

И.В. МАКОГОН, И.И. КОРШИКОВ

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

КАЧЕСТВО ПЫЛЬЦЫ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ (*PICEA ABIES* (L.) *KARST.*) И ЕЛИ КОЛЮЧЕЙ (*PICEA PUNGENS* ENGELM.) В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ НА ЮГО-ВОСТОКЕ УКРАИНЫ

*Приведены результаты многолетних исследований качества пыльцы *Picea abies* (L.) Karst. и *Picea pungens* Engelm. в условиях интродукции на юго-востоке Украины. Показана периодичность и индивидуальная нестабильность формирования микростробилов. Установлено, что у *P. pungens* пыльца более крупная и отличается более высокой жизнеспособностью, чем пыльца *P. abies*.*

Репродуктивные потенции интродуцентов зависят от колебаний климатических факторов предшествующих лет и текущего года. При этом погодные условия отдельных лет могут влиять не только на обилие «цветения» и семеношения, но и на сексуализацию побегов, соотношение мужского и женского «цветения» в кроне одного растения и в древостое в целом [4]. Для хвойных характерна периодичность «цветения» и семеношения, поэтому урожайные годы чередуются с годами с небольшим урожаем и даже его отсутствием. Семенная продуктивность растений во многом зависит от количества пыльцы и ее жизнеспособности [8, 9, 11].

Методология хозяйственного использования перспективных интродуцентов должна строиться на знании естественных причин, существенно влияющих на репродуктивный процесс и, в конечном итоге, на семенную продуктивность растений. Оценить репродуктивные показатели интродуцентов можно только на основе многолетних наблюдений. У ветроопыляемых видов древесных растений установлена высокая генетическая изменчивость пула пыльцы в разные годы, что, соответственно, может увеличивать разнообразие потомков [13].

Перспективный североамериканский вид — ель колючая (*Picea pungens* Engelm.) благодаря высокой дымо- и газоустойчивости широко используется в озеленении промышленных городов и населенных пунктов юго-востока Украины уже более 50 лет. Аборигенный для Украины вид — ель европейская (*P. abies* (L.) Karst.) — также отличается высокой жизнестойкостью и в настоящее время проходит первичное интродукционное испытание на юго-востоке Украины — в дендрарии Донецкого ботанического сада НАН Украины (ДБС). Репродуктивные потенции этих видов в данном регионе не исследовались.

Цель работы — проанализировать изменчивость морфометрических показателей пыльцевых зерен, фертильность и жизнеспособность пыльцы *P. abies* и *P. pungens* в условиях интродукции на юго-востоке Украины.

Материалы и методы

В дендрарии ДБС на сегодняшний день насчитывается 60 растений *P. abies* в возрасте примерно 35 лет со средней высотой ($12,6 \pm 0,2$) м и диаметром ствола ($15,3 \pm 0,4$) см. Коллекция *P. pungens* представлена отдельными куртинами, расположенными на разных участках территории сада. Возраст растений — примерно 45 лет.

Сроки пыления *P. abies* и *P. pungens* в насаждениях ДБС определяли в годы формирования микростробиллов в период с 2002 по 2007 г. Морфометрическую изменчивость пыльцевых зерен у 52 деревьев *P. abies* и 6 деревьев *P. pungens* изучали в 2003 г. Для определения размеров пыльцевых зерен образцы пыльцы окрашивали ацетокармином [4]. После окрашивания с помощью микроскопа «МББ-1 А» при увеличении 300, используя окулярный винтовой микрометр МОВ — 1-15^х, измеряли пять показателей: общую длину пыльцевого зерна, длину и высоту тела, длину и высоту воздушного мешка [7]. Полученные данные пересчитывали в микрометры.

Для оценки фертильности пыльцы применяли ацетокарминовый метод [10]. Процент фертильных и стерильных пыльцевых зерен для каждого дерева устанавливали в 15 полях зрения.

Жизнеспособность пыльцы оценивали путем проращивания на искусственной среде (1 % р-р агар-агара, 20 % р-р сахарозы для *P. abies* [5] и 1 % р-р агар-агара, 10 % р-р сахарозы для *P. pungens* [2]). Предметные стекла помещали в чашки Петри с увлажненной фильтровальной бумагой. Пыльцу проращивали в термостате при температуре 29 °С. Через 4 дня подсчитывали количество проросших пыльцевых

зерен в пяти полях зрения в трех повторностях для каждого растения, жизнеспособность пыльцы выражали в %.

Собирали пыльцу в период массового пыления микростробиллов: у *P. abies* — в верхней части кроны, у *P. pungens* — в нижней части. В годы «цветения» *P. abies* сборы пыльцы проводили со всех деревьев, у которых она имелась. Так, в 2003 г. пыльца была собрана с 52 растений *P. abies* (всего в насаждении 60 деревьев), в 2004 г. — с 21 и в 2007 г. — с 22. В 2007 г. сформировались только микростробилы (лишь на одном дереве в насаждении *P. abies* в этот год были отмечены макростробилы). В 2003 г. у 86,7 % растений *P. abies* в интродукционном насаждении образовались микростробилы, а в 2004 и 2007 гг. таких растений было соответственно 35 и 38,3 %. В урожайном 2006 г. у *P. abies* также обильно формировались микростробилы, однако из-за интенсивных дождей в период пыления сбор пыльцы был проведен лишь в конце пыления, и поэтому она не была использована в анализе.

Результаты и обсуждение

Массовое пыление *P. abies* в условиях интродукции на юго-востоке Украины происходит в первой-второй декаде мая при сумме эффективных температур 170,5–192,8 °С, однако не ежегодно. В 2002 и 2005 гг. микростробилы не образовывались, а в 2007 г. отмечены более поздние сроки интенсивного пыления в сравнении с предыдущими годами (табл. 1). Микростробилы у *P. abies* локализованы в женском и смешанном ярусах кроны, массовое пыление продолжается 4–6 дней.

Пыление *P. pungens* на юго-востоке Украины наступает в третьей декаде мая при сумме эффективных температур 324,5–345,4 °С. В 2002, 2005 и 2007 гг. микростробилы на растениях отсутствовали. В те годы, когда у *P. pungens* формируются микростробилы, они обильно расположены по всей кроне растений, а массовое пыление

Таблица 1. Сроки массового пыления *Picea abies* (L.) Karst. и *P. pungens* Engelm. в условиях интродукции в Донецком ботаническом саду НАН Украины

Год наблюдений	Даты: начало—конец	
	<i>Picea abies</i>	<i>Picea pungens</i>
2003	08.05—13.05	20.05—27.05
2004	05.05—10.05	23.05—28.05
2006	09.05—12.05	22.05—26.05
2007	14.05—18.05	Микростробилы не сформировались

Таблица 2. Морфометрические параметры пыльцевых зерен *Picea abies* и *P. pungens* в условиях интродукции в Донецком ботаническом саду НАН Украины, мкм

Вид	Общая длина зерна	Тело пыльцевого зерна		Воздушный мешок	
		длина	высота	длина	высота
<i>Picea abies</i>	$112,6 \pm 0,67$	$83,5 \pm 0,66$	$76,7 \pm 0,82$	$36,7 \pm 0,38$	$55,8 \pm 0,64$
	4,3	5,7	7,7	7,4	8,2
<i>Picea pungens</i>	$122,1 \pm 2,01$	$90,0 \pm 2,17$	$80,9 \pm 2,20$	$39,4 \pm 1,01$	$61,6 \pm 1,46$
	4,0	5,9	6,7	6,3	5,8

Примечание. В числителе приведено $M \pm m$; в знаменателе — коэффициент вариации, %.

продолжается 5–8 дней. Обращает внимание тот факт, что у обоих видов годы образования и отсутствия микростробилов совпадают, за исключением 2007 г.

Средние значения морфометрических параметров пыльцевых зерен *P. abies* в условиях интродукции (табл. 2) не выходят за пределы значений, установленных для данного вида в природных древостоях [4]. Коэффициент вариации (CV) по всем морфометрическим показателям пыльцевых зерен для *P. abies* в целом находился в пределах 4–8 %, что по шкале С.А. Мамаева [6] соответствует низкому уровню изменчивости. Только у некоторых деревьев по отдельным показателям значение CV возросло до 13–17 %. В исследованиях, проведенных в Южной Карелии, изменчивость морфометрических показателей пыльцевых зерен для отдельных деревьев *P. abies*

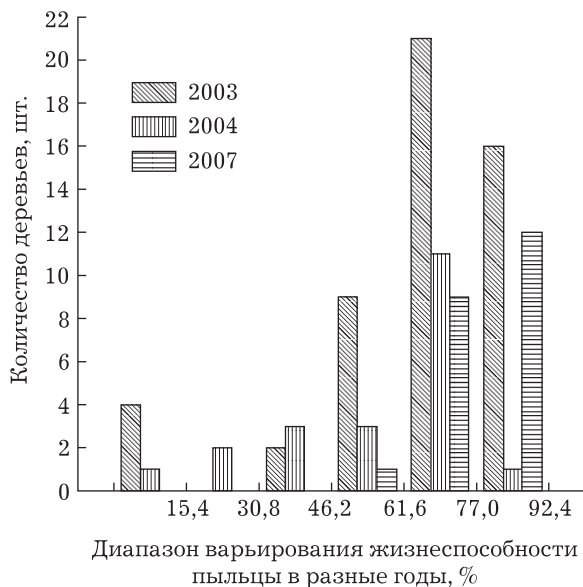
составляла 13–14 % [4]. Размеры пыльцевых зерен — признак видоспецифичный [4, 9]. Это подтверждается и нашими сравнительными исследованиями: у *P. pungens* пыльца отличается более крупными размерами в сравнении с *P. abies* и характеризуется низкой амплитудой изменчивости (4–7 %).

Фертильность пыльцы *P. abies* в 2003 г. составила в среднем 78,9 %, а в 2004 г. этот показатель был существенно меньше (63,9 %), что составило 81 % от показателя предыдущего года (табл. 3). При этом количество деревьев в насаждении, у которых образовались микростробилы, уменьшилось в 2,5 раза. В 2007 г. у *P. abies* фертильность пыльцы была наиболее высокой (в среднем 81,4 %). Во все годы наблюдений фертильность пыльцы у *P. pungens* была существенно выше, чем у *P. abies*, однако не превышала 82,3 %.

Таблица 3. Фертильность и жизнеспособность пыльцы *Picea abies* и *P. pungens* в разные годы исследований в условиях интродукции в Донецком ботаническом саду НАН Украины

Показатель	<i>Picea abies</i>			<i>Picea pungens</i>		
	2003	2004	2007	2003	2004	2006
Фертильность пыльцы, %	$78,9 \pm 1,1$	$63,9 \pm 5,0$	$81,4 \pm 4,9$	$82,3 \pm 1,8$	$77,8 \pm 1,2$	$81,9 \pm 1,2$
	10,2	35,6	11,3	23,0	20,3	10,1
Жизнеспособность пыльцы, %	$65,0 \pm 2,7$	$56,8 \pm 4,6$	$78,8 \pm 2,1$	$82,1 \pm 1,0$	$74,9 \pm 1,2$	$82,9 \pm 0,8$
	30,3	37,1	12,6	13,8	13,1	9,1

Примечание. В числителе приведено $M \pm m$; в знаменателе — коэффициент вариации, %.



Варьирование уровня жизнеспособности пыльцы у растений *Picea abies* в насаждении дендрария Донецкого ботанического сада в разные годы наблюдений

Минимальная жизнеспособность пыльцы у *P. abies* в ДБС отмечена в 2004 г. (56,8 %), а максимальная — в 2007 г. (78,8 %). В древостоях природного ареала в Белоруссии жизнеспособность пыльцы *P. abies* составляла в среднем 67 % [11], а в Карелии при проращивании на 20 %-ном растворе сахарозы — 97 % [3]. У растений *P. pungens* этот показатель был существенно выше, чем у *P. abies*, — 74,9–82,9 % в разные годы сбора пыльцы. При этом отмечен высокий уровень жизнеспособности пыльцы у одних и тех же деревьев *P. pungens*.

В процессе хранения пыльцы в лабораторных условиях ее жизнеспособность снижается. Согласно литературным данным, жизнеспособность пыльцы *P. pungens* в период сбора при проращивании на 10 %-ном растворе сахарозы составляла 97 %. Через год хранения при температуре +4 °С она снизилась до 78 %, а через два года хранения при температуре –18 °С составляла 82 % [12]. В нашем эксперименте пыльца *P. pungens* сохраняла жизнеспособность на уровне

не 35 % после двух лет хранения при температуре +2 °С. В другом сообщении указывается, что после 1,5 месяца хранения пыльцы *P. pungens* при температуре +2 °С ее жизнеспособность составляла 58,9 % [1].

Установлена значительная изменчивость растений *P. abies* в пределах насаждения по уровню жизнеспособности пыльцы (рисунок). У отдельных деревьев во все годы наблюдений жизнеспособность пыльцы была меньше 40 %. Для 21 дерева в 2003 г., для 11 и 9 — соответственно в 2004 и 2007 г. этот показатель был больше 62 %. У 16 деревьев в 2003 г. и у 12 — в 2007 г. жизнеспособность пыльцы составляла более 77 %.

Влияние погодных условий на качество пыльцы велико и оно нередко нивелирует индивидуальные различия, что отмечено в наших исследованиях. Так, например, в ходе трехлетних наблюдений только у четырех из 60 деревьев *P. abies* уровень жизнеспособности пыльцы достигал 68 %. В 2003 и 2007 гг. у восьми деревьев этот показатель был больше 69 %, а у двух растений — более 72 % в 2003 и 2004 гг. И только для двух деревьев отмечен стабильно низкий уровень жизнеспособности пыльцы — 12–18 %. Для большинства растений *P. abies* более высокие показатели качества пыльцы отмечены в 2003 г., в 2004 г. эти показатели снижались, а отдельные растения вообще не формировали микростробилы. В 2007 г., в отличие от семенного 2006 г., количество растений, несущих микростробилы, было таким же, как и в 2004 г., но жизнеспособность пыльцы была выше.

Выводы

Таким образом, *P. abies* и *P. pungens* в условиях юго-востока Украины характеризуются периодичностью формирования микростробилов, что свойственно этим видам и в их природных популяциях. В ходе многолетних наблюдений у *P. abies* выявлена высокая индивидуальная нестабильность в образовании микростробилов. Фертильность и жизнеспособность пыльцы в сред-

нем по насаждениям обоих видов достаточно высокие, чтобы обеспечить формирование полноценного урожая семян. В первичном интродукционном насаждении *P. abies* растения со стабильно высокой жизнеспособностью пыльцы можно использовать для дальнейшего размножения этого вида на юго-востоке Украины, однако необходимо изучить корреляционные связи между жизнеспособностью пыльцы и семенной продуктивностью растений, что позволит выбрать из них лучшие для последующего массового размножения.

1. Граница Ю.В. Жизнеспособность пыльцы интродуцированной ели колючей // Тр. Мар. гос. техн. ун-та. — 1997. — № 5. — С. 50–51.

2. Кауров И.А., Вакула В.С. К методике определения жизнеспособности пыльцы хвойных пород // Ботан. журн. — 1964. — 49, № 8. — С. 1184–1186.

3. Кищенко И.Т., Тихова М.А. Характеристика пыльцевых зерен некоторых видов ели в условиях интродукции // Лесоведение. — 1994. — № 2. — С. 36–41.

4. Козубов Г.М. Биология плодоношения хвойных на Севере. — Л.: Наука, 1974. — 133 с.

5. Козубов Г.М. Об ускоренном и надежном методе определения жизнеспособности пыльцы // Ботан. журн. — 1965. — 50, № 6. — С. 811–813.

6. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). — М.: Наука, 1973. — 284 с.

7. Монозон-Смолина М.Х. К вопросу о морфологии пыльцы некоторых видов рода Pinus // Ботан. журн. — 1949. — 34, № 4. — С. 352–375.

8. Некрасов В.И. Основы семеноведения древесных растений при интродукции. — М.: Наука, 1973. — 279 с.

9. Некрасова Т.П. Пыльца и пыльцевой режим хвойных Сибири. — Новосибирск: Наука, 1983. — 169 с.

10. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. — М.: Колос, 1974. — 288 с.

11. Шкютко Н.В. Хвойные Белоруссии. — Минск: Наука і техника, 1991. — 264 с.

12. Cram W.H., Lindquist C.H. Pollen viability studies for *Picea pungens* // For. Chron. — 1984. — 60, N 2. — P. 93–95.

13. Nakanishi A., Tomaru N., Yoshimaru H. et al. Interannual genetic heterogeneity of pollen pools accepted by *Quercus salicina* individuals // Molecular Ecology. — 2005. — 14, N 14. — P. 4469–4478.

Рекомендовал к печати
Ю.В. Буйдин

І.В. Макогон, І.І. Коршиков

Донецький ботанічний сад НАН України,
Україна, м. Донецьк

ЯКІСТЬ ПИЛКУ ЯЛИНИ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ (*PICEA ABIES* (L.) KARST.) ТА ЯЛИНИ КОЛЮЧОЇ (*PICEA PUNGENS* ENGELM.) В УМОВАХ ІНТРОДУКЦІЇ НА ПІВДЕННОМУ СХОДІ УКРАЇНИ

Наведено результати багаторічних досліджень якості пилку *Picea abies* (L.) Karst. і *Picea pungens* Engelm. в умовах інтродукції на південному сході України. Показано періодичність та індивідуальну нестабільність формування мікростробилів. Встановлено, що у *P. pungens* пилок має більші розміри та вищу життєздатність, ніж пилок *P. abies*.

I.V. Makogon, I.I. Korshikov

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

QUALITY OF POLLEN OF NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* (L.) KARST.) AND BLUE SPRUCE (*PICEA PUNGENS* ENGELM.) UNDER CONDITIONS OF INTRODUCTION ON THE SOUTH-EAST OF UKRAINE

The results of long term investigations of the quality of pollen of *Picea abies* (L.) Karst. and *Picea pungens* Engelm. under conditions of introduction on the South-East of Ukraine have been presented. Periodicity and individual instability of forming of microstrobiles has been showed. It was determined that *P. pungens* has bigger pollen than *P. abies* and differs with higher viability.