

УДК 581:5.581.331.2

О.В. Ерещенко, Л.П. Хлебова

**Влияние погодных условий на изменчивость признаков
пыльцы березы повислой (*Betula pendula* Roth.)**

O.V. Ereschenko, L.P. Khlebova

**The Influence of Weather Conditions on the Variability
of *Betula pendula* Roth. Pollen Parameters**

В работе представлены результаты изучения пыльцы березы повислой, произрастающей в различных районах Барнаула. Изучены фертильность, стерильность и морфологические характеристики пыльцы. Обсуждается влияние условий года на оплодотворяющую способность пыльцы.

Ключевые слова: грунты, береза повислая, пыльца, фертильность, стерильность, факторы среды, дисперсионный анализ.

The work presents results of the study on *Betula pendula* pollen grown in different parts of Barnaul. We examine fertility, sterility and morphological characteristics of the pollen. It is discussed how weather conditions influence on the fertilizing ability of pollen.

Key words: *Betula pendula* Roth., pollen, fertility, sterility, environmental factors, variance analysis.

В последние годы особенно актуально проведение комплекса мероприятий по биомониторингу и биоиндикации, поскольку загрязнение окружающей среды все в большей степени отражается на состоянии растительных сообществ. Одним из направлений биомониторинга является изучение действия поллютантов на генеративную систему растений, определяющую успешность их репродуктивной деятельности. Под воздействием таких воздушных поллютантов, как SO₂, O₂, F и др., качество пыльцы изменяется у большинства растений [1].

Однако степень изменчивости микрогаметофита может быть связана как с генотипическими особенностями растений (мутации, гены-модификаторы, разная скорость развития и др.), так и с условиями внешней среды (природно-климатическими, эдафическими и пр.) [2]. Эффекты взаимодействий этих факторов не менее значимы при формировании фертильной пыльцы. В свою очередь, морфофизиологические свойства пыльцы существенным образом определяют в целом результативность системы опыления анемофильных видов, в том числе и у представителей рода *Betula* L. [3].

Цель данной работы – изучение влияния факторов среды на формирование фертильной пыльцы березы повислой в условиях Барнаула.

В качестве объекта исследований служила пыльца березы повислой *Betula pendula* Roth. Сбор пыльцы производили в период цветения (май 2010 и 2011 гг.) с деревьев диаметром 25–30 см, без видимых повреждений вредителями и грибковыми заболеваниями, произрастающих группами по 2–3 дере-

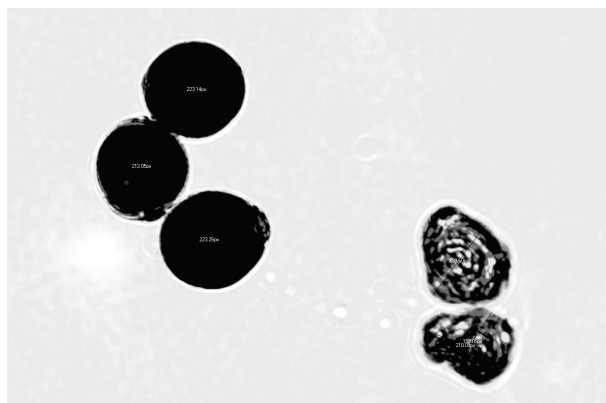
ва. Выбрано 15 мест произрастания березы повислой *Betula pendula* Roth. в Барнауле с различной техногенной нагрузкой. Точки сбора были распределены вдоль основных автомагистралей с интенсивным движением автотранспорта (пр. Ленина, Космонавтов, Красноармейский, Строителей). Несколько точек располагались в жилых районах с меньшей транспортной нагрузкой (ул. Солнечная Поляна, Шукшина), а также вблизи оживленной автодороги, но защищенной жилыми многоэтажными зданиями (пр. Красноармейский, 133). Контролем служил район Южно-Сибирского ботанического сада, находящийся в лесном массиве (ул. Лесосечная, 25).

Для исследования потенциальной фертильности пыльцы (доля зрелых, сформированных зерен к общему числу просмотренных в поле зрения микроскопа) и ее размеров мужские сережки отбирали в фазу массового пыления. Уровень фертильности морфологически сформированных пыльцевых зерен определяли окрашиванием раствором Люголя [4] на микроскопе Микмед-1, с увеличением 10х15х40. Размеры пыльцевых зерен определяли с помощью программы Scope Photo. Анализировали по 2000 клеток на каждую точку сбора.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2007.

Зрелое фертильное, способное к оплодотворению пыльцевое зерно березы, содержащее достаточное количество питательных веществ, в частности крахмала, имеет округло-угловую или эллиптическую форму; хорошо видны три поры с утолщенным ободком и обе

оболочки – интина и экзина. Цитоплазма мелкозернистая, окрашена в темно-розовый цвет, что является признаком морфологической зрелости мужского гаметофита [5]. Четко выделяется округлое, более темное ядро вегетативной клетки. Стерильные или аномально развитые пыльцевые зерна имеют различную структуру. Они могут быть представлены смятыми, неправильной формы клетками со сгустками разрушенной цитоплазмы. Встречаются пыльцевые зерна вполне сформированные, но ядро или цитоплазма отсутствуют (рис.).



Внешний вид фертильной (слева) и стерильной (справа) пыльцы березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях Барнаула

В таблице 1 представлена доля фертильной пыльцы в разных точках города. Полученные данные показывают, что береза повислая, произрастающая в условиях Барнаула, характеризуется довольно высокой величиной этого показателя. Варьирование содержания крахмала в клетках отмечено не только между экземплярами, произрастающими в различных точках города, но и в зависимости от условия развития в отдельные годы. Например, в мае 2010 г. наиболее высокий уровень наблюдался в контрольной точке (ул. Лесосечная, 25) и составлял 96,51%, наиболее низкий – по адресу пл. Победы (66,32%). Практически в 60% случаев показатели превышают среднее значение – 86,71%.

Весной 2011 г. среднее количество фертильной пыльцы повысилось на 5,33%. При этом контроль показал самый высокий показатель фертильности – 95,20%, однако оказался ниже, чем в 2010 г. Наименьшим значением признака отличались точки ул. Ленина, 53 (78,71%) и пл. Победы (78,84%).

Вместе с тем, судя по коэффициентам вариации, разброс в массиве полученных значений фертильности был незначителен, для каждой точки сбора независимо от года наблюдений, что позволяет считать исследованный материал достаточно однородным. Все полученные нами результаты за два года исследования оказались статистически значимыми.

Таблица 1
Доля фертильной пыльцы березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в различных районах Барнаула

Точка сбора	Количество фертильной пыльцы, %		Коэффициент вариации, %	
	2010 г.	2011 г.	2010 г.	2011 г.
1. Молодежная, 46	93,08±0,27**	83,65±1,27***	4	2
2. Пл. Победы	66,32±1,23**	78,84±2,65***	2	5
3. Красноармейский, 135	79,25±0,40**	82,35±2,51**	6	4
4. Красноармейский, 133	94,81±0,54	92,25±0,85*	8	1
5. Красноармейский, 104	82,09±0,20**	84,39±1,08***	3	2
6. Красноармейский, 96а	94,28±0,18*	86,23±0,63***	2	1
7. Красноармейский, 98	89,47±0,53**	89,52±0,61***	8	0,9
8. Красноармейский, 36	88,36±0,35**	90,27±0,75**	5	1
9. Ленина, 67	82,69±0,36**	80,36±0,34***	5	0,5
10. Ленина, 53	80,72±0,42**	78,71±2,92**	6	4
11. Космонавтов, 12	81,03±0,44**	86,00±0,77***	8	1
12. Солнечная Поляна, 17	92,00±0,23**	85,36±1,16***	3	2
13. Шукшина, 10	87,05±0,38**	91,76±0,66**	6	1
14. Дзержинского, 37	92,94±0,41**	92,75±0,47*	6	0,7
15. Лесосечная, 25 (контроль)	96,51±0,21	95,20±0,50	3	0,9
Различия с контролем достоверны: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.				

Контрастной является группа стерильной пыльцы (табл. 2). В 2010 г. доля такой пыльцы была достаточно низкой и в среднем составляла 3,98%. Максимум неокрашенной пыльцы установлен в точке по адресу ул. Ленина, 53 (6,48%), а минимум – по адресу пр. Красноармейский, 133 (1,63%). При этом досто-

верные различия по сравнению с контролем установлены для данных, полученных с точек сбора, расположенных в районах с высокой загруженностью транспортом.

В 2011 г. доля стерильной пыльцы березы повислой оказалась выше в сравнении с результатами

2010 г. и составила в среднем 5,35%. Максимальное количество пыльцы без зерен крахмала обнаружено в точке по адресу пл. Победы – 19,01%, минимальное – в контрольной точке (2,25%). Практически все значения (за исключением точки по адресу ул. Шукшина, 10), согласно критерию Стьюдента, достоверно отличались от контроля.

Доля деформированной пыльцы, собранной в различных точках города, представлена в таб-

лице 3. Установлено, что для березы повислой характерна низкая доля такой пыльцы как в 2010 (2,34%), так и в 2011 гг. (2,23%). Варьирование признака было незначительное, так в 2010 г. оно составило от 0,91 (пр. Красноармейский, 133) до 4,31% (пр. Красноармейский, 135). В большинстве исследуемых точек доля деформированных зерен превышала контрольное значение – 1,77%. В ряде случаев различия достигали 1,4–2,4 раза.

Таблица 2

Доля стерильной пыльцы березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в различных районах Барнаула

Точка сбора	Количество стерильной пыльцы, %		Коэффициент вариации, %	
	2010 г.	2011 г.	2010 г.	2011 г.
1. Молодежная, 46	2,34±0,15	8,69±1,33**	10	25
2. Пл. Победы	4,92±0,93*	19,01±2,58***	65	19
3. Красноармейский, 135	4,51±0,14*	9,37±1,78**	4	31
4. Красноармейский, 133	1,63±0,12	3,43±0,25*	10	10
5. Красноармейский, 104	4,24±0,13*	8,72±0,61***	4	11
6. Красноармейский, 96а	2,09±0,21	5,92±0,55**	14	13
7. Красноармейский, 98	5,17±0,28**	5,60±1,09*	7	28
8. Красноармейский, 36	5,50±0,26**	4,64±0,60*	7	20
9. Ленина, 67	5,84±0,26**	10,72±0,68***	5	9
10. Ленина, 53	6,48±0,21**	9,17±1,63**	4	26
11. Космонавтов, 12	6,46±0,2**	7,64±0,72***	4	14
12. Солнечная Поляна, 17	2,63±0,15	5,11±0,18***	9	5
13. Шукшина, 10	4,02±0,39	3,39±0,42	16	17
14. Дзержинского, 37	2,14±0,19	4,54±0,33**	12	11
15. Лесосечная, 25 (контроль)	2,06±0,38	2,25±0,29	25	16

Различия с контролем достоверны: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Таблица 3

Доля деформированной пыльцы березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в различных районах Барнаула

Точка сбора	Количество деформированной пыльцы, %		Коэффициент вариации, %	
	2010 г.	2011 г.	2010 г.	2011 г.
пр. Красноармейский, 135	4,31±0,14*	3,06±0,48	4	22
пр. Красноармейский, 133	0,91±0,28	0,75±0,29	12	59
пр. Красноармейский, 104	3,31±0,09*	2,07±0,20	4	14
пр. Красноармейский, 98	2,13±0,10	1,10±0,55	6	68
пр. Красноармейский, 96а	1,24±0,15	2,32±0,26	20	15
пр. Красноармейский, 36	1,86±0,26	2,42±0,58	21	39
пл. Победы	3,61±0,39*	9,17±2,04	15	31
пр. Ленина, 53	2,00±0,15	1,12±0,56	12	83
пр. Ленина, 67	1,93±0,22	1,89±0,32	17	26
ул. Солнечная Поляна, 17	1,89±0,21	1,59±0,26	16	25
ул. Молодежная, 46	1,84±0,17	3,20±0,33	13	15
пр. Космонавтов, 12	2,54±0,17*	2,26±0,26	9	16
ул. Шукшина, 10	3,27±0,60	0,45±0,38	26	28
ул. Дзержинского, 37	2,54±0,28	0,94±0,22	17	36
ул. Лесосечная, 25	1,77±0,23	1,14±0,26	17	32

Различия с контролем достоверны: * – $P < 0,05$.

В 2011 г., несмотря на более низкий средний показатель деформированной пыльцы, варьирование было шире. Минимум таких зерен находился по адресу ул. Шукшина, 10 (0,45%), максимум (9,17%) – в точке пл. Победы. В шести точках (пр. Красноармейский, 135, 96а, 36; пл. Победы; ул. Молодежная, 46; пр. Космонавтов, 12) показатель превысил значение в контроле – 1,14%.

Статистический анализ показал, что различия этого признака по сравнению с контролем не достоверны в 2011 г., а в 2010 г. лишь в четырех точках данные оказались статистически значимыми. Коэффициент вариации результатов в большинстве точек сбора незначительный, что свидетельствует об однородности материала исследования.

В ряде работ показано, что количество поврежденных пыльцевых зерен отражает уровень антропогенной нагрузки. Как правило, ее максимальный процент обнаруживался в городской зоне (1,6–3,0%), минимальный – в сельскохозяйственной (1,1%). Спектр морфологических повреждений зависел от характера, интенсивности загрязняющих веществ и устойчивости самого вида растения [5, 6].

Проведенный дисперсионный анализ показал, что качество пыльцы у растений березы повислой определялось различными факторами (табл. 4). Для всех групп пыльцы (стерильная, среднеокрашенная, фер-

тильная и деформированная) «точка сбора» вносит существенный вклад в изменчивость качества пыльцы, во всех случаях это подтверждает статистический анализ. Фактор «условия года» повлиял на изменчивость признаков в группе стерильной и среднеокрашенной пыльцы, при этом он в 3,5 раза выше, чем точка сбора для первой группы, и в 2,5 раза выше в случае среднеокрашенной пыльцы. На морфологический признак (деформированность зерен) и признак фертильности «условия года» не влияют. Однако взаимодействие факторов «точка сбора × условия года» статистически значимо для всех групп пыльцы.

Таблица 4
Результаты дисперсионного анализа качества пыльцы березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях Барнаула

Источник варьирования	Стерильная пыльца			Среднеокрашенная пыльца			Фертильная пыльца			Деформированная пыльца		
	df	mS	Fф	df	mS	F ф	df	mS	Fф	df	mS	Fф
Точка сбора	14	71,03	15,09*	14	116,27	78,94*	14	309,41	70,34*	14	13,60	14,46*
Условия года	1	257,28	54,65*	1	283,85	192,72*	1	1,19	0,27	1	0,51	0,54
Взаимодействие точка сбора × условия года	14	16,55	3,51*	14	117,69	79,90*	14	62,43	14,19*	14	7,13	7,58*
Случайный	90	4,71		90	1,47		90	4,40		90	0,94	

Таким образом, проведенный нами анализ показал, что метод оценки уровня фертильности пыльцы березы достаточно чувствителен и может быть рекомендован к применению для мониторинга экологического состояния урбанизированной территории. Максимальный вклад в изменчивость при-

знаков показателей качества пыльцы приходится на фактор «точка сбора», что также свидетельствует о возможности использования признаков пыльцы для характеристики уровня антропогенной нагрузки в различных районах города независимо от погодных условий года.

Библиографический список

1. Владимирова О.С., Муратова Е.Н., Седаева М.И. Пыльца ели сибирской, произрастающей в различных экологических условиях // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – Вып. XXV, №1–2.
2. Кавеленова Л.М. Экологические основы и принципы построения системы фитомониторинга урбосреды в лесостепи // Вестник СамГУ. – Сер. естественно-научная. – 2003. – №2.
3. Николаевская Т.С., Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. Изучение пыльцы у аборигенных и интродуцированных

- в условиях Карелии представителей рода *Betula* L. // Труды Карельского научного центра РАН. – 2009. – №4.
4. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М., 1988.
5. Елькина Н. А., Марковская Е. Ф. Динамика состава пыльцевого спектра воздушной среды в период вегетации растений // Бюллетень Московского общества испытателей природы. – 2008. – Т. 113, вып. 2.
6. Осмонбаева К.Б. Экологические аспекты проблемы поллинозов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Бишкек, 2006.