. Сарыч; 17 — г. Дракон; 18 — г. Кошка; 19 — г. Крестовая; 20 — окрестности пгт. Массандра; 21 — м. Мартъян; 22 — б. Семидворская; 23 — г. Япул-Бурун; 24 — г. Папая-Кая; 25—26 — г. Коба-Кая; 27 — г. Сокол; 28 — г. Каршитерс)

Биометрический анализ пыльцевых зерен проводили на временных ацетокарминовых препаратах. У тридцати пыльцевых зерен с каждого модельного дерева с использованием цифрового микроскопа Bresser LCD Micro 5mp измеряли диаметр в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Проращивали пыльцу по методу висячей капли [15]. Уровень изменчивости отдельных признаков анализировали, используя шкалу коэффициентов вариации С. А. Мамаева [12]. Полученные данные обрабатывали методами математической статистики [10].

Таблица 1

Характеристика пробных площадей в насаждениях *J. excelsa*

Расположение и номера ПП	Высота н. у. м.	Экспозиция склона	Эдапот	Тип леса
окрестности г. Инкерман (1)	115	Ю	C ₁	Сухой можжевельный сугрудок
окрестности г. Инкерман (2)	100	З	C ₁	Сухой можжевельный сугрудок
г. Чирка-Каясы (3)	160	Ю	A ₁	Сухой можжевельный бор
г. Каяташ (4)	385	Ю	B ₁	Сухая можжевельная суборь
г. Кучук-Коль-Бурун (5)	360	Ю-В	B ₁	Сухая можжевельная суборь
окрестности с. Широкое (6)	295	З	B ₀	Очень сухая можжевельная суборь
г. Самналых (7)	365	Ю	B ₁	Сухая можжевельная суборь
г. Курт-Кая (8)	300	Ю-З	B ₁	Сухая можжевельная суборь
г. Курт-Кая (9)	470	Ю-З	B ₁	Сухая можжевельная суборь
г. Кара-Даг (10)	415	С-В	B ₀	Очень сухая можжевельная суборь
г. Кара-Даг (11)	515	В	B ₀	Очень сухая можжевельная суборь
г. Кара-Даг (12)	495	В	B ₀	Очень сухая можжевельная суборь
г. Толака-Баир (13)	620	З	B ₁	Сухая можжевельная суборь
г. Тарпан-Баир (14)	1020	Ю-З	B ₀	Очень сухая можжевельная суборь

Расположение и номера ПП	Высота н. у. м.	Экспозиция склона	Эда топ	Тип леса
ур. Батилиман (15)	115	Ю	C ₁	Сухой сосново-можжевельный сугрудок
г. Сарыч (16)	105	Ю-З	C ₁	Сухой можжевельный сугрудок
г. Дракон (17)	170	Ю-В	C ₁	Сухой можжевельный сугрудок
г. Кошка (18)	195	З	B ₁	Сухая можжевельная суборь
г. Крестовая (19)	165	Ю-З	C ₁	Сухой можжевельный сугрудок
окрестности пгт. Массандра (20)	415	Ю-З	A ₁	Сухой можжевельный бор
м. Мартьян (21)	110	Ю	C ₁	Сухой дубово-можжевельно-фисташковый сугрудок
б. Семидворская (22)	70	Ю-В	B ₀	Очень сухая можжевельная суборь
г. Япул-Бурун (23)	25	Ю-В	A ₁	Сухой можжевельно-дубовый бор
г. Папая-Кая (24)	40	С-В	B ₁	Сухая можжевельная суборь
г. Коба-Кая (25)	65	В	B ₀	Очень сухая можжевельная суборь
г. Коба-Кая (26)	75	З	B ₀	Очень сухая можжевельная суборь
г. Сокол (27)	95	Ю-В	C ₁	Сухой сосново-можжевельный сугрудок
г. Карштерс (28)	100	З	C ₁	Сухой можжевельно-дубовый сугрудок

Для определения интегральной оценки качества пыльцы была разработана собственная методика, включающая комплексный анализ ее гистохимических и морфологических признаков, характеризующих жизнеспособность. На первом этапе проводили окрашивание пыльцы ацетокармином, а на втором осуществляли оценку окрашенной пыльцы по двум группам признаков: первая — доля окрашенных пыльцевых зерен (0—5 баллов) и интенсивность окраски содержимого пыльцевого зерна (0—2 балла); вторая — размер пыльцевых зерен (1—2 балла), их форма (1—4 балла) и аномалии развития (0—1 балл). Каждый признак оценивался в баллах. Максимальная оценка, которую мог получить образец пыльцы, составляла 14 баллов. Итоговая оценка качества пыльцы определялась посредством суммирования баллов гистохимических и морфологических характеристик ее состояния. Образцы по уровню качества в зависимости от количества набранных баллов подразделяли следующим образом: крайне низкий уровень пыльцы — 0—2 балла; низкий уровень пыльцы — 3—5 баллов; удовлетворительный уровень — 6—8 баллов; хороший уровень — 9—11 баллов; высокий уровень — 12—14 баллов.

Для оценки влияния погодных условий на пыльцу *J. excelsa* пробные площади были разделены на три географические группы: западную, южнобережную и восточную. В западную группу вошли пробные площади № 1—14; в южнобережную — № 15—23, в восточную — № 24—28. Для западной группы использовали данные осадков метеорологической станции № 33991 (Севастополь); для восточной и южнобережных групп — № 33976 (Феодосия) и № 33990 (Ялта) соответственно. Для выделенных групп подсчитывали средние температуры и количество осадков в зимне-весенний период до начала вылета пыльцы. Согласно данным С. П. Корсаковой и соавторов [8], именно эти климатические показатели являются определяющими в процессах опыления.

Степень антропогенной нагрузки определялась по пятибалльной шкале путем оценки рекреационной дигрессии [6]. Эдафический фактор определялся по уровню плодородия почвы и ее увлажненности [6].

Результаты и обсуждение

Пыльцевые зерна можжевельников одноклеточные, имеют правильную сферическую форму без воздушных мешков, соломенно-желтого цвета (рис. 2). По данным ряда авторов [22; 29], они имеют по одной дистальной апертуре, в сухом состоянии прикрытой крышечкой. Их поверхность покрыта многочисленными орбикулами, усиливающими парусность пыльцы, вследствие чего аэродинамические характеристики пыльцевых зерен можжевельников близки к пыльце, снабженной воздушными мешками, например, как у видов рода *Pinus* L. При этом известно, что максимальный разлет пыльцы можжевельников составляет не более 20 м, в среднем этот показатель составляет 5 м [17; 21; 22].

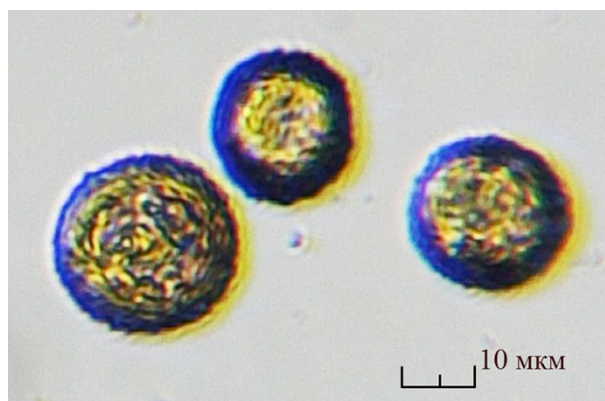


Рис. 2. Внешний вид пыльцы *J. excelsa* в Горном Крыму (г. Коба-Кая)

В среднем *J. excelsa* обладает самыми большими пыльцевыми зернами среди всех можжевельников Крыма, диаметр пыльцы которых находится в диапазоне от $25,83 \pm 0,63$ мкм (*Juniperus communis* L.) до $27,07 \pm 0,46$ мкм (*Juniperus deltoides* R. P. Adams). Размеры их колеблются от $26,48 \pm 0,30$ мкм (ПП № 5 — г. Кучук-Коль-Бурун) до $32,89 \pm 0,74$ мкм (ПП № 26 — г. Коба-Кая) (табл. 2). Обе эти территории подвергаются высокому антропогенному прессингу, однако особи, произрастающие на пробной площади № 5, характеризуются низким уровнем жизненного состояния вследствие прохождения в недавнем прошлом низового пожара. В среднем диаметр фертильных пыльцевых зерен *J. excelsa* составляет $28,70 \pm 0,72$ мкм. Изменчивость размеров пыльцы *J. excelsa* находится на низком и очень низком уровне (коэффициент вариации не превышает 12%).

Однофакторный дисперсионный анализ показал, что все факторы окружающей среды оказывают достоверное влияние на размеры пыльцевых зерен *J. excelsa*. Среди ведущих факторов можно выделить климатические условия и высоту мест произрастания над уровнем моря (сила их влияния составляет 11,78 и 12,52% соответственно). Максимальные размеры пыльцевых зерен отмечены в древостоях, произрастающих в нижнем высотном поясе (до 100 м над уровнем моря) — $30,4 \pm 0,46$ мкм. С увеличением высоты над уровнем моря снижается размер пыльцевых зерен, и на г. Тарпан-Баир он составляет $25,65 \pm 0,64$ мкм.

Таблица 2

Морфометрические и качественные показатели пыльцы *J. excelsa*

Номер пробной площади	Диаметр пыльцы, мкм		Прокрашенная пыльца, %		Проросшая пыльца, %		Качество пыльцы, балл	
	$X \pm m_x$	CV, %	$X \pm m_x$	CV, %	$X \pm m_x$	CV, %	$X \pm m_x$	CV, %
1	$27,87 \pm 0,44$	7,4	$62,22 \pm 4,27$	15,6	$14,80 \pm 0,96$	20,4	$9,53 \pm 0,84$	14,2
2	$28,01 \pm 0,31$	8,2	$64,31 \pm 3,13$	12,9	$7,22 \pm 0,54$	15,8	$9,91 \pm 0,76$	13,8

Номер пробной площади	Диаметр пыльцы, мкм		Прокрашенная пыльца, %		Проросшая пыльца, %		Качество пыльцы, балл	
	$X \pm m_x$	CV, %	$X \pm m_x$	CV, %	$X \pm m_x$	CV, %	$X \pm m_x$	CV, %
3	27,52±0,37	7,9	65,48±4,01	14,6	13,57±1,22	19,9	8,88±0,75	11,1
4	27,74±0,42	6,7	62,71±3,38	15,3	16,89±1,41	16,7	7,47±0,98	16,6
5	26,48±0,30	7,2	83,29±3,92	13,3	2,21±0,40	15,3	10,38±0,50	13,6
6	27,22±0,63	11,6	74,51±3,13	10,3	26,65±1,73	18,2	10,58±0,72	15,2
7	26,74±0,56	9,0	74,63±5,13	12,2	26,22±2,12	18,0	10,22±0,93	18,4
8	26,85±0,47	9,8	70,71±4,32	13,7	26,40±2,42	17,1	9,88±0,69	19,8
9	28,72±0,48	11,4	61,42±3,98	16,4	23,24±1,94	20,5	8,96±0,53	17,7
10	28,66±0,61	12,0	60,80±5,46	18,8	11,35±1,05	19,0	9,90±0,43	13,8
11	29,11±0,50	11,5	58,30±4,22	17,7	10,63±1,01	16,4	9,44±0,87	16,8
12	29,02±0,43	7,4	54,97±4,14	18,6	11,36±0,88	18,8	9,73±0,88	14,4
13	27,30±0,51	9,4	55,79±3,94	19,9	25,27±1,46	15,9	6,46±0,87	18,5
14	25,65±0,64	11,3	56,16±4,51	19,0	24,38±1,78	19,7	9,96±0,93	17,0
15	29,34±0,78	10,8	44,10±2,97	15,4	4,47±1,99	18,0	9,81±0,42	10,7
16	28,53±0,59	10,3	84,10±3,74	13,2	5,87±0,43	19,2	11,84±0,42	14,9
17	27,84±0,36	10,0	77,94±4,23	14,4	24,63±2,15	21,3	10,31±0,76	11,8
18	29,37±0,68	11,2	68,69±5,31	19,6	12,76±1,16	20,4	11,67±0,62	12,9
19	29,57±0,36	8,4	47,88±2,80	18,6	25,17±2,37	21,6	10,00±0,85	13,9
20	30,01±0,38	10,1	56,70±5,09	21,8	14,74±1,24	19,4	7,86±0,55	18,6
21	28,66±0,61	10,3	58,93±4,31	19,9	27,16±1,35	20,5	10,55±0,95	8,2
22	31,53±0,69	12,0	67,29±4,11	17,9	9,61±0,76	17,3	10,14±0,71	18,4
23	30,63±0,57	11,1	36,43±2,56	14,6	18,14±1,58	16,8	8,95±0,76	11,9
24	29,20±0,83	11,8	20,21±1,99	16,7	6,25±0,44	18,6	7,56±0,89	16,3
25	29,86±0,40	8,0	55,69±4,04	18,2	21,17±1,83	17,4	10,13±0,69	18,3
26	32,89±0,74	10,9	52,20±3,80	19,5	19,08±1,46	20,0	8,17±0,78	13,6
27	29,09±0,52	9,5	62,91±5,40	14,8	18,91±1,09	18,3	5,63±1,24	19,6
28	29,36±0,78	11,8	42,67±1,91	17,8	7,80±0,60	19,2	9,15±0,46	13,3

Кроме того, наиболее крупные пыльцевые зерна ($30,3 \pm 0,57$ мкм) выявлены в древостоях, произрастающих в восточной части Крымского полуострова, характеризующейся оптимальными почвенно-климатическими условиями. На данной территории были обнаружены и самые крупные семена.

К второстепенным факторам влияния можно отнести экспозицию склона (5,49%), антропогенное воздействие (2,81%) и эдафические условия мест произрастания (1,14%). Максимальный размер пыльцы отмечен на умеренно прогреваемых участках с восточной экспозицией.

При оценке фертильности пыльцы *J. excelsa* ацетокарминовым методом установлено, что в целом объем потенциально жизнеспособной пыльцы в пределах популяции варьирует очень широко (рис. 3) — от $20,21 \pm 1,99\%$ (г. Папая-Кая) до $84,10 \pm 3,74\%$ (г. Сарыч). Среднее количество покрашенной пыльцы *J. excelsa* в Горном Крыму составляет $60,38 \pm 4,86\%$.

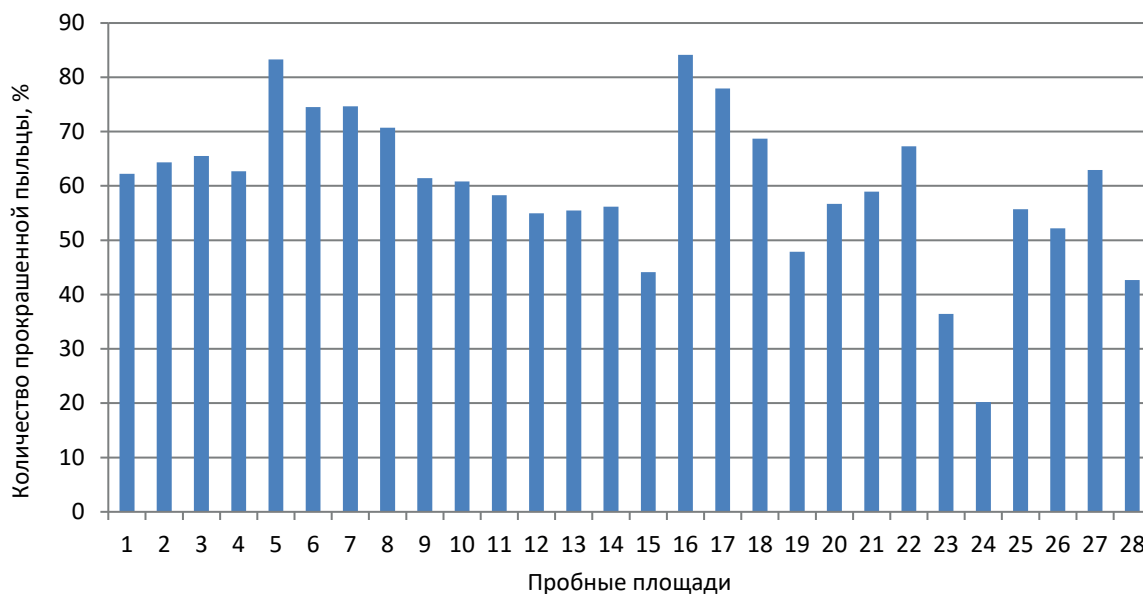


Рис. 3. Уровень потенциальной жизнеспособности пыльцевых зерен *J. excelsa* в Горном Крыму

Особого внимания заслуживает тот факт, что в восточной части популяции доля прокрашенной пыльцы ниже, чем в других регионах, и составляет 44,3%. Данные территории подвергаются активному антропогенному прессингу (сила фактора — 12,04%), в результате чего потенциальная жизнеспособность пыльцы и ее качество значительно снижаются.

Существенное влияние на потенциальную жизнеспособность пыльцы оказывает высотный фактор (его сила 14,68%). Установлено, что в высотном диапазоне от 200 до 400 м над уровнем моря доля прокрашенной пыльцы достигает 74,5%. При этом естественное возобновление в данном высотном поясе происходит достаточно слабо. При определении коэффициента корреляции между качеством пыльцы, полнозернистостью семян и естественным возобновлением выявлена обратная зависимость. Установлено, что коэффициент корреляции между долей прокрашенной пыльцы и долей полнозернистых семян $r = -0,26$. Чуть большая отрицательная зависимость прослеживается между долей прокрашенной пыльцы и коэффициентом относительной интенсивности возобновления ($r = -0,33$). Выявленная закономерность подтверждает предположение, что прокрашенность пыльцевых зерен *J. excelsa* не отражает в полной мере степень влияния мужского гаметофита на процессы смены демографических элементов популяции.

Экспозиция склона и эдафические условия мест произрастания оказывают меньшее воздействие на число прокрашенных пыльцевых зерен, их сила составляет 2,07 и 2,31% соответственно. Выявлено, что на хорошо прогреваемых участках (южной, юго-восточной экспозиций) доля потенциально жизнеспособной пыльцы в 1,6 раза выше, чем в древостоях, произрастающих на склонах восточной и северо-восточной экспозиции. При этом для насаждений восточных склонов характерно максимальное возобновление. Подобная обратная зависимость прослеживается и на участках с различными эдафическими условиями. Так, в условиях сухого можжевельникового бора отмечается максимальный коэффициент относительной интенсивности возобновления при минимальной доле потенциально жизнеспособной пыльцы.

При проведении интегральной оценки качества пыльцевых зерен *J. excelsa* установлено, что 67,9% особей характеризуются пыльцой хорошего качества (рис. 4).

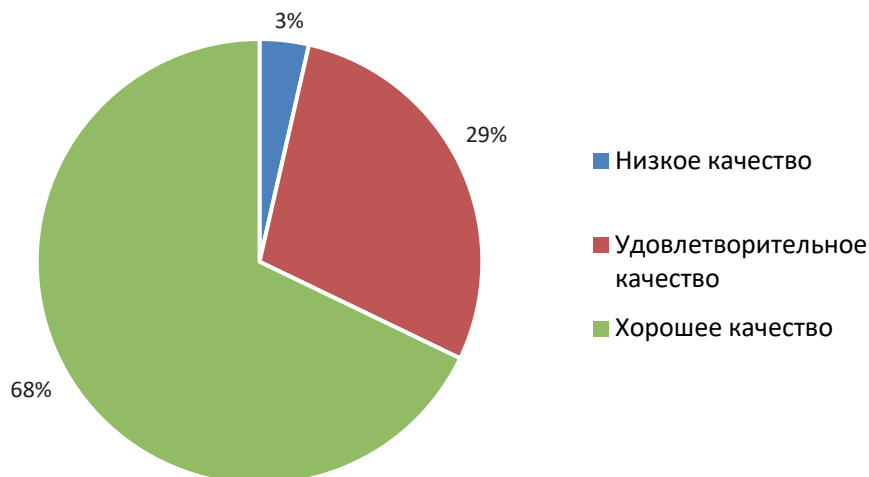


Рис. 4. Соотношение особей *J. excelsa* в зависимости от качества их пыльцевых зерен

Однофакторный дисперсионный анализ позволил выделить два основных фактора, влияющих на качество пыльцы *J. excelsa*, — это климатические и эдафические условия мест произрастания (сила влияния факторов составляет 9,40 и 7,27% соответственно). Особи всех регионов характеризуются хорошим качеством пыльцы, однако их внутри-категориальная балльная оценка отличается в пределах 10%, что подтверждают слабые корреляционные связи между качеством пыльцы и репродуктивной способностью вида. При этом влияние эдафических условий проявляется в выраженном снижении качества пыльцы. В условиях сухого можжевельнового бора пыльцевые зерна характеризуются как удовлетворительные с оценкой 8,6 балла, а в остальных эдафических условиях — как пыльца хорошего качества (9,8 балла).

В меньшей степени проявляется влияние экспозиционного фактора (5,17%). На нижнем балльном пределе категории «хорошее качество» (9,0 балла) находится пыльца особей, произрастающих на плохо прогреваемых участках с северо-восточной экспозицией. Остальные значения качества пыльцы находятся в пределах ошибки. Достоверного влияния высотного и антропогенного факторов на качество пыльцевых зерен *J. excelsa* в Горном Крыму не выявлено.

В ходе проведенного корреляционного анализа установлена обратная зависимость между размерами пыльцевых зерен и их потенциальной оплодотворяющей способностью и качеством ($r = -0,56$ и $r = -0,22$ соответственно при $p < 0,01$). Необходимо отметить, что и в первом, и во втором случае качество пыльцевых зерен менее зависит от их размера (данный признак является генетически закрепленным для вида) и, возможно, позволяет более объективно оценивать степень влияния потенциальной оплодотворяющей способности пыльцы на процессы естественного возобновления вида.

При оценке реальной жизнеспособности пыльцы *J. excelsa* установлено, что к числу проросших пыльцевых зерен относится лишь $16,28 \pm 1,07\%$. Данный показатель имеет средний уровень изменчивости признака — коэффициент вариации почти не превышает 20%. Наименьшим процентом проросшей пыльцы ($4,47 \pm 0,40\%$) характеризуются особи пробной площади № 5 (г. Кучук-Коль-Бурун). Подобное явление можно объяснить крайне низким уровнем жизненного состояния особей в результате негативной деятельности человека. У особей, произрастающих на заповедных территориях, доля проросшей пыльцы составляет максимальные для вида значения в условиях Горного Крыма — $27,16 \pm 1,35\%$ (мыс Мартьян).

Среди основных факторов, оказывающих воздействие на реальную жизнеспособность пыльцевых зерен *J. excelsa* в Горном Крыму, можно выделить: высоту мест произрастания над уровнем моря, экспозицию склона и антропогенное воздействие. Сила высотного фактора составляет 21,73%. Выявлено, что с ростом высоты над уровнем моря значительно увеличивается доля проросших пыльцевых зерен. Так, в нижних высотных поясах данный показатель составляет 13—16%, а на высоте свыше 600 м над уровнем моря — 24—25%, что в 1,6 раза больше. Подобное явление можно объяснить более стабильными среднесуточными температурами в период лёта пыльцы, а также большей атмосферной влажностью верхних высотных поясов распространения *J. excelsa* в Горном Крыму. В результате у особей, произрастающих в верхнем высотном поясе, отмечается максимальная доля полнозернистых семян, превышающая средние значения для крымской популяции *J. excelsa* в 2,5 раза.

В меньшей степени на реальную жизнеспособность пыльцы оказывает воздействие экспозиционный фактор (сила его влияния 13,34%). Выявлено, что минимальное количество пыльцевых зерен (8,82%), образовавших пыльцевую трубку, характерно для особей, произрастающих на слабо прогреваемых участках с северо-восточной экспозицией. И наоборот, на склонах с юго-западной экспозицией этот показатель самый высокий и составляет 20,00%.

Заметным фактором является степень антропогенного воздействия на развитие мужской генеративной сферы *J. excelsa* (9,32% — сила влияния антропогенного фактора). Так, на наиболее нарушенных территориях доля проросшей пыльцы в среднем в 1,7 раза меньше. Известно, что значительное воздействие на пыльцу можжевельников оказывает атмосферное загрязнение [2; 14; 17]. В результате возникает необходимость в разработке мероприятий по охране можжевельниковых сообществ, учитывающих вопросы загрязнения окружающей среды.

Среди второстепенных факторов, оказывающих влияние на жизнеспособность пыльцы *J. excelsa*, выступают климатические условия региона произрастания. Установлено, что максимальная доля проросших пыльцевых зерен характерна для особей, произрастающих в западной части полуострова (в Байдарской долине). На данной территории в 1990 г. был организован государственный природный ландшафтный заказник регионального значения «Байдарский» [1]. Деятельность человека здесь представлена 15 селами, относящимися к Орлиновскому муниципальному округу Балаклавского района города Севастополя, общей численностью населения 7343 человека (данные переписи населения 2020 г.) [3]. На этой территории туризм практически не развит, в результате чего прямая и косвенная антропогенная нагрузка на можжевельниковые древостои незначительна.

На востоке полуострова, при хороших почвенно-климатических условиях, доля проросшей пыльцы ниже (14,64%). Можжевельниковые насаждения здесь также произрастают на особо охраняемых территориях — Государственный природный заказник регионального значения Республики Крым «Папая-Кая» и Государственный природный заказник регионального значения Республики Крым «Новый Свет». Однако в силу непосредственной близости к морю и туристическим объектам восточного побережья Крыма они подвергаются значительному антропогенному прессингу. Кроме того, численность постоянного населения данной области выше, чем в Байдарской долине, и составляет 20757 человек (результаты переписи населения 2020 г.) [3].

В ходе проведенных исследований отмечались тератологии пыльцевых трубок *J. excelsa* (рис. 5). Доля таких пыльцевых зерен в среднем не более 1%.



Рис. 5. Тератологии пыльцевых трубок *J. excelsa* в Горном Крыму

Из литературных источников известно, что уродства пыльцевых трубок могут отражать нарушение в мейозе микроспороцитов и, как следствие, приводить к пустосемянности или образованию дегенеративных зародышей [25].

Заключение

В ходе проведенных исследований установлено, что в среднем диаметр фертильных пыльцевых зерен *J. excelsa* составляет $28,70 \pm 0,72$ мкм (коэффициент вариации не превышает 12%), в то время как размеры пыльцевых зерен других крымских видов находятся в диапазоне от 25 до 27 мкм. Среди ведущих факторов, оказывающих влияние на размеры пыльцевых зерен, можно выделить климатические условия региона и высоту мест произрастания над уровнем моря (сила их влияния составляет 11,78 и 12,52% соответственно).

Кроме того, выявлено, что число потенциально жизнеспособной пыльцы *J. excelsa* составляет $60,38 \pm 4,86\%$. Однако отмечена обратная зависимость между долей прокрашенной пыльцы и долей полнозернистых семян ($r = -0,26$). На этом основании можно заключить, что уровень фертильности пыльцевых зерен *J. excelsa* не может быть использован в качестве способа оценки степени влияния мужского гаметофита на выполненность семян и процессы смены демографических элементов популяции в целом.

При оценке реальной жизнеспособности пыльцы *J. excelsa* установлено, что к числу проросших пыльцевых зерен относится лишь $16,28 \pm 1,07\%$ (коэффициент вариации почти не превышает 20%). В среднем отличие между количеством прокрашенной и проросшей пыльцы составляет 2—8 раз. Среди основных факторов, оказывающих воздействие на реальную жизнеспособность пыльцевых зерен *J. excelsa* в Горном Крыму, можно выделить высоту мест произрастания над уровнем моря, экспозицию склона и антропогенное воздействие.

Список источников

1. Байдарский // ООПТ России. 2023. URL: <http://www.oopt.aari.ru/oopt/Байдарский> (дата обращения: 06.10.2023).
2. Бессонова В. Н. Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами // Экология. 1993. № 3. С. 45—50.
3. Всероссийская перепись населения 2020 года // Росстат. 2023. URL: <https://rosstat.gov.ru/vpn/2020> (дата обращения: 06.10.2023).
4. Геодакян В. А. Количество пыльцы как показатель эволюционной пластичности перекрестноопыляющихся растений // Доклады Академии наук СССР. 1977. Т. 234 (6). С. 1460—1463.
5. Глотов Н. В. Оценка генетической гетерогенности природных популяций: количественные признаки // Экология. 1983. № 1. С. 3—10.

6. Исиков В. П., Плугатарь Ю. В., Коба В. П. Методы исследований лесных экосистем Крыма. Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2014. 252 с.
7. Коба В. П. Исследование некоторых особенностей морфогенеза и прорастания пыльцы *Pinus pallasiana* D. Don. // Цитология и генетика. 2004. № 3. С. 38—45.
8. Корсакова С. П., Саркина И. С., Багрикова Н. А. Биология опыления *Juniperus excelsa* и *J. deltoides* (Cupressaceae) на Южном берегу Крыма // Ботанический журнал. 2019. Т. 104, № 10. С. 1574—1587. DOI: 10.1134/S0006813619100077.
9. Котелова Н. В. Проращивание пыльцы на искусственных средах и способы хранения пыльцы сосны обыкновенной // Научно-техническая информация МЛТИ. 1956. № 23. С. 13—20.
10. Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Высшая школа, 1990. 350 с.
11. Магомедмирзаев М. М. Введение в количественную морфогенетику. М. : Наука, 1990. 230 с.
12. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М. : Наука, 1973. 284 с.
13. Некрасова Т. П. Пыльца и пыльцевой режим хвойных Сибири. Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1983. 169 с.
14. Осинцева Л. А. Реализация биологического потенциала пыльцы растений и пыльцевой обножки в мониторинге гаметопаатогенных факторов окружающей природной среды // Инновации и продовольственная безопасность. 2017. № 4 (18). С. 85—95. DOI: 10.31677/2311-0651-2017-0-4-85-95.
15. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. М. : Агропромиздат, 1988. 271 с.
16. Ругузов И. А., Склонная Л. У. Эколого-генетические закономерности адаптации хвойных растений Крыма // Бюллетень Никитского ботанического сада. 1988. Т. 104. С. 6—25.
17. Ругузова А. И. Биологические особенности можжевельника красного (*Juniper oxycedrus* L.) в Крыму в связи с его охраной : дис. ... канд. биол. наук. Ялта, 2006. 163 с.
18. Сергеев П. Н. Лесная таксация. М. : Гослесбумиздат, 1953. 311 с.
19. Сунцов А. В. Микроспорогенез и качество пыльцы у сосны обыкновенной в Центральной Туве // Плодоношение лесных пород Сибири. Новосибирск : Наука, 1982. С. 60—69.
20. Сурсо М. В. Адаптация мужской репродуктивной сферы можжевельника обыкновенного к климату // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2018. № 6 (366). С. 57—69. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.6.57.
21. Сурсо М. В. Микроспорогенез, опыление и микрогаметогенез у *Juniperus communis* (Cupressaceae) // Ботанический журнал. 2012. Т. 97, № 2. С. 211—221. DOI: 10.1134/S1234567812020061.
22. Сурсо М. В. Опыление и рост пыльцевых трубок у можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.: Cupressaceae Rich. ex Bartl.) // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. Биология. 2019. Т. 12, № 1. С. 48—70. DOI: 10.17516/1997-1389-0288.
23. Сурсо М. В. Оценка доброкачественности пыльцы хвойных видов методом окрашивания пыльцевых зерен флуоресцеин диацетатом // Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 5 (25). DOI: 10.23649/jae.2022.5.25.05.
24. Сурсо М. В., Селиванова Н. В. Опыление у можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.): механизм вовлечения пыльцы и влияние мужского гаметофита на развитие семязачатков и «шишкоягод» // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. № 4 (352). С. 40—53. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.40.
25. Сурсо М. В., Чухчин Д. Г. Рост и развитие пыльцевой трубки можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis*): роль ядра клетки трубки // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 2 (374). С. 20—34. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-2-20-34.
26. Сурсо М. В., Чухчин Д. Г., Хвиузов С. С., Покрышкин С. А. Механизм прорастания пыльцы и рост пыльцевых трубок у можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.) *in vitro* // Онтогенез. 2020. Т. 51, № 5. С. 351—362. DOI: 10.31857/S0475145020050079.
27. Christopoulou A., Sazeides C. I., Fyllas N. M. Size-mediated effects of climate on tree growth and mortality in Mediterranean Brutia pine forests // Science of The Total Environment. 2022. Vol. 812. Art. 151463. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.151463.
28. Dias M. C., Oliveira J. M. P. F., Marum L., Pereira V., Almeida T., Nunes S., Araújo M., Moutinho-Pereira J., Correia C. M., Santos C. *Pinus elliottii* and *P. elliottii* × *P. caribaea* hybrid differently cope with combined drought and heat episodes // Industrial Crops and Products. 2022. Vol. 176. Art. 114428. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.114428.
29. Duhoux E. Mechanism of exine rupture in hydrated taxoid type of pollen // Grana. 1982. Vol. 21, N 1. P. 1—7. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00173138209427673>. DOI: 10.1080/00173138209427673.
30. Krichevsky A., Kozlovsky S. V., Tian G.-W., Chen M.-H., Zaltsman A., Citovsky V. How Pollen Tubes Grow (Review) // Developmental Biology. 2007. Vol. 303. P. 405—420. DOI: 10.1016/j.ydbio.2006.12.003.

31. López-Orozco R., García-Mozo H., Oteros J., Galán C. Long-term trends in atmospheric *Quercus* pollen related to climate change in southern Spain: A 25-year perspective // *Atmospheric Environment*. 2021. Vol. 262. Art. 118637. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2021.118637.
32. Vergotti M. J., Fernández-Martínez M., Kefauver S. C., Janssens I. A., Penuelas J. Weather and trade-offs between growth and reproduction regulate fruit production in European forests // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019. Vol. 279. Art. 107711. DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.107711.
33. Williams J. H., Reese J. B. Chapter Twelve — Evolution of development of pollen performance // Ueli Grossniklaus, *Current Topics in Developmental Biology*. 2019. Vol. 131. P. 299—336. DOI: 10.1016/bs.ctdb.2018.11.012.

References

1. Baidarskii [Baydarsky]. *ООПТ России* [Protected natural areas of Russia]. 2023. Available at: <http://www.oopt.aari.ru/oopt/Baidarskii>. Accessed: 06.10.2023. (In Russian)
2. Bessonova V. N. Sostoyaniye pyl'tsy kak pokazatel' zagryazneniya sredy tyazhelymi metallami [The state of pollen as an indicator of environmental pollution with heavy metals]. *Ekologiya*, 1993, no. 3, pp. 45—50. (In Russian)
3. Vserossiiskaya perepis' naseleniya 2020 goda [All-Russian population census 2020]. *Rosstat* [Rosstat]. 2023. Available at: <https://rosstat.gov.ru/vpn/2020>. Accessed: 06.10.2023. (In Russian)
4. Geodakyan V. A. Kolichestvo pyl'tsy kak pokazatel' evolyutsionnoi plastichnosti perekrestnoopylya-yushchikhsya rastenii [Pollen quantity as an indicator of evolutionary plasticity of cross-pollinating plants]. *Doklady Akademii nauk SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences], 1977, vol. 234 (6), pp. 1460—1463. (In Russian)
5. Glotov N. V. Otsenka geneticheskoi geterogennosti prirodnykh populyatsii: kolichestvennyye priznaki [Assessment of genetic heterogeneity of natural populations: quantitative traits]. *Ekologiya*, 1983, no. 1, pp. 3—10. (In Russian)
6. Isikov V. P., Plugatar' Yu. V., Koba V. P. *Metody issledovaniya lesnykh ekosistem Kryma* [Research methods for Crimea forest ecosystems]. Simferopol, IT "ARIAL" Publ., 2014. 252 p. (In Russian)
7. Koba V. P. Issledovanie nekotorykh osobennostei morfogeneza i prorstaniya pyl'tsy *Pinus pallasiana* D. Don. [Study of some characters of morphogenesis and germination of *Pinus pallasiana* D. Don. pollen]. *Tsitologiya i genetika — Cytology and Genetics*, 2004, no. 3, pp. 38—45. (In Russian)
8. Korsakova S. P., Sarkina I. S., Bagrikova N. A. Biologiya opyleniya *Juniperus excelsa* i *J. deltoides* (Cupressaceae) na Yuzhnom beregu Kryma [Pollination biology of *Juniperus excelsa* and *J. deltoides* (Cupressaceae) in the South coast of the Crimea]. *Botanicheskii zhurnal*, 2019, vol. 104, no. 10, pp. 1574—1587. DOI: 10.1134/S0006813619100077. (In Russian)
9. Kotelova N. V. Prorashchivaniye pyl'tsy na iskusstvennykh sredakh i sposoby khraneniya pyl'tsy sosny obyknovЕННОЙ [Germination of pollen on artificial media and methods of storing Scots pine pollen]. *Nauchno-tekhnicheskaya informatsiya MLTI* [Scientific and technical information MLTI]. 1956, no. 23, pp. 13—20. (In Russian)
10. Lakin G. F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990. 350 p. (In Russian)
11. Magomedmirzaev M. M. *Vvedeniye v kolichestvennyuyu morfogenetiku* [Introduction to Quantitative Morphogenetics]. Moscow, Nauka Publ., 1990. 230 p. (In Russian)
12. Mamaev S. A. *Formy vnutrividovoi izmenchivosti drevesnykh rastenii* [Forms of intraspecific variability of woody plants]. Moscow, Nauka Publ., 1973. 284 p. (In Russian)
13. Nekrasova T. P. *Pyl'tsa i pyl'tsevoi rezhim khvoinykh Sibiri* [Pollen and pollen regime of Siberian conifers]. Novosibirsk, Nauka, Sibirskoe otdeleniye Publ., 1983. 169 p. (In Russian)
14. Osintseva L. A. Realizatsiya biologicheskogo potentsiala pyl'tsy rastenii i pyl'tsevoi obnozhki v monitoringe gametopatogennykh faktorov okruzhayushchei prirodnoi sredy [Siberian bee pollen load biological resource of antioxidants. The factors that determine their content]. *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'* — *Innovations and Food Safety*, 2017, no. 4 (18), pp. 85—95. DOI: 10.31677/2311-0651-2017-0-4-85-95. (In Russian)
15. Pausheva Z. P. *Praktikum po tsitologii rastenii* [Workshop on plant cytology]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1988. 271 p. (In Russian)
16. Ruguzov I. A., Sklonnaya L. U. Ekologo-geneticheskie zakonomernosti adaptatsii khvoinykh rastenii Kryma [Ecological and genetic patterns of adaptation of coniferous plants of Crimea]. *Byulleten' Nikitskogo botanicheskogo sada — Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*, 1988, vol. 104, pp. 6—25. (In Russian)
17. Ruguzova A. I. *Biologicheskie osobennosti mozhzhevel'nika krasnogo (Juniper oxycedrus L.) v Krymu v svyazi s ego okhranoi: dis. ... kand. biol. nauk* [Biological features of red juniper (*Juniper oxycedrus* L.) in the Crimea in connection with its protection. Cand. Dis.]. Yalta, 2006. 163 p. (In Russian)

18. Sergeev P. N. *Lesnaya taksatsiya* [Forest taxation]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1953. 311 p. (In Russian)
19. Suntsov A. V. Mikrosporogenez i kachestvo pyl'tsy u sosny obyknovnoy v Tsentral'noi Tuve [Microsporogenesis and pollen quality in Scots pine in Central Tuva]. *Plodonoshenie lesnykh porod Sibiri* [Fruiting of forest species of Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1982, pp. 60—69. (In Russian)
20. Surso M. V. Adaptatsiya muzhskoi reproduktivnoi sfery mozhzhevel'nika obyknovnogo k klimatu [Adaptation of Male Reproductive Sphere of Common Juniper to Climate]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal — Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*, 2018, no. 6 (366), pp. 57—69. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.6.57. (In Russian)
21. Surso M. V. Mikrosporogenez, opylenie i mikrogametogenez u *Juniperus communis* (Cupressaceae) [Microsporogenesis, pollination and microgametogenesis in *Juniperus communis* (Cupressaceae)]. *Botanicheskii zhurnal*, 2012, vol. 97, no. 2, pp. 211—221. DOI: 10.1134/S1234567812020061. (In Russian)
22. Surso M. V. Opylenie i rost pyl'tsevykh trubok u mozhzhevel'nika obyknovnogo (*Juniperus communis* L.: Cupressaceae Rich. ex Bartl.) [Pollination and Growth of Pollen Tubes in Common Juniper (*Juniperus communis* L.: Cupressaceae Rich. ex Bartl.)]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Ser. Biologiya — Journal of Siberian Federal University. Biology*, 2019, vol. 12, no. 1, pp. 48—70. DOI: 10.17516/1997-1389-0288. (In Russian)
23. Surso M. V. Otsenka dobrokachestvennosti pyl'tsy khvoinykh vidov metodom okrashivaniya pyl'tsevykh zeren fluorestsein diacetatom [Quality evaluation of coniferous species pollen by staining pollen grains with fluorescein diacetate]. *Journal of Agriculture and Environment*, 2022, no. 5 (25). DOI: 10.23649/jae.2022.5.25.05. (In Russian)
24. Surso M. V., Selivanova N. V. Opylenie u mozhzhevel'nika obyknovnogo (*Juniperus communis* L.): mekhanizm vovlecheniya pyl'tsy i vliyanie muzhskogo gametofita na razvitie semyazachatkov i “shishkoyagod” [Pollination in Common Juniper (*Juniperus communis* L.): Involving of Pollen and the Male Gametophyte Influence on the Ovules and “Cypress Cones” Development]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal — Bulletin of Higher Educational Institutions. Russian Forestry Journal*, 2016, no. 4 (352), pp. 40—53. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.40. (In Russian)
25. Surso M. V., Chukhchin D. G. Rost i razvitie pyl'tsevoi trubki mozhzhevel'nika obyknovnogo (*Juniperus communis*): rol' yadra kletki trubki [Growth and Development of Pollen Tubes in Common Juniper (*Juniperus communis*): The Role of the Tube Cell Nucleus]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal — Bulletin of Higher Educational Institutions. Russian Forestry Journal*, 2020, no. 2 (374), pp. 20—34. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-2-20-34. (In Russian)
26. Surso M. V., Chukhchin D. G., Khviyuzov S. S., Pokryshkin S. A. Mekhanizm prorastaniya pyl'tsy i rost pyl'tsevykh trubok u mozhzhevel'nika obyknovnogo (*Juniperus communis* L.) in vitro [Mechanism of Pollen Germination and Pollen Tubes' Growth in Common Juniper (*Juniperus communis* L.) In Vitro]. *Ontogenez — Russian Journal of Developmental Biology “Ontogenez”*, 2020, vol. 51, no. 5, pp. 351—362. DOI: 10.31857/S0475145020050079. (In Russian)
27. Christopoulou A., Sazeides C. I., Fyllas N. M. Size-mediated effects of climate on tree growth and mortality in Mediterranean Brutia pine forests. *Science of The Total Environment*, 2022, vol. 812, art. 151463. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.151463.
28. Dias M. C., Oliveira J. M. P. F., Marum L., Pereira V., Almeida T., Nunes S., Araújo M., Moutinho-Pereira J., Correia C. M., Santos C. *Pinus elliottii* and *P. elliottii* × *P. caribaea* hybrid differently cope with combined drought and heat episodes. *Industrial Crops and Products*, 2022, vol. 176, art. 114428. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.114428.
29. Duhoux E. Mechanism of exine rupture in hydrated taxoid type of pollen. *Grana*, 1982, vol. 21, no. 1, pp. 1—7. Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00173138209427673>. DOI: 10.1080/00173138209427673.
30. Krichevsky A., Kozlovsky S. V., Tian G.-W., Chen M.-H., Zaltsman A., Citovsky V. How Pollen Tubes Grow (Review). *Developmental Biology*, 2007, vol. 303, pp. 405—420. DOI: 10.1016/j.ydbio.2006.12.003.
31. López-Orozco R., García-Mozo H., Oteros J., Galán C. Long-term trends in atmospheric Quercus pollen related to climate change in southern Spain: A 25-year perspective. *Atmospheric Environment*, 2021, vol. 262, art. 118637. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2021.118637.
32. Vergotti M. J., Fernández-Martínez M., Kefauver S. C., Janssens I. A., Penuelas J. Weather and trade-offs between growth and reproduction regulate fruit production in European forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2019, vol. 279, art. 107711. DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.107711.
33. Williams J. H., Reese J. B. Chapter Twelve — Evolution of development of pollen performance. *Ueli Grossniklaus, Current Topics in Developmental Biology*, 2019, vol. 131, pp. 299—336. DOI: 10.1016/bs.ctdb.2018.11.012.

Информация об авторе

О. О. Коренькова — кандидат биологических наук, доцент

Information about the author

O. O. Korenkova — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Статья поступила в редакцию 24.10.2023; одобрена после рецензирования 06.02.2024;
принята к публикации 20.02.2024

The article was submitted 24.10.2023; approved after reviewing 06.02.2024;
accepted for publication 20.02.2024