

УДК 574.4/5

О.В. Ерещенко

**Влияние экологических факторов
на процесс формирования пыльцы березы повислой
в условиях городской экосистемы**

O.V. Ereschenko

**The Influence of Environmental Factors on the Formation
of Birch (*Betula pendula* Roth.) Pollen in Urban Ecosystems**

Стрессовые условия окружающей среды оказывают глубокое влияние на формирование и функционирование генеративных органов растений. Параметры, характеризующие пыльцу, подвержены очень сильным колебаниям по годам и тесно связаны с погодно-климатическими условиями в период формирования пыльцевых зерен.

В статье представлены результаты изучения пыльцы березы повислой (*Betula pendula* Roth.), произрастающей в условиях городской экосистемы на участках с различной техногенной нагрузкой. Рассмотрен комплекс факторов экзогенной и эндогенной природы, который характеризует формирование мужской стерильности у березы повислой. Подробно представлены результаты влияния основных климатообразующих факторов (температура и влажность), а также загрязняющих веществ на продуцирование нежизнеспособных (стерильных) пыльцевых зерен. Выявлены оптимальные параметры температуры и влажности для образования минимального количества пыльцы, характеризующейся мужской стерильностью. Определена зависимость содержания в атмосфере оксида углерода и уровня стерильности пыльцы. Предложенная автором модель позволяет прогнозировать уровень стерильной пыльцы березы повислой в условиях Барнаула в зависимости от погодных условий года и содержания поллютантов в атмосфере.

Ключевые слова: береза повислая, стерильность, пыльца, температурный стресс, водный стресс.

DOI 10.14258/izvasu(2014)3.1-03

Реакция растений на экологический стресс генетически детерминирована и отражает конкурентоспособность, адаптивные возможности и устойчивость к неблагоприятным воздействиям природных и антропогенных факторов видов. Стрессовые условия окружающей среды оказывают сильное влияние на репродуктивность и жизнеспособность березы повислой [1, с. 55]. Имеющиеся литературные данные посвящены разным аспектам развития пыльцевого зерна. Однако влияние различных факторов

Stressful environmental conditions have a profound influence on the formation of plant generative organs. Parameters characterizing the pollen are susceptible to large fluctuations over the years and are closely related to climatic conditions during the formation of pollen grains.

This article presents the results of birch pollen investigations (*Betula pendula* Roth.). Examined trees grow in urban ecosystems on areas with different anthropogenic load. The complex of factors exogenous and endogenous nature, that characterizes the formation of male sterility in birch have been considered. The results on the impact of main climatic factors (temperature and humidity), and the effects of pollutants on the production of sterile pollen grains are presented in detail. The optimal parameters of temperature and humidity for the formation of minimum amount of pollen, characterized by male sterility have been revealed. The dependence of carbon monoxide atmospheric concentration and the level of pollen sterility is shown. The proposed by the author model allows predicting the level of birch sterile pollen (*Betula pendula* Roth.) in terms of Barnaul, depending on weather conditions, the level and content of pollutants in the atmosphere.

Key words: *Betula pendula* Roth., sterility, pollen, temperature stress, water stress.

на стерильность пыльцы у древесных растений изучено недостаточно. Представленный материал в основном носит фрагментарный характер. Одни авторы выделяют влияние двух факторов (условия года и генотип) [2, с. 58] на фертильность (стерильность) пыльцы, другие считают, что на ее жизнеспособность влияют погодные условия и поллютанты [3, с. 26; 4, с. 16–18].

Целью работы являлось изучение факторов, влияющих на процесс формирования и функционирования

мужского гаметофита березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях города.

Объектом исследования служила береза повислая, произрастающая на территории Барнаула, в районах с разным уровнем техногенной нагрузки.

Сбор образцов (пыльцы) проводили в период формирования пыльцы (последняя декада апреля — первая декада мая) в 2010–2012 гг. Характеристику морфологических особенностей и качество пыльцы (накопление крахмала в пыльцевом зерне) оценивали по интенсивности окрашивания (хорошо, средне, неокрашенная пыльца) в растворе Люголя.

Математический анализ результатов осуществляли с использованием информационно-логического метода [5], что позволило вычленить действие отдельных факторов и дать оценку каждому в отдельности. Степень связи между фактором и явлением (наличие стерильной пыльцы) оценивали с помощью коэффициента передачи информации ($K_{эфф}$), а наиболее вероятные состояния функции (количество нежизнеспособной пыльцы) при определенном состоянии факторов — по отношению условных вероятностей (k) [6, с. 41].

Стерильная пыльца возникает под влиянием неблагоприятных условий, особенно холодной сырой погоды, в период формирования пыльцы в нормальных функциональных пыльниках обоеполых и функционально-мужских цветков.

На формирование качества пыльцевого зерна влияет комплекс факторов экзогенной и эндогенной природы. Каждый фактор в отдельности и вся их совокупность формируют у растения фенотип, наиболее приспособленный к условиям обитания. В природных условиях оценить действие всего комплекса факторов, влияющих на растения, практически невозможно. Удобнее всего рассматривать действие каждого из факторов отдельно.

Согласно предыдущим исследованиям автора [7, с. 17–20], вклад факторов в формирование пыльцы без запаса питательных веществ или с малым его содержанием распределился следующим образом (рис. 1): влияние фактора «Точка сбора» достигало 50%, доля фактора «Условия года» была наименьшей и составляла 14,2%, тогда как их взаимодействие превышало влияние критерия «Условия года» на 4%.

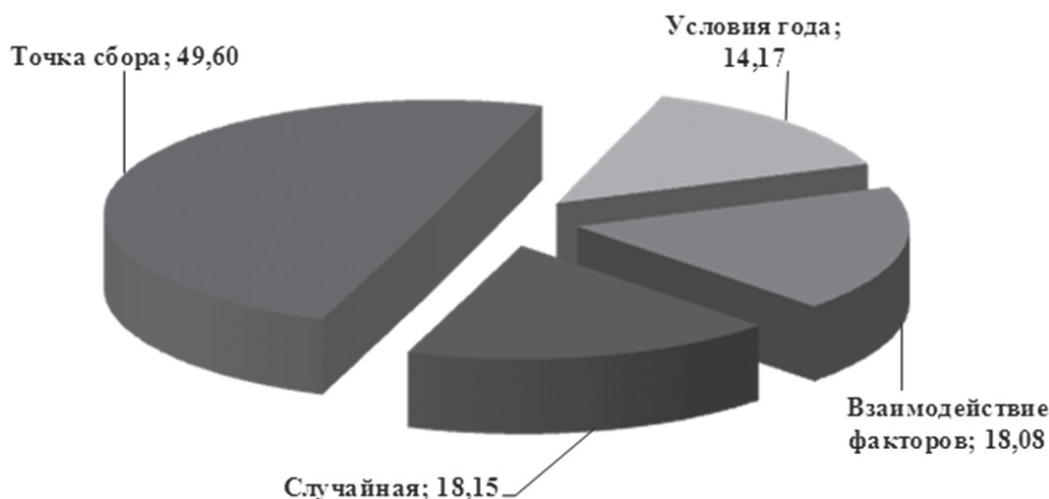


Рис. 1. Доля влияния факторов на формирование стерильной пыльцы березы повислой (*Betula pendula* Roth.), 2010–2012 гг.

Климатические характеристики Барнаула вариabельны, встречаются годы с резкими колебаниями температуры и влажности от максимума к минимуму. Температурные условия всего года оказывают влияние на растения. Однако основное внимание при выявлении зависимости между показателями пыльцы и температурными данными уделяли параметрам температуры за апрель и май (период пыления березы повислой) (рис. 2).

Проанализировав показатели температуры за последнюю декаду апреля и первую декаду мая, а также долю стерильной пыльцы в различных точках города

за три года исследования, мы получили следующую закономерность. При апрельских и майских температурах ниже 8 °C доля пыльцы с низким, непригодным для дальнейшего развития количеством крахмала превышает 8% (при среднем количестве таких зерен по городу 5,22%). При температуре ниже 8 °C в период пыления березы доля стерильной пыльцы максимальна и составляет 8% и выше. В результате повышения температуры до 8–10 °C количество пыльцы не превышает 2%. С увеличением температуры воздуха до 10 °C и выше уровень нежизнеспособной пыльцы повышается.

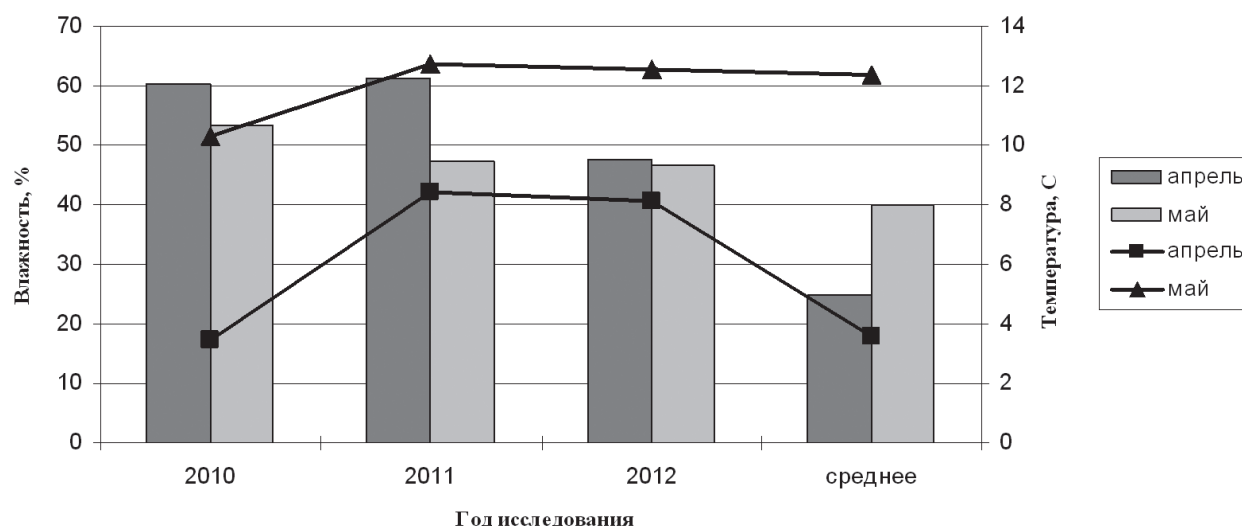


Рис. 2. Температура воздуха и количество осадков в Барнауле в период цветения березы повислой (*Betula pendula* Roth.), 2010–2012 гг.

Низкая температура является более стрессовой, чем высокая. С повышением температуры увеличивается рост доли стерильной пыльцы, но скачок не такой резкий, как при холодной погоде. Оптимальной температурой для развития пыльцевых зерен с высоким содержанием питательных веществ (фертильной пыльцы) является температура 8–10 °C (рис. 3).

Однако погодные условия включают в себя не только температурный режим, но и влажность, которые непосредственно влияют на продуктивность растительных насаждений.

Тенденция развития стерильной пыльцы за счет влияния относительной влажности атмосферного

воздуха была следующей. Развитие минимального количества пыльцы соответствует 40–45% влажности в период цветения березы повислой. Максимальное количество зерен с малым содержанием запасных веществ в клетках среди общего количества пыльцы соответствует влажности воздуха менее 40%. Плавный рост нежизнеспособной пыльцы наблюдается в результате повышения относительной влажности воздуха.

Таким образом, оптимальным условием для продуцирования фертильной пыльцы является температура воздуха 8–10 °C при относительной влажности воздуха 40–45% (рис. 4).

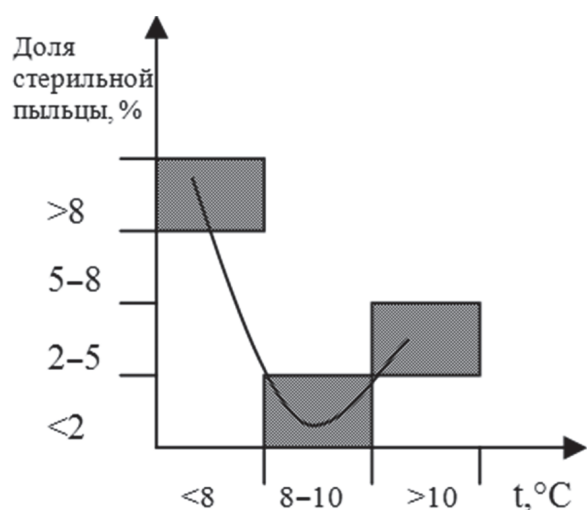


Рис. 3. Влияние температуры воздуха на количество стерильной пыльцы березы повислой (*Betula pendula* Roth.)

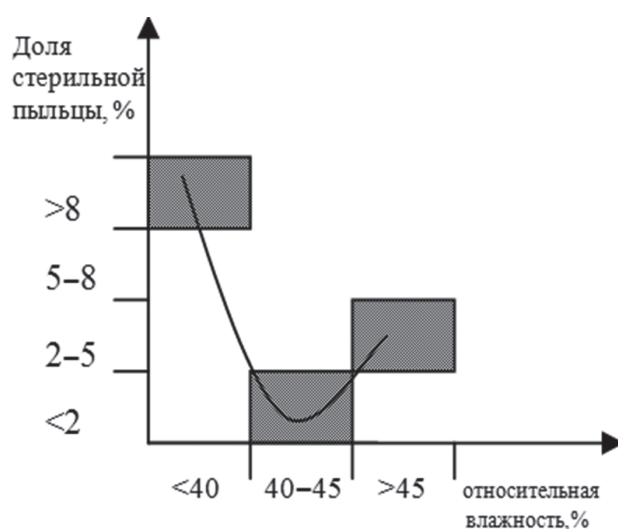


Рис. 4. Влияние влажности воздуха на количество стерильной пыльцы березы повислой (*Betula pendula* Roth.)

На основании имеющихся данных о концентрации угарного газа в точках сбора материала получена прямолинейная зависимость количества стерильной пыльцы от коэффициента CO (K_{co}) (рис. 5).

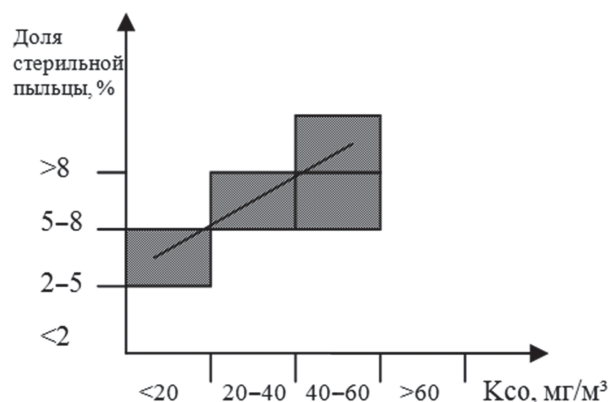


Рис. 5. Влияние концентрации угарного газа на количество стерильной пыльцы березы повислой (*Betula pendula* Roth.)

Достаточно высокое отношение условных вероятностей (k) указывает на то, что при увеличении содержания в атмосферном воздухе монооксида углерода возрастает доля пыльцы, непригодной для дальней-

шей жизнедеятельности. Для развития стерильных пыльцевых зерен, не превышающих 5–8% от общего количества пыльцы, уровень CO не должен превышать 40 мг/м³.

Несомненно, вычислить долю влияния того или иного фактора на развитие стерильных пыльцевых зерен невозможно, однако для нежизнеспособной пыльцы доминирующим фактором является уровень загрязнения атмосферного воздуха на участке произрастания исследуемого объекта ($K_{эфф} = 0,1514$). Согласно коэффициентам передачи информации такие факторы, как температура ($K_{эфф} = 0,1427$) и влажность ($K_{эфф} = 0,1427$), в одинаковой мере влияют на качество продуцируемой пыльцы.

Анализ данных с использованием информационно-логического метода подтверждает результаты двухфакторного дисперсионного анализа [7] о максимальном вкладе в изменчивость показателей качества пыльцы такого фактора, как «Точка сбора», основным показателем которого является разное содержание угарного газа в атмосфере.

Таким образом, предложенная модель позволяет прогнозировать уровень стерильной пыльцы березы повислой в условиях Барнаула в зависимости от погодных условий года и уровня содержания поллютантов в атмосфере.

Библиографический список

1. Носкова Н.Е., Третьякова И.Н. Влияние стресса на репродуктивные способности сосны обыкновенной // Хвойные бореальной зоны. — 2006. — № 1.
2. Рассветаева Э.Г. Характеристика особенностей пыльцевой фертильности косточковых // Цитолого-эмбриологические и генетико-биохимические основы опыления и оплодотворения растений : материалы Всес. совещ. — Киев, 1982.
3. Третьякова И.Н., Носкова Н.Е. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса // Экология. — 2004. — № 1.
4. Осколков В.А., Воронин В.И. Репродуктивный процесс сосны обыкновенной в Верхнем Приангарье при техногенном загрязнении. — Иркутск, 2003.
5. Пузаченко Ю.Г., Мошкин А.В. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях // Итоги науки. — Вып. 3. — М., 1969. (Серия: Медицинская география).
6. Пивоварова Е.Г., Люцигер А.О., Райхерт Е.В., Кузнецова Т.А. Влияние климатических изменений на урожайность картофеля и моркови в условиях Алтайского приобья // Известия Алт. гос. ун-та. — 2011. — № 3/2(71).
7. Ерещенко О.В., Хлебова Л.П. Влияние погодных условий на изменчивость признаков пыльцы березы повислой (*Betula pendula* Roth.) // Известия Алт. гос. ун-та. — 2012. — № 3/2(75).