

УДК 581.331.2: 58.01/.07: 574.24

ПЫЛЬЦА РАСТЕНИЙ КАК БИОИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Максим Леонидович Дубровский

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией

element68@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены особенности использования пыльцы растений в качестве биоиндикатора экологического состояния природных и антропогенных территорий. Приводится обзор основных направлений и экспресс-методов палиноиндикации, используемых в экомониторинге при анализе нативной свежей и многолетней пыльцы из разновозрастных пластов грунта.

Ключевые слова: пыльца, пыльцевое зерно, мужской гаметофит, микроспорогенез, мейоз, палиноиндикация, фертильность и жизнеспособность пыльцы.

Жизненный цикл высших растений характеризуется последовательной сменой полового и бесполого поколений в ряду генераций. Эти растительные поколения одинаково важны для эволюционного процесса, но неравнозначны по времени существования, размеру и строению.

Пыльцевое зерно является мужским гаметофитом у всех высших растений и отличается рядом особенностей – одноклеточностью, гаплоидным набором хромосом, участием в процессах опыления и оплодотворения. Пыльца образуется в пыльнике из материнских клеток микроспор после последовательного протекания процессов мейоза и микроспрогенеза, которые являются критическими в формировании пыльцевых зерен. В данный период пыльники в бутонах слабо защищены от воздействия повреждающих эндогенных и экзогенных факторов, поэтому как следствие мейотические деления могут протекать с нарушениями различной степени. Растения, в отличие от животных, при наступлении неблагоприятных условий или их негативной динамике не способны переместиться на новое, более подходящее местообитание и поэтому на протяжении всего жизненного цикла испытывают их воздействие, что отражается и на морфофизиологическом качестве пыльцы [9].

Во время опыления пыльцевые зерна своей оболочкой непосредственно контактируют с окружающей средой, не защищены никакими другими биологическими структурами и могут испытывать весь комплекс складывающихся негативных условий – высокой или низкой влажности воздуха, температуры и ультрафиолетового излучения. При экспериментальном хранении сформированной зрелой пыльцы установлено, что она лучше переносит низкие температуры (от +2...+4°C в условиях холодильника до -183...-196°C при криоконсервации в жидком азоте), а при комнатной или высокой температуре быстро теряет способность к прорастанию [2, 5, 6].

Свойства высокой чувствительности пыльцы при ее формировании к условиям окружающей среды, в том числе различным физическим и химическим загрязняющим агентам, широко используются в различных методах палиноиндикации. Преимущества использования пыльцевых зерен в качестве

объекта изучения заключаются в короткой продолжительности периодов микроспорогенеза, микрогаметогенеза, опыления и оплодотворения у растений, что позволяет проводить экспресс-диагностику, учитывающей внешнее строение пыльцы (линейные размеры или диаметр, размер и количество ростовых пор – апертур, наличие или отсутствие внешних аномалий), степень ее фертильности и жизнеспособности в лабораторных условиях [9].

Отмечено, что пыльцевой анализ позволяет эффективно проводить оценку не только уровня загрязнения почв и воздуха природных биоценозов, но и водной среды с использованием многих растений-гидрофитов – кубышки желтой, незабудки болотной, роголистника погруженного, стрелолиста обыкновенного, жирушника земноводного и других видов [7].

Еще одно перспективное направление палиоиндикации – проведение экологического мониторинга для анализа состояния биоценозов в природно-техногенной среде [1, 4, 8, 11, 13]. Микроскопический метод позволяет сделать экспресс-диагностику особенностей внешнего строения пыльцевых зерен – размеров, количества апертур, а также определить их морфологическую выполненность (фертильность). Для нативной свежей пыльцы также возможно определить способность к прорастанию на искусственной питательной среде. Так, при изучении различных территорий в дельте Волги, испытывающих антропогенную нагрузку, отмечено увеличение удельной доли тератоморфной и стерильной пыльцы у различных растений – липы сердцевидной, пастушьей сумки, лоха узколистного и др. [1, 11].

В связи с хорошей сохранностью пыльцевых зерен в почве или других субстратах, возможно изучение образцов грунта с пылью, сформированной несколько лет, десятилетий или даже столетий назад. При извлечении шурфа это позволяет потенциально найти образцы пыльцевых зерен из разных временных периодов и по их морфоанатомическим особенностям сделать прогноз динамики экологического состояния изучаемой природной или антропогенной территории [4, 8].

Так, в процессе палинологических исследований болотных отложений,

вскрытых на территории объектов северо-западных регионов России, где в 60-80-х гг. XX века проводились подземные ядерные испытания, была установлена прямая зависимость между интенсивностью радиотехногенного загрязнения изучаемых участков и особенностями морфологического строения пыльцевых зерен высших растений, произрастающих там [8]. В качестве индикаторных видов были выбраны сосна, ель, береза, представители вересковых и некоторых родов травянистых и кустарничковых растений. Единовременный анализ пыльцевых зерен, сформированных на изучаемых территориях в период с момента осуществления взрывов до настоящего времени, позволили установить разнообразие и динамику типов проявления их тератоморфоза в зависимости от генотипических и экологических особенностей.

Пыльца липы мелколистной, или сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), березы бородавчатой, или повислой (*Betula verrucosa* Ehrh., *Betula pendula* Roth), березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) являются одними из самых надежных индикаторов техногенного загрязнения природных территорий. Данные виды занимают обширные ареалы, характеризуется сравнительной неприхотливостью и широким распространением как в природе, так и при озеленении антропогенных ландшафтов. При изучении их свежесобранной пыльцы возможна экспресс-оценка экологического состояния природных и антропогенных территорий с учетом показателей фертильности и жизнеспособности пыльцевых зерен [1, 3, 4, 10, 11, 13].

Еще одним преимуществом палиоиндикации является возможность определения перспективности интродуцированных видов растений по исследованию развития их мужской генеративной сферы. Отсутствие аномалий в процессе мейоза и формирование одномерных жизнеспособных пыльцевых зерен свидетельствует о полном соответствии сложившихся условий местообитания для нормальной жизнедеятельности растений-интродуцентов [14].

Таким образом, с помощью анализа особенностей внешнего строения пыльцевых зерен, определения степени их фертильности и жизнеспособности

можно определить общий уровень экологического состояния природных и антропогенных территорий, на которых произрастают изучаемые растения.

Список литературы:

1. Бакташева Н.М., Сероглазова Н.Г. Палиноиндикационные исследования в дельте Волги с использованием пыльцы *Tilia cordata* Mill. // Проблемы сохранения и рационального использования биоразнообразия Прикаспия и сопредельных регионов: материалы VIII междунар. заочной научной конф. Элиста, 2012. С. 35-39.

2. Вержук В.Г., Тихонова Н.Г., Жестков А.С. Жизнеспособность пыльцы плодовых культур после низкотемпературного хранения и криоконсервации // Проблемы криобиологии. 2005. Т. 15. № 3. С. 302-305.

3. Викулов С.В., Шабанова Е.В. Индикация загрязнения окружающей среды с помощью пыльцы рябины обыкновенной // Вестник ТГУ. 2007. Т. 12. Вып. 6. С. 687-688.

4. Дзюба О.Ф. Палинологические исследования в практике инженерно-экологических изысканий / О.Ф. Дзюба, О.В. Кочубей, С.В. Федосеева и др. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2013. Т. 8. № 2. URL: http://www.ngtp.ru/rub/7/24_2013.pdf (дата обращения: 10.11.2022 г.).

5. Дубровский М.Л. Анализ экологической устойчивости спорофита и мужского гаметофита плодовых и ягодных культур / М.Л. Дубровский, И.В. Лукъянчук, А.С. Лыжин, А.В. Кружков, Р.Е. Кириллов. Мичуринск, 2016. 144 с.

6. Замбурова Д.С. Изучение жизнеспособности пыльцы плодовых культур после воздействия сверхнизких температур / Д.С. Замбурова, С.А. Шериева, М.Н. Ситников и др. // Современные проблемы науки и образования. 2016. №3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24849> (дата обращения: 15.11.2022).

7. Кончина Т.А. Возможности использования качества пыльцы растений в биоиндикации водоемов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных

наук. 2014. № 6. Ч. 1. С. 67-70.

8. Кочубей О.В. Палиноиндикация качества окружающей среды в местах проведения подземных ядерных взрывов на европейской территории России: дисс. ... канд. географ. наук. СПб., 2015. 179 с.

9. Ляшенко О.А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды: учебное пособие. СПб., 2012. 67 с.

10. Николаевская Т.С. Морфофизиологическая характеристика пыльцы различных видов березы в условиях Восточной Фенноскандии / Т.С. Николаевская, Л.В. Ветчинникова, О.Н. Лебедева, Т.Ю. Кузнецова // Труды Карельского научного центра РАН. Сер. Биogeография. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. Вып. 14. С. 84-91.

11. Сероглазова Н.Г. Палиноиндикационная оценка состояния окружающей среды дельты Волги: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Астрахань, 2012. 19 с.

12. Ханбабаева О.Е., Березкина И.В., Сорокопудов В.Н. Изучение вопросов хранения пыльцы в связи с межвидовой гибридизацией у декоративных представителей семейства Норичниковые (*Scrophulariaceae* Juss.) // Вестник КрасГАУ. 2019. № 8. С. 40-46.

13. Хлебова Л.П., Ерещенко О.В. Качество пыльцы березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях Барнаула // Известия Алтайского государственного университета. 2012. № 3-1 (75). С. 89-92.

14. Чугреев М.Ю., Стародубцева Л.М. Исследование мужской генеративной сферы как способ определения перспективности интродуцированных видов // Лесохозяйственная информация. 2015. № 4. С. 66-73.

UDC 581.331.2: 58.01/.07: 574.24

**PLANT POLLEN AS A BIOINDICATOR OF THE ECOLOGICAL STATE
OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC TERRITORIES**

Maksim L. Dubrovsky

Candidate of Agricultural Sciences, Head of Laboratory

element68@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. The article discusses the features of the use of plant pollen as a bioindicator of the ecological state of natural and anthropogenic territories. A review of the main directions and express methods of palynoidication, used in ecomonitoring in the analysis of native fresh and perennial pollen from soil layers of different ages, is given.

Key words: pollen, pollen grain, male gametophyte, microsporogenesis, meiosis, palynoidication, pollen fertility and viability.

Статья поступила в редакцию 05.11.2022; одобрена после рецензирования 02.12.2022; принята к публикации 20.12.2022.

The article was submitted 05.11.2022; approved after reviewing 02.12.2022; accepted for publication 20.12.2022.