

УДК 581.33:581.52

И.И. КОРШИКОВ¹, Е.В. ЛАПТЕВА², А.Н. ЛИСНИЧУК³, Ю.С. ЛИТВИНЕНКО⁴

¹ Донецкий ботанический сад НАН Украины
Украина, 83059 г. Донецк, пр. Ильича, 110

² Криворожский ботанический сад НАН Украины
Украина, 50089 г. Кривой Рог, ул. Маршака, 50

³ Кременецкий ботанический сад
Украина, 47003 г. Кременец, ул. Ботаническая, 5

⁴ Биосферный заповедник «Аскания-Нова» им. Ф.Е. Фальц-Фейна
Украина, 75230 Херсонская обл., Чаплинский р-н, пгт Аскания-Нова, ул. Фрунзе, 13

КАЧЕСТВО ПЫЛЬЦЫ СОСНЫ КРЫМСКОЙ И С. ОБЫКНОВЕННОЙ ИЗ НАСАЖДЕНИЙ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КРИВОРОЖЬЯ

Исследовано качество пыльцы в четырех насаждениях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и в четырех насаждениях с. крымской (*Pinus pallasiana* D. Don). В качестве экологически безопасных территорий в исследованиях использовали 70-летнее насаждение *P. pallasiana* в дендропарке биосферного заповедника «Аскания-Нова» им. Ф.Е. Фальц-Фейна, а для *P. sylvestris* — 80-летнее насаждение в Кременецком лесничестве (Тернопольская обл.). Установлено, что жизнеспособность пыльцы растений обоих видов в криворожских насаждениях была на 8–15 % меньше по сравнению с пыльцой растений из других насаждений, в которых отсутствует техногенное загрязнение. По сравнению с этими древостоями для криворожских насаждений обоих видов характерна большая частота аномальной пыльцы, а также аномальных пыльцевых трубок при ее прорастании: для *P. sylvestris* — соответственно в 1,7–3,1 и 4,5–18,2 раза, для *P. pallasiana* — в 3–4 и 2,8–14,8 раза. Эти чувствительные показатели качества пыльцы обоих видов можно использовать как индикаторные при оценке загрязненности среды в промышленных регионах.

Ключевые слова: *Pinus pallasiana*, *P. sylvestris*, пыльца, жизнеспособность, пыльцевые трубки, аномалии, техногенное загрязнение.

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) относится к видам, чутко реагирующим на загрязнение среды промышленными выбросами. Для индикации воздушного загрязнения в качестве теста часто используют пыльцу этого вида. У растений под воздействием аэрополлютантов изменяется качество пыльцы: снижаются ее жизнеспособность, фертильность, возрастает уровень стерильности и доля пыльцевых зерен с аномалиями [10, 12, 16]. У пыльцы растений из районов с высокой аэротехногенной нагрузкой снижается способность прорастать и образовывать нормальные пыльцевые трубки [15]. У растений техногенно загрязненных территорий формируется пыльца низкого качества, что заметно влияет на структуру уро-

жая женских шишек, в частности уменьшает количество нормальных семян [10]. Явное снижение количества полнозернистых семян и увеличение пустосемянности выявлено в шишках растений сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don), произрастающей возле крупных металлургических комбинатов г. Кривого Рога и г. Мариуполя [4]. Это связано с негативным воздействием выбросов этих производств на генеративную сферу растений и, очевидно, на качество пыльцы. Сведений о влиянии аэрополлютантов на пыльцу *P. pallasiana* — одного из наиболее распространенных интродуцентов хвойных растений в степной зоне Украины нет. Некоторые особенности морфогенеза пыльцы и аномалии при ее искусственном прорастании исследованы у растений *P. pallasiana* из популяций Горного Крыма [3].

© И.И. КОРШИКОВ, Е.В. ЛАПТЕВА,
А.Н. ЛИСНИЧУК, Ю.С. ЛИТВИНЕНКО, 2014

Процессы полового размножения хвойных, включая микроспорогенез и формирование мужского гаметофита, имеют видоспецифический характер и реализуются как четко отработанные программы развития [10]. В ряде исследований предполагается, что климатические и географические факторы могут оказывать более сильное влияние на генеративную сферу хвойных, чем техногенные [1, 9]. Это обстоятельство важно учитывать для хвойных, интродуцируемых в степную зону Украины, где они испытывают в ходе онтогенеза влияние неблагоприятных природно-климатических условий, на которое в промышленных регионах накладывается негативное действие техногенно загрязненной среды. Специфику действия природных и техногенных факторов можно выявить, сравнив пыльцу растений *P. sylvestris* и *P. pallasiana* из насаждений, где нет очевидного техногенного загрязнения среды, и растений, произрастающих возле крупных промышленных производств с большим объемом выбросов. Для таких исследований вполне подходят насаждения обоих видов сосен в Криворожье, расположенные как в зонах хронического действия выбросов металлургических комбинатов, так и на железорудных отвалах [5].

Цель работы — сравнить качество пыльцы растений *P. sylvestris* и *P. pallasiana* из насаждений, расположенных на экологически безопасных и техногенно загрязненных территориях Криворожья.

Объекты и методы исследований

Пыльцу в период массового пыления собирали в четырех насаждениях *P. sylvestris* и *P. pallasiana*. В качестве экологически безопасных территорий использовали 70-летнее насаждение *P. pallasiana* в дендропарке биосферного заповедника «Аскания-Нова» им. Ф.Е. Фальц-Фейна (БФЗ), а для *P. sylvestris* — 80-летнее насаждение в Кременецком лесничестве (КЛ).

Для оценки влияния загрязненной среды промышленного региона на качество пыльцы, ее сбор был проведен в трех насаждениях в г. Кривой Рог: 30-летние насаждения *P. palla-*

siana и *P. sylvestris* в дендрарии Криворожского ботанического сада НАН Украины (КБС), который находится на расстоянии 3 км от крупного Северного горно-обогатительного комбината. Для более полной оценки влияния аэротехногенных выбросов на качество пыльцы, ее собирали в 30-летних насаждениях исследуемых видов сосен возле Криворожского металлургического комбината (КМК). Также изучали качество пыльцы у 30-летних растений обоих видов сосен в насаждениях на Первомайском железорудном отвале (ПЖО), где, кроме фонового уровня загрязнения воздуха, растения испытывают влияние комплекса неблагоприятных эдафических факторов, связанных с бедностью породы отвалов минеральными и органическими питательными веществами, а также с избыточным содержанием в ней тяжелых металлов, включая редкоземельные.

Пыльцу собирали во всех насаждениях в теплую погоду без дождей. Образцы пыльцы каждого дерева помещали в пакеты из кальки и хранили в эксикаторе в холодильнике.

На микропрепаратах пыльцы с каждого дерева определяли морфометрические показатели тела пыльцевого зерна и воздушного мешка, измеряли микрометром их высоту и длину, выявляли спектр и количество аномальных пыльцевых зерен. Содержание крахмала в пыльце определяли с помощью раствора Люголя по интенсивности ее окрашивания. Жизнеспособность пыльцы изучали, прорастивая ее в 15 %-ном растворе сахарозы при температуре 26 °С. Через 7 дней учитывали количество проросших пыльцевых зерен. У проросшей пыльцы (100 шт.) измеряли длину пыльцевых трубок. Фертильность пыльцы устанавливали ацетокарминовым методом [13]. Исследования проводили с использованием микроскопа Karl Zeiss Primo Staz (× 400).

Результаты и обсуждение

Определение содержания крахмала в пыльцевых зернах показало, что как у *P. pallasiana*, так и у *P. sylvestris* имеется сильно-, средне- и неокрашенная пыльца. Наибольшая доля сильно окрашиваемой пыльцы (57,2 %) выявлена у

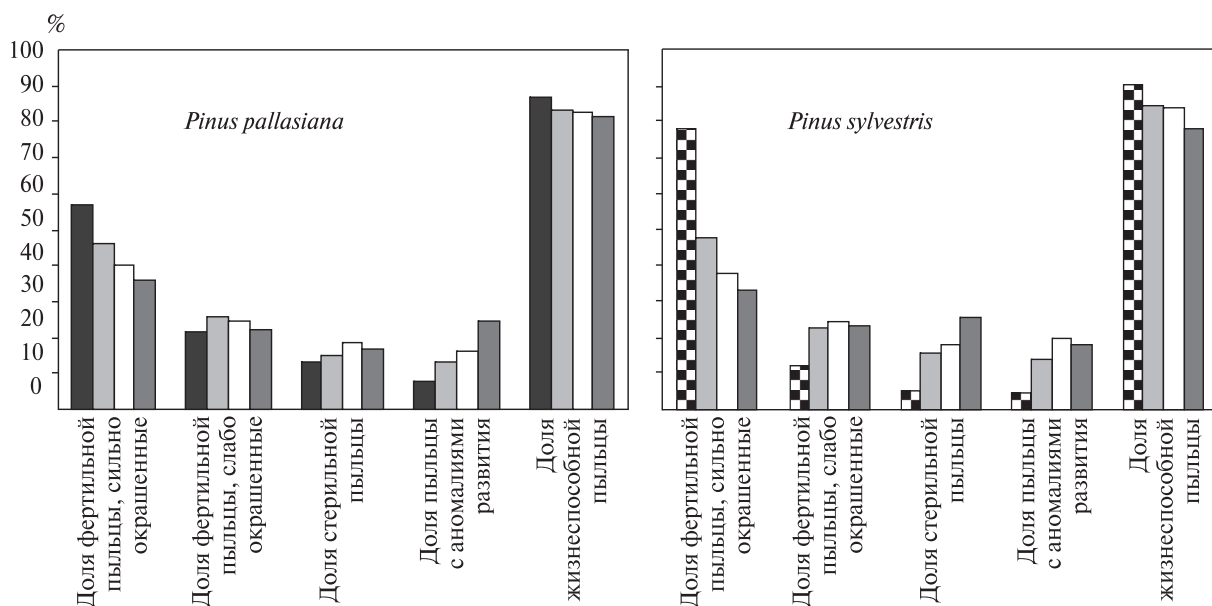


Рис. 1. Доля фертильной, стерильной, жизнеспособной пыльцы и пыльцы с аномалиями у растений *Pinus pallasiana* и *Pinus sylvestris* из насаждений на экологически безопасных и техногенно загрязненных территориях: ■ — дендропарк биосферного заповедника «Аскания-Нова»; ▣ — Кременецкое лесничество; □ — дендрарий Криворожского ботанического сада; □ — Первомайский железорудный отвал; ■ — возле Криворожского металлургического комбината

растений *P. pallasiana* из дендропарка БФЗ, а наименьшая (35,97 %) — у растений, произрастающих вблизи КМК (рис. 1, а). Доля среднеокрашиваемой пыльцы и неокрашиваемой, или стерильной, пыльцы у растений четырех выборок *P. pallasiana* была довольно близкой — соответственно 21,5–26,1 и 13,5–18,5 %. У растений *P. sylvestris* из КЛ доля пыльцы с высоким содержанием крахмала была в 1,6–2,4 раза больше (рис. 1, б), а среднеокрашиваемой пыльцы — в 1,9–2,1 раза меньше, чем у растений криворожских насаждений. Стерильной пыльцы у последних было в 3,0–4,9 раза больше. Относительное количество сильно-, средне- и неокрашиваемой пыльцы у растений *P. pallasiana* и *P. sylvestris* из трех насаждений г. Криворога было близким в каждой из категорий. При этом прослеживается общая зависимость: наибольшее количество фертильной пыльцы было у растений из дендрария КБС, а наименьшее — у растений из насаждения возле КМК. В отношении стерильной пыльцы установлена обратная зависимость.

Пыльца у обоих видов отличается довольно высокой жизнеспособностью. Максимальное относительное количество проросшей пыльцы (87,2 %) у *P. pallasiana* выявлено у растений из дендропарка БФЗ, а минимальное — у растений из насаждений возле КМЗ — 81,6 % (см. рис. 1, а). Подобный характер зависимости выявлен и для *P. sylvestris*: максимум жизнеспособной пыльцы отмечен у растений из Кременецкого насаждения — 90,2 %, а минимум — у растений, испытывающих воздействие выбросов КМК, — 77,9 % (см. рис. 1, б). В подобных исследованиях пыльца из четырех насаждений *P. sylvestris* в г. Красноярске, четыре года из десяти (длительность исследования) была полностью стерильной и не проросла на питательных средах. В те годы, когда пыльца была жизнеспособной, доля проросшей пыльцы варьировала от 12,6 до 78,9 %. Такие изменения в жизнеспособности пыльцы объясняют влиянием неблагоприятных климатических условий [11]. В трехлетних исследованиях качества пыльцы ели европейской (*Picea*

abies (L.) Karst.) и е. колючей (*P. pungens* Engelm.) в дендрарии Донецкого ботанического сада НАН Украины жизнеспособность пыльцы составляла в разные годы соответственно от 56,8 до 78,8 % и от 74,9 до 82,9 % [6]. У растений *P. sylvestris*, произраставших в сухой степи в Хакасии, доля такой пыльцы составляла 61,0–74,9 % [14].

У *P. pallasiana* пыльца более крупная, чем у *P. sylvestris* (табл. 1). Бóльшими у пыльцы *P. pallasiana* были и воздушные мешки. У обоих видов прослеживается сходная зависимость: максимальные значения параметров пыльцы и воздушных мешков свойственны растениям из экологически благоприятных районов. Соотношение длины мешка (*l*) к его высоте (*h*) у пыльцы обоих видов варьировало в близких диапазонах: *P. pallasiana* — 0,73–0,77 и *P. sylvestris* — 0,69–0,73. Отношение длины тела к его высоте у пыльцы растений *P. pallasiana* из четырех насаждений составляло 1,23–1,25, а у пыльцы растений *P. sylvestris* — 1,15–1,19. Уровень морфометрической изменчивости пыльцы и ее

воздушных мешков у обоих видов был низким и мало зависел от условий произрастания растений. У отдельных деревьев из ряда насаждений *P. sylvestris* в г. Красноярске преобладали пыльцевые зерна с величиной индекса $l/h < 1$ [15].

Для обоих видов сосен была характерна пыльца с такими аномалиями развития: незрелая; деформированная; дегенерирующая; с линзовидным телом; истощенная; «карлик»; «гигант»; с измененной формой тела и воздушных мешков; с непропорционально развитым телом и мешками разных размеров; одномешковая; с одним нормальным и другим недоразвитым мешком; с мешками разного размера; с двумя недоразвитыми мешками; с сильно сближенными мешками; с деформированными краями мешков; со сросшимися мешками; с воротничковой формой воздушных мешков; с тремя нормальными мешками; с тремя мешками, один из которых недоразвит; с четырьмя мешками.

Все описанные типы аномалий с разной частотой встречались во всех изучаемых насаждениях

Морфометрическая изменчивость пыльцы и ее воздушных мешков *Pinus pallasiana* и *P. sylvestris*, мкм

Место произрастания растений	Длина пыльцы	Длина тела	Высота тела	Длина мешка	Высота мешка
<i>Pinus pallasiana</i>					
Дендропарк БФЗ «Аскания-Нова»	$68,1 \pm 0,3$ 4,4	$48,6 \pm 0,3$ 6,8	$39,0 \pm 0,3$ 6,9	$24,1 \pm 0,2$ 9,2	$31,2 \pm 0,2$ 7,3
Дендрарий Криворожского ботанического сада	$66,6 \pm 0,3$ 4,7	$47,5 \pm 0,4$ 8,4	$38,5 \pm 0,3$ 8,7	$23,0 \pm 0,2$ 10,4	$30,8 \pm 0,3$ 8,6
Первомайский железорудный отвал	$65,8 \pm 0,3$ 4,7	$46,5 \pm 0,3$ 7,2	$37,6 \pm 0,4$ 11,4	$21,9 \pm 0,2$ 7,8	$30,0 \pm 0,2$ 8,0
Возле Криворожского металлургического комбината	$63,7 \pm 0,3$ 5,4	$45,7 \pm 0,4$ 8,5	$37,0 \pm 0,3$ 8,8	$20,9 \pm 0,2$ 9,1	$28,3 \pm 0,3$ 9,6
<i>Pinus sylvestris</i>					
Кременецкое лесничество	$64,5 \pm 0,3$ 4,2	$44,8 \pm 0,3$ 6,0	$37,8 \pm 0,3$ 8,1	$21,7 \pm 0,2$ 11,0	$29,8 \pm 0,3$ 9,8
Дендрарий Криворожского ботанического сада	$61,3 \pm 0,3$ 5,5	$42,0 \pm 0,3$ 7,3	$36,0 \pm 0,3$ 9,5	$20,4 \pm 0,2$ 9,1	$28,2 \pm 0,3$ 9,6
Первомайский железорудный отвал	$60,2 \pm 0,3$ 5,3	$41,3 \pm 0,3$ 7,1	$35,9 \pm 0,3$ 8,5	$19,4 \pm 0,2$ 8,8	$27,8 \pm 0,3$ 10,0
Возле Криворожского металлургического комбината	$59,5 \pm 0,3$ 4,5	$40,7 \pm 0,3$ 7,4	$35,0 \pm 0,3$ 7,0	$18,7 \pm 0,2$ 9,2	$26,9 \pm 0,3$ 10,0

Примечание. В числителе — $M \pm m$; в знаменателе — CV, %.

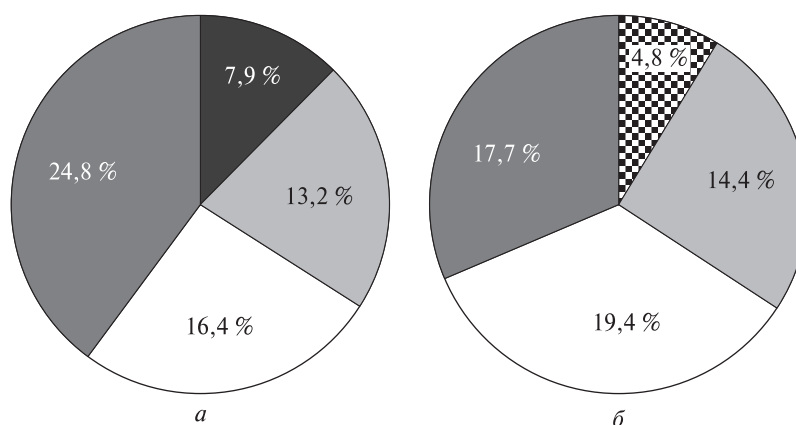


Рис. 2. Доля фертильной, стерильной, жизнеспособной пыльцы и пыльцы с аномалиями у растений *Pinus pallasiana* (а) и *Pinus sylvestris* (б) из насаждений на экологически безопасных и техногенно загрязненных территориях: ■ — дендропарк биосферного заповедника «Аскания-Нова»; ▣ — Кременецкое лесничество; □ — дендрарий Криворожского ботанического сада; □ — Первомайский железорудный отвал; ■ — возле Криворожского металлургического комбината

P. pallasiana и *P. sylvestris*. В насаждении *P. pallasiana* из БФЗ доля аномальной пыльцы составила 7,9 %, а у растений из КБС — 1,7 %, из ПЖО — 2,1 %, из КМК — 3,1 % (рис. 2). В кременецком насаждении *P. sylvestris* на долю аномальной пыльцы приходилось 4,8 %, у растений из КБС — 3,0 %, из ПЖО — 4,0 %, из КМК — 3,7 %.

У растений *P. pallasiana* из дендрария БФЗ наиболее часто встречались следующие аномалии пыльцы: «карликовая» (40,4 %), недоразвитая, деградирующая и деформированная (36,8 %), с аномально маленькими воздушными мешками по отношению к телу пыльцы (10,3 %). У растений из насаждений КБС и ПЖО доминировала пыльца «карлик» (37,2–37,6 %), пыльца, имеющая мешки разного размера (18,5–20,4 %), с малыми мешками по отношению к телу (14,6–15,3 %) и «гигантская» пыльца (9,2–9,6 %). Для растений, произрастающих возле КМК, была характерна аномально недоразвитая, деградирующая и деформированная пыльца (39,2 %), «карликовая» (18,5 %), с разными размерами воздушных мешков (13,0 %), с неровными краями пыльцевого зерна (9,5 %). Прослеживается определенная зависимость аномалии пыльцы *P. sylvestris* от места произрастания. Так, у растений из дендропарка БФЗ среди

аномалий пыльцы доминировала «карликовая», а у растений из трех криворожских насаждений доля такой пыльцы была меньше (22,5–38,9 %). Второе место по частоте во всех четырех насаждениях занимала пыльца с воздушными мешками разного размера (18,8–28,1 %). Для растений из дендропарка БФЗ характерной также была «гигантская» пыльца (15,9 %) и с аномально малыми мешками. У растений *P. sylvestris*, произрастающих на ПЖО и возле КМК, высокой была доля недоразвитой, деградирующей и деформированной пыльцы (14,7–23,8 %), а также пыльцы с неровными краями (10,9–11,5 %).

Важным показателем качества пыльцы, а точнее, ее готовности к оплодотворению яйцеклеток, является способность формировать нормальные пыльцевые трубки при прорастивании. Как показали результаты исследований, у прорастающей на 15 %-ном растворе сахарозы пыльцы *P. pallasiana* и *P. sylvestris* выявлено пять типов аномалий пыльцевых трубок. Четыре типа: утолщение (рис. 3, а), искривление (рис. 3, б), разветвление по типу «олених рогов» (рис. 3, в) и дорсовентральное прорастание пыльцы (рис. 3, г) были характерны для растений *P. pallasiana* из дендропарка БФЗ и дендрария КБС, а также для растений *P. sylvestris*

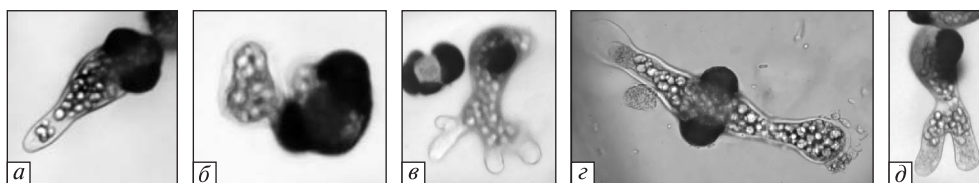


Рис. 3. Аномалии пыльцевых трубок у *Pinus pallasiana* и *P. sylvestris*: а — утолщение; б — искривление; в — разветвление по типу «оленьих рогов»; г — дорсовентральное прорастание пыльцы; д — раздвоение

ris из КЛ и дендрария КБС. В двух других насаждениях этих видов с очень низкой частотой (0,14–0,18) встречалось еще раздвоение пыльцевой трубки (рис. 3, д). Доля пыльцевых трубок с аномалиями была низкой у растений *P. sylvestris* из дендропарка БФЗ (3,19 %) и КЛ (3,0 %). Для растений криворожских насаждений *P. pallasiana* и *P. sylvestris* было характерно явное увеличение частоты аномалий пыльцевых трубок в одной и той же последовательности. Так, у пыльцы растений из дендрария КБС это увеличение составило соответственно 2,8 и 4,5 раза, из ПЖО — 8,5 и 10,6 раза, из КМК — 14,8 и 18,2 раза. Наиболее характерными для растений *P. pallasiana* и *P. sylvestris* были два типа аномалий пыльцевых трубок: дорсовентральное формирование трубок (соответственно 1,22–19,65 и 1,1–24,2 %) и разветвление по типу «оленьих рогов» (1,16–23,81 и 1,2–26,1 %).

Пыльца при прорастании образовывала трубки разной длины в зависимости от места произрастания растений. Максимальная длина нормальных пыльцевых трубок выявлена у пыльцы растений *P. pallasiana* из дендропарка БФЗ — 132,3 мкм и у растений *P. sylvestris* из КЛ — 123,7 мкм. Длина трубок у пыльцы растений из криворожских насаждений была меньшей. Изменения носили сходный характер у обоих видов. Так, длина трубок у пыльцы растений *P. pallasiana* из этих древостоев по сравнению с пыльцой растений из дендропарка БФЗ была меньшей на 6,8 % (у растений из КБС), на 12,9 % (у растений из ПЖО), и на 16,1 % (у растений из КМК), у растений *P. sylvestris* — соответственно на 6,1; 14,6 и 21,2 %.

Нормальное развитие и интенсивность роста трубок определяют оплодотворяющую спо-

собность пыльцы. Многочисленные аномалии пыльцевых трубок приводят к формированию в шишках хвойных мелких недоразвитых, пустых семян или семян, содержащих только эндосперм [8]. Отклонения пыльцевых трубок от правильной формы, а именно утолщения, искривления, вздутия, ветвления, двустороннее прорастание пыльцевых зерен, выявлены у пыльцы краснопыльничковой и желтопыльничковой форм *P. sylvestris*, произрастающей на болотах и суходолах Западной Сибири [7]. Подобные аномалии развития пыльцевой трубки обнаружены и у пыльцы растений *P. pallasiana* из крымских популяций [3]. Чаще всего многочисленные аномалии трубок встречаются у пыльцы растений, испытывающих техногенный стресс [2, 15]. Это подтверждено результатами наших исследований. Интересно, что пыльца растений *P. sylvestris* из всех изучаемых насаждений имела более длинные трубки (97,4–123,7 мкм), чем пыльца растений из Западной Сибири (56,1–68,5 мкм) [7] или произрастающих в сухой степи в Хакасии (61–74,9 мкм) [14]. Длина трубки у пыльцы растений *P. sylvestris* из четырех насаждений г. Красноярска в годы, когда пыльца была жизнеспособной, варьировала в очень широком диапазоне — 19,0–294,2 мкм [11]. Одноклеточная пыльца, не прошедшая митотическое деление, не способна формировать пыльцевые трубки [10].

Характеристики пыльцевых трубок как элемента качества пыльцы, вероятно, отражают реакцию растений на природно-климатические условия и влияние стрессовых факторов техногенно загрязненной среды. Негативное влияние аэрополлютантов на формирование

пыльцы усиливается в период туманов и выпадения дождей [15]. В таких неблагоприятных условиях у *P. sylvestris* 50–60 % зрелых пыльцевых зерен не завершили гаметофитогенез на момент вылета из спорангия, а поэтому не были способны прорасти и сформировать пыльцевую трубку. Этим объясняется то, что большое количество семенных чешуй в зрелых шишках имеют только крылатки [11].

Таким образом, пыльца растений *P. pallasiana* и *P. sylvestris*, произрастающих в экстремальных условиях техногенно загрязненных территорий Криворожья, отличается достаточно высокой жизнеспособностью — соответственно 81,6–83,3 и 77,9–84,4 %. Доля пыльцы с морфологическими аномалиями пыльцевого зерна и воздушных мешков у растений обоих видов из трех насаждений в Криворожье довольно близка: у *P. pallasiana* — 13,2–24,8 %, у *P. sylvestris* — 14,4–19,4 %. По размерам пыльцевых зерен и воздушных мешков пыльца растений обоих видов из криворожских насаждений меньше на 1–12 % по сравнению с пыльцой растений, произрастающих на экологически безопасных территориях. Наиболее значительным отличием между пыльцой растений из таких регионов и криворожских насаждений является наличие аномальной пыльцы, которой у *P. pallasiana* в 1,7–3,1 раза, а у *P. sylvestris* — в 3–4 раза больше.

Информативным показателем влияния техногенного загрязнения на качество пыльцы является частота пыльцы с аномалиями пыльцевых трубок при прорастании. У растений *P. pallasiana* из БФЗ доля проросшей пыльцы с аномальными трубками составила 3,2 %, а у растений из трех криворожских насаждений — 9,1–47,1 %, у растений *P. sylvestris* из КЛ — 3 %, из трех криворожских насаждений — 13,6–54,7 %. Обращает внимание однотипность и близость реакций обоих видов сосен, проявляющиеся в изменении качества пыльцы под влиянием техногенно загрязненной среды.

Частоту аномалий пыльцевых зерен *P. sylvestris* и *P. pallasiana*, а также патологий при развитии пыльцевых трубок при проращивании пыльцы можно использовать для индика-

ции загрязненности среды в промышленных регионах Украины.

1. Владимирова О.С. Пыльца ели сибирской, произрастающей в различных экологических условиях / О.С. Владимирова, Е.Н. Муратова, М.И. Седаева // Хвойные бореальной зоны. — 2008. — Т. 25, № 1. — С. 98–102.
2. Глазун И.Н. Динамика жизнеспособности пыльцы сосны обыкновенной в зоне отчуждения ЧАЭС / И.Н. Глазун // ИВУЗ Лесной журн. — 2006. — № 2. — С. 39–42.
3. Коба В.П. Исследование некоторых особенностей морфогенеза и прорастания пыльцы *Pinus pallasiana* D. Don. / В.П. Коба // Цитология и генетика. — 2004. — № 3. — С. 38–45.
4. Коршиков И.И. Популяционно-генетические проблемы дендротехногенной интродукции / И.И. Коршиков, Н.С. Терлыга, С.А. Бычков. — Донецк: Лебедь, 2002. — 328 с.
5. Коршиков И.И. Жизнеспособность древесных растений на железорудных отвалах Криворожья / И.И. Коршиков, О.В. Красноштан. — Донецк: Цифрова типографія, 2012. — 280 с.
6. Макогон И.В. Качество пыльцы ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) и е. колочей (*Picea pungens* Engelm.) в условиях интродукции на юго-востоке Украины / И.В. Макогон, И.И. Коршиков // Интродукція рослин. — 2010. — № 4. — С. 9–13.
7. Морфология и жизнеспособность пыльцы желтой и краснопыльничковой форм сосны обыкновенной на болотах и суходолах Западной Сибири / С.П. Ефремов, А.В. Пименов, Т.С. Седелникова [и др.] // Хвойные бореальной зоны. — 2010. — Т. 27, № 1–2. — С. 126–129.
8. Некрасова Т.П. Влияние температуры воздуха на формирование пыльцы хвойных древесных пород / Т.П. Некрасова // Лесоведение. — 1976. — № 6. — С. 23–31.
9. Носкова Н.Е. Половая репродукция сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях экологического стресса: Автореф. дис. на соискание науч. степени канд. биол. наук / Н.Е. Некрасова. — Красноярск, 2005. — 20 с.
10. Носкова Н.Е. Влияние стресса на репродуктивные способности сосны обыкновенной / Н.Е. Носкова, И.Н. Третьякова // Хвойные бореальной зоны. — 2006. — Т. 23, № 3. — С. 54–63.
11. Носкова Н.Е. Репродукция сосны обыкновенной в условиях глобального изменения климата и стратегические пути сохранения вида / Н.Е. Носкова, И.Н. Третьякова // Хвойные бореальной зоны. — 2011. — Т. 28, № 1. — С. 41–46.
12. Осолков В.А. Качество пыльцы сосны обыкновенной в древостоях Приангарья при разном

- уровне загрязнения / В.А. Осколков // Лесоведение. — 1999. — № 2. — С. 16–21.
13. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений / З.П. Паушева. — 4-е изд. — М.: Агропромиздат, 1988. — 271 с.
 14. Тихонова И.В. Морфологические признаки пыльцы в связи с состоянием деревьев сосны в сухой степи / И.В. Тихонова // Лесоведение. — 2005. — № 1. — С. 63–69.
 15. Третьякова И.Н. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса / И.Н. Третьякова, Н.Е. Носкова // Экология. — 2004. — № 1. — С. 26–33.
 16. Тупицин С.С. Уровень техногенеза как показатель состояния биообъекта в разных экологических условиях / С.С. Тупицин, Н.Е. Рябогина, С.С. Тупицина // Известия Самарского научного центра РАН. — 2012. — Т. 14, № 1 (3). — С. 822–828.

Поступила в редакцию 05.03.2014 г.
Рекомендовал к печати П.А. Мороз

І.І. Коршиков¹, О.В. Лантєва², А.М. Лісничук³,
Ю.С. Літвіненко⁴

¹ Донецький ботанічний сад НАН України,
Україна, м. Донецьк

² Криворізький ботанічний сад НАН України,
Україна, м. Кривий Ріг

³ Кременецький ботанічний сад, Україна,
м. Кременець

⁴ Біосферний заповідник «Асканія-Нова»
ім. Ф.Е. Фальц-Фейна, Україна,
Херсонська обл., смт Асканія-Нова

ЯКІСТЬ ПИЛКУ СОСНИ КРИМСЬКОЇ ТА С. ЗВИЧАЙНОЇ З НАСАДЖЕНЬ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ КРИВОРІЗЖЯ

Досліджено якість пилку в чотирьох насадженнях сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) та в чотирьох насадженнях с. кримської (*Pinus pallasiana* D. Don). Як екологічно безпечні території використовували 70-річне насадження *P. pallasiana* у дендропарку біосферного заповідника «Асканія-Нова» ім. Ф.Е. Фальц-Фейна, а для *P. sylvestris* — 80-річне насадження в Кременецькому лісництві (Тернопільська обл.). Установлено, що життєздатність пилку рослин обох видів у криворізьких насадженнях була на 8–15 % меншою порівняно з пилком насаджень, де відсутнє техно-

генне забруднення. Порівняно з цими деревостанами для криворізьких насаджень обох видів характерна більша частота аномального пилку, а також аномальних пилкових трубок при його пророщуванні: для *P. sylvestris* — відповідно в 1,7–3,1 і 4,5–18,2 разу, для *P. pallasiana* — у 3–4 і 2,8–14,8 разу. Ці чутливі показники якості пилку обох видів можна використовувати як індикаторні при оцінці забрудненості середовища в промислових регіонах.

Ключові слова: *Pinus pallasiana*, *P. sylvestris*, пилко, життєздатність, пилкові трубки, аномалії, техногенне забруднення.

І.І. Коршиков¹, Е.В. Лантєва²,
А.Н. Лісничук³, Ю.С. Літвіненко⁴

¹ Donetsk Botanical Garden,
National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Donetsk

² Kriviy Rih Botanical Garden, National Academy
of Sciences of Ukraine, Ukraine, Kriviy Rih

³ Kremenets Botanical Garden, Ukraine, Kremenets

⁴ F.E. Falz-Fein Askania-Nova Biosphere Reserve,
Ukraine, Kherson region, Askania-Nova

POLLEN QUALITY OF *PINUS PALLASIANA* D. DON AND *PINUS SYLVESTRIS* L. FROM PLANTATIONS OF POLLUTED LANDS IN KRIVORIZHZHYA

Pollen quality was investigated in four stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and in four stands of *Pinus pallasiana* D. Don plantations. As ecologically safe territories we use 70-years plantation of *P. pallasiana* in arboretum of biosphere reserve *Askania-Nova* and 80-years stand of *P. sylvestris* in Kremenets forestry (Ternopil Region). The study has shown that pollen viability of both species in Kriviy Rih plantations was by 8 to 15 % lower compared to pollen of plants from other regions without man-made pollution. An increased (by times) number of abnormal pollen (ranging from 1.7 to 3.1 times for *P. sylvestris* and from 4.5 to 18.2 times for *P. pallasiana*) and abnormal pollen tubes at germinating (ranging from 3 to 4 times for *P. sylvestris*, and from 2.8 to 14.8 times for *P. pallasiana*) is characteristic for both species in Krivorizhzhya compared with the stands not exposed to pollution. These sensitive indicators of the pollen quality of both species can be used as an indicator for assessing environmental pollution in industrial lands.

Key words: *Pinus pallasiana*, *P. sylvestris*, pollen, viability, pollen tubes, abnormalities, technogenic pollution.