

УДК 575.224 504.53.054
AGRIS F40

https://doi.org/10.33619/2414-2948/63/02

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ НА ПЫЛЬЦУ РОАСЕАЕ

©Кобзарь В. Н., ORCID: 0000-0001-9910-0148, SPIN-код: 4669-6355, д-р биол. наук,
Киргизско-Российский славянский университет, г. Бишкек, Кыргызстан, kobzarvn@yandex.ru

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL POLLUTANTS AT THE POLLEN OF POACEAE

©Kobzar V., ORCID: 0000-0001-9910-0148, SPIN-code: 4669-6355, Dr. habil.,
Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyzstan, kobzarvn@yandex.ru

Аннотация. В мировом масштабе к семейству Роасеае относится более чем 12 000 видов, в Кыргызстане произрастает 300 анемофильных видов, выделяющих огромное число пыльцы в атмосферу. В настоящее время пыльца Роасеае рассматривается как ведущий воздушный биологический загрязнитель (PM10) и главная причина аллергии на пыльцу во всем мире. Она входит в топ глобальных аэроаллергенов. Пыльце Роасеае присущи общие черты: небольшой размер, однотипная морфология, высокая продукция пыльцы и обилие видов. Цель настоящей работы заключалась в изучении эффекта действия загрязнителей окружающей среды на пыльцу растений Роасеае, классификации выявленных тератоморфозов и оценке их стандартизированного вклада в аэробиологическую ситуацию. Изучение пыльцы Роасеае из различных пунктов наблюдения Кыргызстана с помощью сканирующей электронной микроскопии выявило тератоморфозы разной степени сложности: 1) деформация; 2) перфорация; 3) фрагментация; 4) сложные изменения скульптурных элементов поверхности экзины; 5) сочетанный тератоморфоз, включающий несколько типов с трансформацией одной модификации в другую. В данной статье суммируются результаты исследований, отражающие воздействие загрязнителей окружающей среды на пыльцу Роасеае, и в конечном итоге на тяжесть симптомов и распространенность поллинозов.

Abstract. More than 12,000 species belong to the Poaceae family globally; 300 species grow in Kyrgyzstan, anemophilous and releasing a huge amount of pollen into the atmosphere. Poaceae pollen is currently considered the leading airborne biological pollutant (PM10) and the leading cause of pollen allergy worldwide. She is one of the top global aeroallergens. Poaceae pollen has common features: small size, homogeneous morphology, high pollen production and abundance of species. The aim of this work was to study the effect of environmental pollutants on the pollen of Poaceae plants, the classification of identified teratomorphoses and assessment of their specific contribution to the aerobiological situation. The study of Poaceae pollen from various observation points of Kyrgyzstan using scanning electron microscopy revealed teratomorphoses of varying degrees of complexity: 1) deformation; 2) perforation; 3) fragmentation; 4) complex changes in the sculptural elements of the exine surface; 5) combined teratomorphosis, including several types with the transformation of one modification into another. This article summarizes the results of studies reflecting the effects of environmental pollutants on Poaceae pollen, and ultimately on the severity of symptoms and the prevalence of pollinosis.

Ключевые слова: пыльца растений, Роасеае, загрязнение воздуха, поллинозы, тератоморфозы.

Keywords: plant pollen, Poaceae, air pollution, pollinosis, teratomorphosis.

Введение

Известно, что аэроаллергены ответственны за 63%, а пыльца — за более чем 92% случаев аллергического ринита [1–2]. В настоящее время пыльца Poaceae рассматривается как ведущий воздушный биологический загрязнитель (PM₁₀) и одна из основных этиологически значимых причин аллергии на пыльцу во всем мире [35]. Она входит в топ глобальных аэроаллергенов. Пыльце Poaceae присущи общие черты: небольшой размер (исключение составляет кукуруза), однотипная морфология, высокая продукция пыльцы и обилие видов. Аллергены пыльцы злаков сгруппированы согласно их структуре и функции белка и характеризуются высокой степенью перекрестной реактивности между многими видами. Дополнительное антропогенное воздействие загрязнителей окружающей среды способствует более выраженному иммунологическому ответу людей на пыльцу [3].

Цель настоящей статьи заключалась в изучении эффекта действия загрязнителей окружающей среды на пыльцу растений Poaceae, классификации выявленных тератоморфозов и оценке их стандартизированного вклада в аэробиологическую ситуацию.

Материал и методы

Материал: нормально развитая и тератоморфная пыльца 5 видов (элитригии ползучей, ежи сборной, овсяницы луговой, тимофеевки луговой и мятлика лугового) семейства Poaceae. Образцы для исследования собраны в период полного цветения со злаковых трав, произрастающих по вертикальной зональности в условиях низко-, средне- и высокогорья Кыргызстана с разной степенью антропогенной нагрузкой.

Метод: сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) — Hitachi-S-405A. Высохшие на воздухе пыльцевые зерна напыляют золотом и помещают под сканирующий электронный микроскоп для изучения тонких особенностей поверхности (ультраструктуры).

Результаты и их обсуждение

Предполагается, что загрязнители (NO₂, SO₂, PM₁₀, PM_{2.5} и O₃) дополнительно воздействуют не только на здоровье в целом (увеличение частоты бронхиальной астмы, аллергической сенсibilизации), но и на сами пыльцевые зерна (повышение аллергенности). Современная пыльца под прогрессирующим прессингом загрязненности окружающей среды становится хрупкой и беззащитной: вместо нормально развитой пыльцы формируется аномальная (тератоморфная), в которой изменяются характерные признаки: форма, структура и скульптура.

Ранее мы выделили главные критерии тератоморфозов пыльцы [4]:

1. толщина экзины (1 мкм, тонкая);
2. форма округлая или эллипсоидальная;
3. чувствительность пыльцы к воздействию загрязнителей окружающей среды.

Таким образом, судя по вышеуказанным критериям, пыльца Poaceae является адекватной тест-системой для оценки загрязнений окружающей среды.

Нормально развитые пыльцевые зерна Poaceae однопоровые, имеют радиальную симметрию, характеризуются сфероидальной, округлой или овальной формой. Средний размер пыльцевого зерна дикорастущих видов составляет около 35 × 40 мкм, крупнее 50 мкм относят к культивируемым видам (у пыльцы кукурузы полярная ось 83,6–92,4 мкм,

экваториальный диаметр 74,8–77 мкм). Пора 10,3–11,4 мкм в диаметре с ободком, отверстие ее округлое, 4,6–5,2 мкм в диаметре. Оперкулум если есть, то он округлый, 2,5 мкм в диаметре. Экзина тонкая, 1,2 мкм. Типичная скульптура поверхности экзины равномерно крупно- и мелкозернистая или площадная (бугорчатая).

В изученной выборке пыльцы *Poaceae* видны конгломераты (диады, тетрады, полиады). Ультраструктура вышеуказанной пыльцы из различных пунктов наблюдения Кыргызстана имела следующие тератоморфозы или отклонения от нормально развитого пыльцевого зерна:

1 деформация — изменение характерной виду округлой или сфероидальной формы пыльцевого зерна различной степени: слабой, умеренной и сильной.

Примером модификации может служить пыльца элитригии ползучей, овсяницы луговой из г. Каракол и мятлика лугового из г. Айдаркен (ртутный комбинат), когда в результате сильной деформации на поверхности экзины появились глубокие вмятины. При этом оперкулум (крышечка), скульптурирован аналогично межпертурным участкам, у пыльцы элитригии ползучей сохранен (Рисунок 1–3). В естественных условиях встречается до 30% деформированной пыльцы злаков, так как ее дегидратация в воздушной среде деформирует оболочку там, где она наиболее тонкая и эластичная.



Рисунок 1–3. Пыльцевые зерна элитригии ползучей (увеличение СЭМ $\times 1000$ –3000), овсяницы луговой из г. Каракол (увеличение СЭМ $\times 3\ 800$) и мятлика лугового из г. Айдаркен (увеличение СЭМ $\times 3600$). В изученной выборке видны деформированные пыльцевые зерна разных видов, иногда образующие конгломераты.

2. перфорация — образование трещин, отверстий и каверн, расположенных локально или по всей поверхности экзины.

3. фрагментация — более выраженный тератоморфоз, когда произошло нарушение целостности пыльцевого зерна, все слои оболочки разорваны и возникли мелкие фрагменты. Фрагментация пыльцы обычно начинается с перфорации, т. е. появления глубоких трещин и каверн на поверхности экзины, распространяясь на само зерно. Мелкие фрагменты пыльцы легко разносятся ветром на большие расстояния, чем нативная пыльца и проникают глубоко в альвеолы легких, вызывая пыльцевую бронхиальную астму.

4. сложные изменения скульптурных элементов поверхности экзины: вмятины, выросты, гребни, наплывы и тяжи спорополленина, изменение типичной скульптуры, а также налипание частиц разнообразной природы.

На поверхности пыльцы овсяницы луговой из пгт. Кемин и района завода антибиотиков г. Бишкек образованы наплывы спорополленина и мелкие, неравномерно расположенные выросты (Рисунок 4–5). Кроме этого, Рисунок 5 демонстрирует, что между наплывами появились тяжи спорополленина, наблюдается сильно выраженная деформация в разных направлениях: трехгранная, в области поры и в виде ямок. При этом оперкулум на поре у пыльцы присутствует.

СЭМ иллюстрирует поверхность экзины пыльцы ежи сборной из района завода антибиотиков г. Бишкек, поврежденная многочисленными спорами пеницилла (размер $3,0 \times 2,5$ мкм). В пыльниках выявлены кубические кристаллы неизвестного происхождения (Рисунок 6–7). Кроме того, на поверхности экзины идентифицированы агломераты:

1. пылевые частички;
2. кристаллы органических загрязнений;
3. кусочки тапетальной ткани.

4. сочетанный тератоморфоз, включающий несколько типов с трансформацией одной модификации в другую.

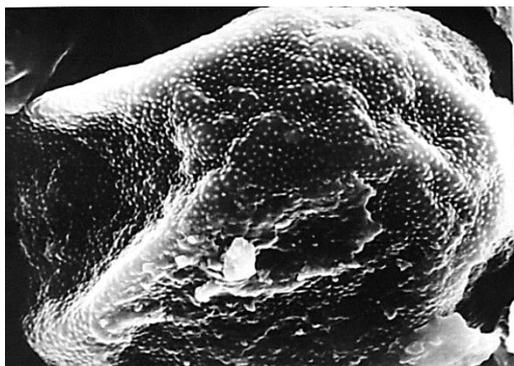


Рисунок 4–5. Пыльцевые зерна овсяницы луговой из района завода антибиотиков г. Бишкек и пгт. Кемин (увеличение СЭМ $\times 3000$ – 5000).

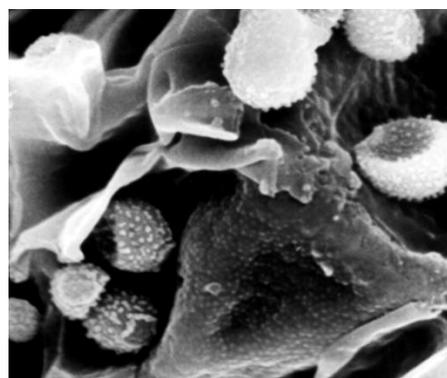
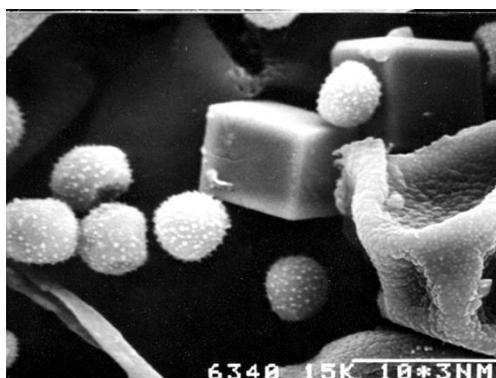


Рисунок 6–7. Пыльцевые зерна ежи сборной из района завода антибиотиков г. Бишкек (увеличение СЭМ $\times 3000$).

Поверхность экзины пыльцы элитригии ползучей из г. Айдаркен демонстрирует вмятины, выросты в виде крупных бугорков и нетипичную скульптуру в виде мозаики (Рисунок 8).

У одноименной пыльцы из пгт. Ак-Тюз (повышенный радиационный фон) наблюдаются трещины, каверны, выросты на поверхности в сочетании с мозаичной скульптурой (Рисунок 9).

Показано, что поверхность экзины у пыльцы овсяницы луговой из г. Каракол примерно на одну треть покрыта дополнительной пленкой. Вместо мелкобугорчатой появилась нетипичная — чешуйчатая скульптура (Рисунок 10). Одним из характерных изменений у пыльцы овсяницы луговой служит формирование тонких (до 1 мкм) или толстых (10–15 мкм) тяжей спорополленина. Одноименная пыльца из пгт. Ак-Тюз имела выраженные изменения:

каверны, трещины, разрывы и вмятины. На отдельных пылинках скульптурные элементы сохранялись фрагментарно, но виден оперкулум.

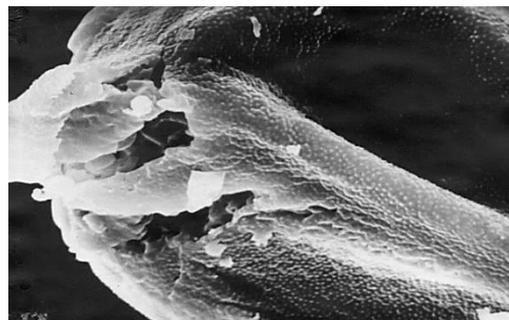
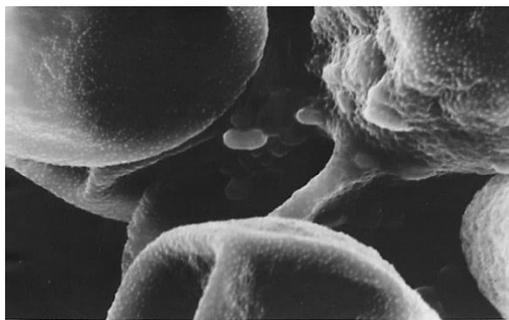


Рисунок 8–9. Пыльцевые зерна элитригии ползучей из г. Айдарен и пгт. Ак-Тюз (увеличение СЭМ $\times 3600$).

В результате нарушения онтогенеза пыльцы тимофеевки луговой образовались формы с перфорированной и даже местами скальпированной экзиной. На поверхности экзины пыльцевых зерен отсутствовал покровный и оставался лишь подстилающий слой. Рядом на фотографии расположено нормально развитое пыльцевое зерно (Рисунок 11).

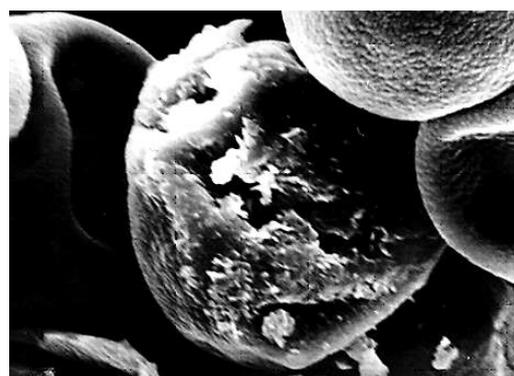
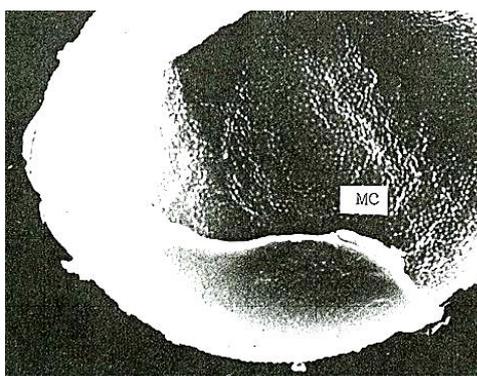


Рисунок 10–11. Пыльцевые зерна овсяницы луговой из г. Каракол (увеличение СЭМ $\times 3800$); тимофеевки луговой из пгт. Ак-Тюз (увеличение СЭМ $\times 2500$). В выборке видны агломераты из пыльцы (диады, тетрады, полиады).

Пыльцевые зерна мятлика лугового из г. Айдаркен имели сильную степень деформации в виде трехгранника и трещины, переходящие в разрывы. Одноименная пыльца из пгт. Ак-Тюз очень сильно повреждена. Кроме значительной деформации вследствие объемных вмятин, наблюдается перфорация в виде трещин и каверн, а также фрагментация. На отдельных пылинках поверхность сильно модифицирована, там находятся наплывы спорополленина и бугорки. Несмотря на сильно выраженный тератоморфоз, оперкулум на pore у пыльцы сохранился (Рисунок 12–13).

Апертуры — участки оболочки, где прочная и устойчивая экзина сильно редуцирована, а роль стенки выполняет интина (внутренняя оболочка). В связи с этим, область апертур наиболее чувствительна к эффекту действия загрязнителей, и они страдают в первую очередь. В результате чего, например, у пыльцы злаков полностью исчезает оперкулум (Таблица). В дальнейшем изменяется морфология и физиологии, как в ее цитоплазме, так и на поверхности. Происходящие изменения в структуре могут влиять на белки и флавоноиды пыльцы, индуцируя мутагенность и физиологические изменения.

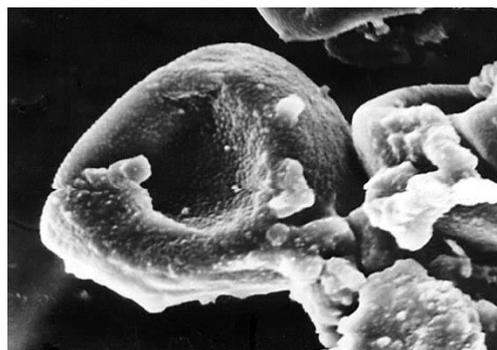
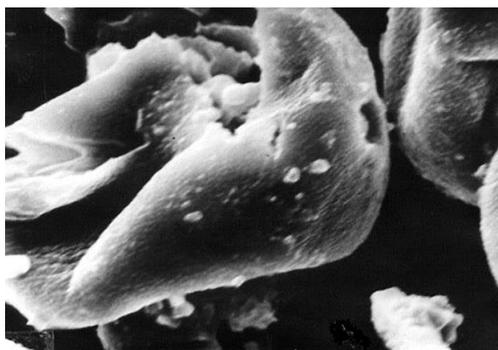


Рисунок 12–13. Модифицированное пыльцевое зерно мятлика лугового из пгт. Ак-Тюз (увеличение СЭМ × 2000).

Таблица.

КЛАССИФИКАЦИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПЫЛЬЦЫ
 ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ

<i>Апертуры</i>	<i>Экзина</i>	<i>Структура</i>
Поглощение загрязнителя.	Поглощение загрязнителя. Аккумуляция твердых частиц и утяжеление; образование агрегатных комплексов пыльца-частицы.	Деформация. Перфорация.
Изменение дыхания.	Повреждение клеточной стенки.	Фрагментация: образование мелких фрагментов.
Изменение типа апертур (многопоровость).	Изменение скульптуры, включая мозаичную и чешуйчатую; разрыхление скульптурных элементов на поверхности; слипание зерен; бесформенные наплывы и тяжи спорополленина; беспорядочно расположенные гребни; крупные или мелкие бугорки, различные по форме и диаметру;	Появление выростов и конгломератов. Полиплоидные формы.
Разрушение или появление дополнительного оперкулула.	перфорация: мелкие отверстия и каверны; трещины и разрывы; нарушение структуры слоев оболочки.	Полиморфные (гигантизм и нанизм пыльцы) и тератоморфные формы.

Таким образом, резюмируя результаты сканирующей микроскопии нормально развитой и тератоморфной пыльцы *Roaseae*, следует подчеркнуть, что она сильно модифицируется под воздействием загрязнителей вследствие:

1. тонкой (1,4–1,6 мкм) и хрупкой экзины, так как при попадании в воздушную среду эндэкины исчезает. Показано, что загрязнители окружающего воздуха дополнительно повышали хрупкость экзины.

2. неравномерно развитой экзины, так как образующиеся наплывы спорополленина, могут служить местом разрыва при формировании тератоморфозов. Спорополленин — очень устойчивый органический полимер, представляющий собой многочисленные функциональные группы гидроксила.

3. нарушения онтогенеза пыльцы: изменяется типичная поверхность экзины, появляется мозаичная и чешуйчатая скульптура. На поверхности экзины идентифицированы агрегаты: пылевые частички; споры грибов; кристаллы органических загрязнений; кусочки тапетальной ткани.

4. чрезвычайной чувствительности к эффекту действия загрязнений. Агломерированные микрочастицы на поверхности или фрагменты пыльцы транспортируются на далекие расстояния.

В результате этого изменяется механизм попадания тератоморфной пыльцы в организм

человека и возрастает тяжесть и распространенность симптомов поллиноза.

Чтобы составить графическое резюме по вопросу воздействия загрязнителей окружающей среды на пыльцу *Roaseae*, мы выделили несколько блоков:

1. Взаимодействие между загрязнителями воздуха и фрагментами, несущими аллерген.

Пыльца растений вызывает аллергические реакции у sensibilized к ней больных. Но на них чаще воздействуют не цельные пыльцевые зерна, а фрагментированные частицы, содержащие аллергены (пыльцевые гранулы).

В целом пыльцевые зерна имеют средний размер 15–40 мкм, поэтому они не могут проникать глубоко в нижние отделы дыхательных путей. В связи с этим, симптомы пыльцевой бронхиальной астмы обусловлены фрагментированными частицами пыльцы меньшего размера. Интересно, что загрязнители воздуха связываются с ними и усугубляют аллергические реакции. Кроме того, пыльцевые зерна выделяют биологически активные липиды, активирующие иммунные клетки *in vitro* [5].

2. Повреждение клеточной стенки, выделение аллергена и распространение его в окружающей среде.

В результате взаимодействия между загрязнителями воздуха и пыльцевыми зернами повреждается клеточная стенка, увеличивая число аллергенов, выделяемых в атмосферу. При этом наблюдаются морфологические изменения в пыльцевых зернах, вызванных загрязнителями воздуха. При помощи СЭМ продемонстрировано, что хрупкость экзины повышается через две недели после снятия микроспорангия [6]. Поэтому связанные аллергены пыльцы высвобождаются быстрее и всасываются в дыхательные пути слизью легче, чем несвязанные аллергены, приводя к индукции аллергических реакций. Установлено, что высвобождение цитоплазматических гранул пыльцы увеличивается после воздействия на пыльцу химических соединений [7–8], что является причиной тяжести и прогрессирующего роста аллергических заболеваний.

3. Повышение аллергенности пыльцы при взаимодействии с загрязнителями воздуха.

Загрязнители воздуха могут изменять аллергенность пыльцы путем взаимодействия с аллергенами по различным механизмам [5]. Armentia et al. сравнив аллергенность образцов, собранных из разных районов в период опыления, выявили, что аллергенность пыльцы трав *in vitro* и *in vivo* была выше в городских условиях, чем в сельских [9–10]. Предположили, что более высокая аллергенность пыльцы из загрязненных районов, может повышать там уровень аллергенов или приводить к конформационным преобразованиям, вызванным посттрансляционными модификациями. Другая версия: модифицированная аллергенность обусловлена индукцией ранее невыраженных белков в экспонированной пыльце, реагирующей с сыворотками пациентов [10–11].

Установлено, что NO₂ индуцирует нитрацию аллергенов и способствует ответам Т-хелперов 2 (Th₂), что ведет к большей аллергенности пыльцы в загрязненных районах и повышенному риску для здоровья человека [12].

4. Адьювантное воздействие загрязнителей воздуха.

Некоторые загрязнители воздуха действуют как адьюванты, связываясь с аллергенами и стимулируя синтез IgE, что приводит к обострению симптомов бронхиальной астмы [5, 13–15]. Так, частицы выхлопных газов дизеля, которые усугубляют аллергические реакции и даже вызывают сенсибилизацию к новому аллергену, как наиболее важный адьювант в окружающей среде [16–19]. Некоторые исследования показали, что пыльцевые зерна могут индуцировать активацию и созревание дендритных клеток, что подразумевает пыльцу не только как носитель аллергена, но и как адьювант для запуска иммунных реакций [20].

5. Индукция экспрессии аллергенного белка.

Последние исследования были сосредоточены главным образом на влиянии загрязнителей окружающей среды на экспрессию аллергенных белков. Продемонстрировано, что общее содержание белка в пыльце из городских условий, было больше, чем в сельской местности [22].

В настоящее время большое внимание исследователей привлекает воздействие загрязнителей воздуха, являющихся экологическим стрессором, на аллергены, отнесенные к категории патогенетически связанных белков [12]. У растений они являются частью системы защиты от неблагоприятных условий, таких как патогены (бактерии и споры грибов), засуха и заморозание, что играет ключевую роль [21–29].

Загрязнение воздуха является серьезной проблемой общественного здравоохранения. Авторы приводят все больше фактических данных о связи между урбанизацией и тенденцией к росту числа аллергических заболеваний при достаточном понимании самой природы болезни и обеспечении антигистаминными лекарствами [30].

Предполагают, что загрязнение воздуха является одной из основных причин этого процесса. Установлено, что люди, проживающие в урбаноценозах, испытывают более тяжелые и распространенные аллергические симптомы, чем в агроценозах. Поскольку пыльца растений является ведущим аэроаллергеном, поллиноз часто изучается для характеристики взаимосвязи между загрязнением воздуха и респираторной аллергией [30].

Исходя из представленных данных, химические соединения могут усугублять аллергические реакции путем распространения пылевых аллергенов через повреждение клеточной стенки, действуя в качестве адъювантов, модифицируя аллергенность пыльцы, усиливая экспрессию аллергенов и индуцируя новые аллергены.

6. Комплекс пыльца-твердые частицы, аккумуляция загрязняющих веществ.

От выхода пыльцы из пыльника до его атмосферного перемещения аэроаллергены, включая пылевые зерна, могут контактировать с другими твердыми частицами. Поверхность экзины пылевых зерен может быть загрязнена ими. Сама пыльца по классификации относится к PM10. Пыльца и твердые частицы являются одними из самых распространенных триггеров астмы [31–32]. Исследования авторов свидетельствуют о многократном увеличении содержания в пыльце тимофеевки луговой тяжелых металлов, относящихся к первому классу опасности, — ртути и свинца (в 10 раз превышает средние значения по России) без изменения ее антигенной структура, но увеличивающих агрессивные свойства [34]. В пыльце обнаружены и другие микроэлементы в порядке убывания Hg > Pb > Cu > Ni > Zn, т. е. ртуть стоит на первом месте.

Для оценки потенциального вклада пыльцы Poaceae в аэриобиологическую ситуацию пунктов наблюдения использовали стандартизированный индекс вклада пыльцы. Он основан на следующих параметрах: сроках цветения, размере пылевых зерен (полярная ось и экваториальный диаметр), обилии видов в регионе и продукции пыльцы [33].

Семейство Poaceae состоит из 780 родов и более чем 12 000 ветроопыляемых видов, (20% мирового растительного покрова) выделяющих большое количество пыльцы в атмосферу. Флора Кыргызстана насчитывает около 300 видов семейства мятликовые. Многие аллергенные злаки являются не только дикорастущими, но еще и культивируемыми, поэтому их пыльца преобладает вблизи населенных пунктов.

Семейство Poaceae имеет несколько подсемейств и родов, аллергенная значимость которых варьирует. По систематическому положению овсяница луговая, мятлик луговой и ежа сборная относятся к подсемейству Festucoidae, семейству Festuceae — наиболее важных

в этиологическом отношении злаков. Диаметр их пыльцы колеблется от 30 до 40 мкм.

Тимофеевка луговая принадлежит к подсемейству Argostideae (полевицевые). Ее пыльца имеет размер 30–35 мкм, высокую аллергенную активность и интенсивность клинических проявлений поллинозов.

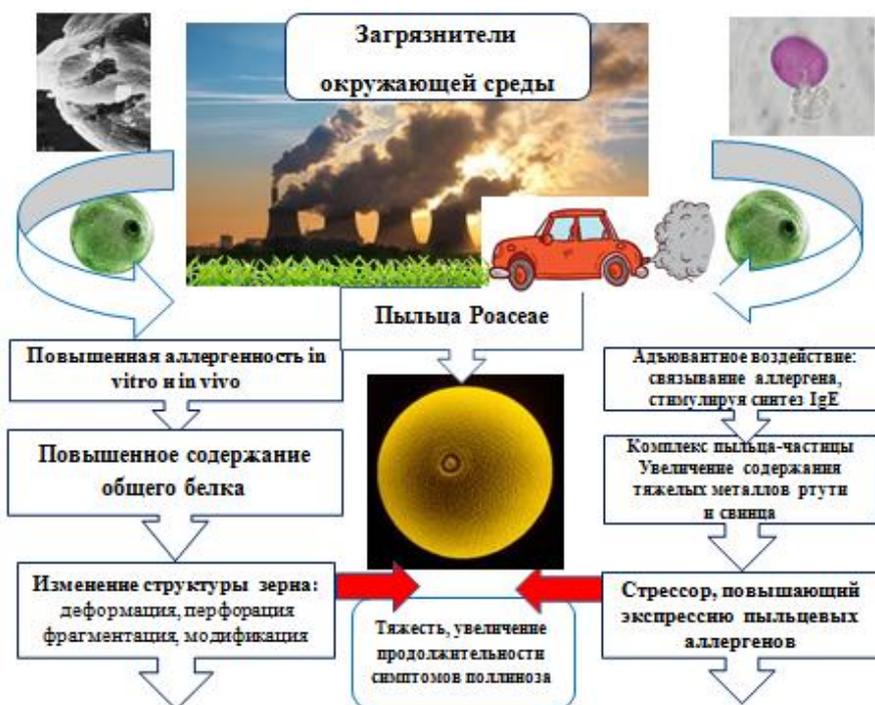


Рисунок 14. Графическое резюме: воздействие загрязнителей окружающей среды на пыльцу Роасае.

Диаметр пыльцевых зерен пырея ползучего (подсемейство Мятликовые или настоящие злаки, Pooidae) составляет 51,2–59,2 мкм. Их пыльца морфологически однотипна и не может быть идентифицирована визуально до вида под световым микроскопом. В связи с этим в аэробιологических исследованиях они регистрируются под общим грифом — злаки.

Пыльца злаковых трав по этиологической значимости в Кыргызстане варьирует в зависимости от пункта наблюдений и в tandemе с пылью полыни является первым или вторым по значимости аэроаллергеном. У больных поллинозом республики к ней регистрируются IgE-антитела 3–4 класса чувствительности. Причем их наивысшие значения отмечены в г. Каракол: g3, ежа сборная (27,5), g4, овсяница луговая (28,1), а наименьшие — в г. Нарын: g3 (0,9) и g4 (0,8) [36].

Все виды Роасае опыляются ветром, и производят множество однотипной пыльцы, которая выбрасывается в атмосферу. Для них важную роль играют циркадианные ритмы пыления — особи одного вида растений преимущественно пылят в одно и то же время для увеличения вероятности перекрестного опыления. По количественным показателям больше всего пыльцы злаков подсчитано в г. Каракол (1075), а затем г. Ош (910), Чолпон-Ата (703), Нарын (633) и Бишкек (368).

Самое раннее появление этой пыльцы отмечено в г. Чолпон-Ата, а позднее — г. Нарын, создающих пороговое количество пыльцы: в гг. Ош в течение 224, Чолпон-Ата — 169, Бишкек — 131 и Нарын — 130 дней. Сроки и интенсивность пыльцевого сезона определяются генетикой видов, но фенология растений также зависит от изменения климата и землепользования, в связи с этим в ближайшем будущем следует ожидать повышение

концентрации пыльцы Poaceae в воздухе.

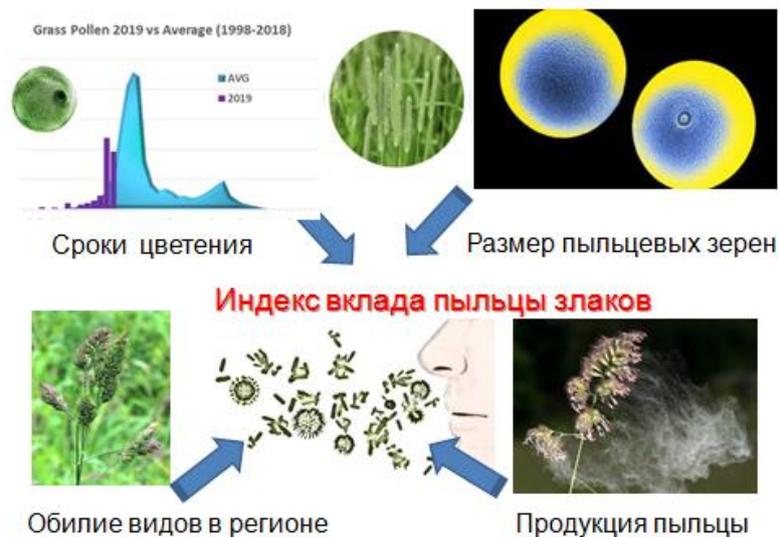


Рисунок 15. Графическое резюме: специфический индекс вклада пыльцы в аэриобиологическую ситуацию.

В целом невысокие подсчеты пыльцы злаков в аэриобиологических образцах, по-видимому, обусловлены тем, что она мелкая, легкая, летучая и не имеет тенденцию к оседанию, а постоянно уносится ветром. Наибольший вклад в концентрацию пыльцы в атмосфере внесли следующие виды: ежа сборная, лисохвост луговой, тимофеевка луговая, костер безостый, райграс высокий, овсяница луговая, мятлик луговой, м. однолетний, м. луковичный. Спектр указанных аллергенов однообразен во всех изученных зонах, но в южных регионах доминируют сорго, свинорой и ежовник. Они отвечают требованиям стандартизированного индекса вклада пыльцы [33, 35].

Заключение

Возникшие в результате антропогенной деятельности химические загрязнители, присутствуют во все более высоких концентрациях и взаимодействуют с пыльцевыми аллергенами, вызывая тяжесть и прогрессирующий рост числа заболеваемости поллинозами.

Для предотвращения дальнейших социально-экономических и медицинских потерь, связанных с аллергическими заболеваниями, органы власти должны принимать эффективные меры профилактики. Они касаются снижения уровня загрязнения окружающей среды и озеленения городов неаллергенными растениями, такими как Pinaceae, Ulmaceae, исключая Cupressaceae, Betulaceae. Для контроля за уровнем загрязнителя PM_{2.5} в мае 2019 г. посольство США в г. Бишкек приобрело датчик стоимостью 150 тыс. долларов. По нормам ВОЗ, его среднегодовой уровень должен составлять не больше 10 мкг/м³, среднесуточный — не больше 25 мкг/м³. Частицы PM_{2.5} – воздушный загрязнитель, в состав которого входят как твердые микрочастицы, так и мелкие: фрагменты аэроаллергенов, частицы сажи, асфальта и автомобильных покрышек, минеральных солей, соединения тяжелых металлов размером от 10 нм до 2,5 мкм.

В последнее время, полые спорополлиновые капсулы экзины пыльцы применяют в качестве транспортных средств для доставки лекарств и микрокапсулирования [37]. Спорополленин обладает значительным потенциалом в самых разных областях применения — от доставки лекарственных средств, до косметики или даже пищевой промышленности.

Таким образом, пыльцу можно рассматривать не только как творение ученого, но и художника. Если нормально развитую пыльцу можно сравнить с классическими полотнами художников, то тератоморфную — с инсталляциями, абстрактными или сюрреалистическими произведениями. В последнее время пыльца является арт объектом. на основе ее оригинальной формы изготавливаются лампы, украшения и скульптуры.

Выводы

Ниже перечислены основные выводы настоящего исследования:

1. Пыльца Роасеае, обладающая сферической геометрией и однородной поверхностью часто деградирует, что приводит к потере архитектурных особенностей, структуры и размера. Она сильно модифицируется под воздействием загрязнителей вследствие:

–тонкой (1,4–1,6 мкм) и хрупкой экзины;

–неравномерно развитой экзины, так как образующиеся наплывы спорополленина, могут служить местом разрыва при формировании тератоморфозов;

–нарушения онтогенеза пыльцы: изменяются скульптурные элементы поверхности экзины, появляется мозаичная и чешуйчатая скульптура. На поверхности экзины идентифицированы агломераты: 1) пылевые частички; 2) споры грибов; 3) кристаллы органических загрязнений; 4) кусочки тапетальной ткани.

–чрезвычайной чувствительности к эффекту действия загрязнений, аккумулируя на своей поверхности микрочастицы и транспортируя их на далекие расстояния.

В результате этого изменяется механизм попадания тератоморфной пыльцы в организм человека и возрастает тяжесть и распространенность симптомов поллиноза.

2. Стандартизированный индекс вклада пыльцы позволил оценить важность выбросов пыльцы Роасеае по заданным показателям: фенологии, размеру пыльцевого зерна, видовому обилию и пыльцепродукции.

Список литературы:

1. Kashef S., Kashef M. A., Eghtedari F. Prevalence of aeroallergens in allergic rhinitis in shiraz // Iranian journal of allergy, asthma, and immunology. 2003. V. 2. №4. P. 185-188. <https://doi.org/02.04/ijaai.185188>

2. Pazouki N., Sankian M., Nejdassattari T., Khavari-Nejad R. A., Varasteh A. R. Oriental plane pollen allergy: Identification of allergens and cross-reactivity between relevant species // Allergy & Asthma Proceedings. 2008. V. 29. №6.

3. García-Mozo H. Poaceae pollen as the leading aeroallergen worldwide: a review // Allergy. 2017. V. 72. №12. P. 1849-1858. <https://doi.org/10.1111/all.13210>

4. Кобзарь В. Н. Критерии тератоморфозов пыльцы растений // Медицина Кыргызстана. 2014. 2. С. 39-41.

5. D'amato G., Cecchi L., Bonini S., Nunes C., Annesi-Maesano I., Behrendt H., ... Van Cauwenberge P. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe // Allergy. 2007. V. 62. №9. P. 976-990. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2007.01393.x>

6. Shahali Y., Pourpak Z., Moin M., Mari A., Majd A. Instability of the structure and allergenic protein content in Arizona cypress pollen // Allergy. 2009. V. 64. №12. P. 1773-1779. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2009.02064.x>

7. Motta A. C., Marliere M., Peltre G., Sterenberg P. A., Lacroix G. Traffic-related air pollutants induce the release of allergen-containing cytoplasmic granules from grass pollen //

International archives of allergy and immunology. 2006. V. 139. №4. P. 294-298. <https://doi.org/10.1159/000091600>

8. Aina R., Asero R., Ghiani A., Marconi G., Albertini E., Citterio S. Exposure to cadmium-contaminated soils increases allergenicity of *Poa annua* L. pollen // *Allergy*. 2010. V. 65. №10. P. 1313-1321. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2010.02364.x>

9. Ghiani A., Aina R., Asero R., Bellotto E., Citterio S. Ragweed pollen collected along high-traffic roads shows a higher allergenicity than pollen sampled in vegetated areas // *Allergy*. 2012. V. 67. №7. P. 887-894. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2012.02846.x>

10. Armentia A., Lombardero M., Callejo A., Barber D., Gil F. M., Martin-Santos J. M., ... Arranz M. L. Is *Lolium* pollen from an urban environment more allergenic than rural pollen? // *Allergologia et immunopathologia*. 2002. V. 30. №4. P. 218-224. [https://doi.org/10.1016/S0301-0546\(02\)79124-6](https://doi.org/10.1016/S0301-0546(02)79124-6)

11. Bellanger A. P., Bosch-Cano F., Millon L., Ruffaldi P., Franchi M., Bernard N. Reactions of airway epithelial cells to birch pollen grains previously exposed to in situ atmospheric Pb concentrations: a preliminary assay of allergenicity // *Biological trace element research*. 2012. V. 150. №1. P. 391-395. <https://doi.org/10.1007/s12011-012-9485-7>

12. Ackaert C., Kofler S., Horejs-Hoeck J., Zulehner N., Asam C., von Grafenstein S., ... Duschl A. The impact of nitration on the structure and immunogenicity of the major birch pollen allergen Bet v 1.0101 // *PLoS one*. 2014. V. 9. №8. P. e104520. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104520>

13. D'amato G., Liccardi G., D'amato M., Cazzola M. The role of outdoor air pollution and climatic changes on the rising trends in respiratory allergy // *Respiratory medicine*. 2001. V. 95. №7. P. 606-611. <https://doi.org/10.1053/rmed.2001.1112>

14. Bartra J., Mullol J., Del Cuvillo A., Dávila I., Ferrer M., Jáuregui I., ... Valero A. Air pollution and allergens // *J Investig Allergol Clin Immunol*. 2007. V. 17. №Suppl 2. P. 3-8. PMID: 18225705.

15. Kalbande D. M., Dhadse S. N., Chaudhari P. R., Wate S. R. Biomonitoring of heavy metals by pollen in urban environment // *Environmental monitoring and assessment*. 2008. V. 138. №1. P. 233-238. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9793-0>

16. Yoo Y., Perzanowski M. S. Allergic sensitization and the environment: latest update // *Current allergy and asthma reports*. 2014. V. 14. №10. P. 465. <https://doi.org/10.1007/s11882-014-0465-1>

17. Diaz-Sanchez D., Garcia M. P., Wang M., Jyrala M., Saxon A. Nasal challenge with diesel exhaust particles can induce sensitization to a neoallergen in the human mucosa // *Journal of allergy and clinical immunology*. 1999. V. 104. №6. P. 1183-1188. [https://doi.org/10.1016/S0091-6749\(99\)70011-4](https://doi.org/10.1016/S0091-6749(99)70011-4)

18. Diaz-Sanchez D., Tsien A., Casillas A., Dotson A. R., Saxon A. Enhanced nasal cytokine production in human beings after in vivo challenge with diesel exhaust particles // *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 1996. V. 98. №1. P. 114-123. [https://doi.org/10.1016/S0091-6749\(96\)70233-6](https://doi.org/10.1016/S0091-6749(96)70233-6)

19. Diaz-Sanchez D., Tsien A., Fleming J., Saxon A. Combined diesel exhaust particulate and ragweed allergen challenge markedly enhances human in vivo nasal ragweed-specific IgE and skews cytokine production to a T helper cell 2-type pattern // *The Journal of Immunology*. 1997. V. 158. №5. P. 2406-2413.

20. Allakhverdi Z., Bougueremouh S., Rubio M., Delespesse G. Adjuvant activity of pollen grains // *Allergy*. 2005. V. 60. №9. P. 1157-1164. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2005.00861.x>

21. Kader J. C. Lipid-transfer proteins in plants // Annual review of plant biology. 1996. V. 47. №1. P. 627-654. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.47.1.627>
22. Jang C. S., Lee H. J., Chang S. J., Seo Y. W. Expression and promoter analysis of the TaLTP1 gene induced by drought and salt stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Plant Science. 2004. V. 167. №5. P. 995-1001. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.05.019>
23. Jung H. W., Kim W., Hwang B. K. Three pathogen-inducible genes encoding lipid transfer protein from pepper are differentially activated by pathogens, abiotic, and environmental stresses // Plant, cell & environment. 2003. V. 26. №6. P. 915-928. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.01024.x>
24. Kristensen A. K., Brunstedt J., Nielsen K. K., Roepstorff P., Mikkelsen J. D. Characterization of a new antifungal non-specific lipid transfer protein (nsLTP) from sugar beet leaves // Plant Science. 2000. V. 155. №1. P. 31-40. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(00\)00190-4](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(00)00190-4)
25. Molina A., Segura A., García-Olmedo F. Lipid transfer proteins (nsLTPs) from barley and maize leaves are potent inhibitors of bacterial and fungal plant pathogens // FEBS letters. 1993. V. 316. №2. P. 119-122. [https://doi.org/10.1016/0014-5793\(93\)81198-9](https://doi.org/10.1016/0014-5793(93)81198-9)
26. Regente M. C., De La Canal L. Purification, characterization and antifungal properties of a lipid-transfer protein from sunflower (*Helianthus annuus*) seeds // Physiologia Plantarum. 2000. V. 110. №2. P. 158-163.
27. Sinha M., Singh R. P., Kushwaha G. S., Iqbal N., Singh A., Kaushik S., Kaur P., Sharma S., Singh T. P. Current Overview of Allergens of Plant Pathogenesis Related Protein Families // The Scientific World Journal. 2014. V. 2014. P. 19 <https://doi.org/10.1155/2014/543195>
28. de Oliveira Carvalho A., Gomes V. M. Role of plant lipid transfer proteins in plant cell physiology - a concise review // Peptides. 2007. V. 28. №5. P. 1144-1153. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2007.03.004>
29. Velazhahan R., Radhajejalakshmi R., Thangavelu R., Muthukrishnan S. An antifungal protein purified from pearl millet seeds shows sequence homology to lipid transfer proteins // Biologia plantarum. 2001. V. 44. №3. P. 417-421. <https://doi.org/10.1023/A:1012463315579>
30. D'Amato G., Cecchi L., D'amato M., Liccardi G. Urban air pollution and climate change as environmental risk factors of respiratory allergy: an update // Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology. 2010. V. 20. №2. P. 95-102.
31. Sedghy F., Varasteh A. R., Sankian M., Moghadam M. Interaction between air pollutants and pollen grains: the role on the rising trend in allergy // Reports of biochemistry & molecular biology. 2018. V. 6. №2. P. 219. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29766006>
32. Visez N. et al. Atmospheric particulate matter adhesion onto pollen: a review // Aerobiologia. 2020. V. 36. №1. P. 49-62. <https://doi.org/10.1007/s10453-019-09616-9>
33. Romero-Morte J., Rojo J., Rivero R., Fernández-González F., Pérez-Badia R. Standardised index for measuring atmospheric grass-pollen emission // Science of the Total Environment. 2018. V. 612. P. 180-191. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.139>
34. Мартынов-Радущинский А. А., Мартынов А. И., Ильина Н. И., Лусс Л. В., Федоскова Т. Г., Назарова Е. В. Влияние негативных факторов окружающей среды на свойства пыльцы растений // Эффективная фармакотерапия. 2015. №20. С. 32-35.
35. Kmenta M., Bastl K., Kramer M. F., Hewings S. J., Mwange J., Zetter R., Berger U. The grass pollen season 2014 in Vienna: a pilot study combining phenology, aerobiology and symptom data // Science of the Total Environment. 2016. V. 566. P. 1614-1620. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.059>
36. Кобзарь В. Н. Изменчивость пыльцы и спектр аэроаллергенов в условиях

экологического дисбаланса Киргизской Республики: Автореф. дисс...докт. биол. наук. Алма-Ата, 1996. 40 с.

37. Fan T., Park J. H., Pham Q. A., Tan E. L., Mundargi R. C., Potroz M. G., ... Cho N. J. Extraction of cage-like sporopollenin exine capsules from dandelion pollen grains // Scientific reports. 2018. V. 8. №1. P. 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24336-9>

References:

1. Kashef, S., Kashef, M. A., & Eghtedari, F. (2003). Prevalence of aeroallergens in allergic rhinitis in shiraz. *Iranian journal of allergy, asthma, and immunology*, 2(4), 185-188. <https://doi.org/02.04/ijaai.185188>

2. Pazouki, N., Sankian, M., Nejadstattari, T., Khavari-Nejad, R. A., & Varasteh, A. R. (2008). Oriental plane pollen allergy: Identification of allergens and cross-reactivity between relevant species. *Allergy & Asthma Proceedings*. 29. 6.

3. García-Mozo, H. (2017). Poaceae pollen as the leading aeroallergen worldwide: a review. *Allergy*, 72(12), 1849-1858. <https://doi.org/10.1111/all.13210>

4. Kobzar, V. N. (2014). Kriterii teratomorfozov pyl'tsy rastenii. *Meditcina Kyrgyzstana*, (2). 39-41. (in Russian).

5. D'amato, G., Cecchi, L., Bonini, S., Nunes, C., Annesi-Maesano, I., Behrendt, H., ... & Van Cauwenberge, P. (2007). Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy*, 62(9), 976-990. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2007.01393.x>

6. Shahali, Y., Pourpak, Z., Moin, M., Mari, A., & Majd, A. (2009). Instability of the structure and allergenic protein content in Arizona cypress pollen. *Allergy*, 64(12), 1773-1779. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2009.02064.x>

7. Motta, A. C., Marliere, M., Peltre, G., Sterenberg, P. A., & Lacroix, G. (2006). Traffic-related air pollutants induce the release of allergen-containing cytoplasmic granules from grass pollen. *International archives of allergy and immunology*, 139(4), 294-298. <https://doi.org/10.1159/000091600>

8. Aina, R., Asero, R., Ghiani, A., Marconi, G., Albertini, E., & Citterio, S. (2010). Exposure to cadmium-contaminated soils increases allergenicity of *Poa annua* L. pollen. *Allergy*, 65(10), 1313-1321. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2010.02364.x>

9. Ghiani, A., Aina, R., Asero, R., Bellotto, E., & Citterio, S. (2012). Ragweed pollen collected along high-traffic roads shows a higher allergenicity than pollen sampled in vegetated areas. *Allergy*, 67(7), 887-894. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2012.02846.x>

10. Armentia, A., Lombardero, M., Callejo, A., Barber, D., Gil, F. M., Martin-Santos, J. M., ... & Arranz, M. L. (2002). Is *Lolium* pollen from an urban environment more allergenic than rural pollen? *Allergologia et immunopathologia*, 30(4), 218-224. [https://doi.org/10.1016/S0301-0546\(02\)79124-6](https://doi.org/10.1016/S0301-0546(02)79124-6)

11. Bellanger, A. P., Bosch-Cano, F., Millon, L., Ruffaldi, P., Franchi, M., & Bernard, N. (2012). Reactions of airway epithelial cells to birch pollen grains previously exposed to in situ atmospheric Pb concentrations: a preliminary assay of allergenicity. *Biological trace element research*, 150(1), 391-395. <https://doi.org/10.1007/s12011-012-9485-7>

12. Ackaert, C., Kofler, S., Horejs-Hoeck, J., Zulehner, N., Asam, C., von Grafenstein, S., ... & Duschl, A. (2014). The impact of nitration on the structure and immunogenicity of the major birch pollen allergen Bet v 1.0101. *PloS one*, 9(8), e104520. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104520>

13. D'amato, G., Liccardi, G., D'amato, M., & Cazzola, M. (2001). The role of outdoor air

pollution and climatic changes on the rising trends in respiratory allergy. *Respiratory medicine*, 95(7), 606-611. <https://doi.org/10.1053/rmed.2001.1112>

14. Bartra, J., Mulla, J., Del Cuvillo, A., Dávila, I., Ferrer, M., Jáuregui, I., ..., & Valero, A. (2007). Air pollution and allergens. *J Investig Allergol Clin Immunol*, 17(Suppl 2), 3-8. PMID: 18225705.

15. Kalbande, D. M., Dhadse, S. N., Chaudhari, P. R., & Wate, S. R. (2008). Biomonitoring of heavy metals by pollen in urban environment. *Environmental monitoring and assessment*, 138(1), 233-238. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9793-0>

16. Yoo, Y., & Perzanowski, M. S. (2014). Allergic sensitization and the environment: latest update. *Current allergy and asthma reports*, 14(10), 465. <https://doi.org/10.1007/s11882-014-0465-1>

17. Diaz-Sanchez, D., Garcia, M. P., Wang, M., Jyrala, M., & Saxon, A. (1999). Nasal challenge with diesel exhaust particles can induce sensitization to a neoallergen in the human mucosa. *Journal of allergy and clinical immunology*, 104(6), 1183-1188. [https://doi.org/10.1016/S0091-6749\(99\)70011-4](https://doi.org/10.1016/S0091-6749(99)70011-4)

18. Diaz-Sanchez, D., Tsien, A., Casillas, A., Dotson, A. R., & Saxon, A. (1996). Enhanced nasal cytokine production in human beings after in vivo challenge with diesel exhaust particles. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 98(1), 114-123. [https://doi.org/10.1016/S0091-6749\(96\)70233-6](https://doi.org/10.1016/S0091-6749(96)70233-6)

19. Diaz-Sanchez, D., Tsien, A., Fleming, J., & Saxon, A. (1997). Combined diesel exhaust particulate and ragweed allergen challenge markedly enhances human in vivo nasal ragweed-specific IgE and skews cytokine production to a T helper cell 2-type pattern. *The Journal of Immunology*, 158(5), 2406-2413.

20. Allakhverdi, Z., Bouguermouh, S., Rubio, M., & Delespesse, G. (2005). Adjuvant activity of pollen grains. *Allergy*, 60(9), 1157-1164. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2005.00861.x>

21. Kader, J. C. (1996). Lipid-transfer proteins in plants. *Annual review of plant biology*, 47(1), 627-654. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.47.1.627>

22. Jang, C. S., Lee, H. J., Chang, S. J., & Seo, Y. W. (2004). Expression and promoter analysis of the TaLTP1 gene induced by drought and salt stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Science*, 167(5), 995-1001. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.05.019>

23. Jung, H. W., Kim, W. O. O. N. B. O. N. G., & Hwang, B. K. (2003). Three pathogen-inducible genes encoding lipid transfer protein from pepper are differentially activated by pathogens, abiotic, and environmental stresses. *Plant, cell & environment*, 26(6), 915-928. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.01024.x>

24. Kristensen, A. K., Brunstedt, J., Nielsen, K. K., Roepstorff, P., & Mikkelsen, J. D. (2000). Characterization of a new antifungal non-specific lipid transfer protein (nsLTP) from sugar beet leaves. *Plant Science*, 155(1), 31-40. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(00\)00190-4](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(00)00190-4)

25. Molina, A., Segura, A., & García-Olmedo, F. (1993). Lipid transfer proteins (nsLTPs) from barley and maize leaves are potent inhibitors of bacterial and fungal plant pathogens. *FEBS letters*, 316(2), 119-122. [https://doi.org/10.1016/0014-5793\(93\)81198-9](https://doi.org/10.1016/0014-5793(93)81198-9)

26. Regente, M. C., & De La Canal, L. (2000). Purification, characterization and antifungal properties of a lipid-transfer protein from sunflower (*Helianthus annuus*) seeds. *Physiologia Plantarum*, 110(2), 158-163.

27. Sinha, M., Singh, R. P., Kushwaha, G. S., Iqbal, N., Singh, A., Kaushik, S., Kaur, P., Sharma, S., & Singh, T. P. (2014). Current Overview of Allergens of Plant Pathogenesis Related Protein Families. *The Scientific World Journal*, 2014, 19 <https://doi.org/10.1155/2014/543195>

28. de Oliveira Carvalho, A., & Gomes, V. M. (2007). Role of plant lipid transfer proteins in plant cell physiology - a concise review. *Peptides*, 28(5), 1144-1153. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2007.03.004>
29. Velazhahan, R., Radhajeyalakshmi, R., Thangavelu, R., & Muthukrishnan, S. (2001). An antifungal protein purified from pearl millet seeds shows sequence homology to lipid transfer proteins. *Biologia plantarum*, 44(3), 417-421. <https://doi.org/10.1023/A:1012463315579>
30. D'Amato, G., Cecchi, L., D'amato, M., & Liccardi, G. (2010). Urban air pollution and climate change as environmental risk factors of respiratory allergy: an update. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 20(2), 95-102.
31. Sedghy, F., Varasteh, A. R., Sankian, M., & Moghadam, M. (2018). Interaction between air pollutants and pollen grains: the role on the rising trend in allergy. *Reports of biochemistry & molecular biology*, 6(2), 219. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29766006>
32. Visez, N., Ivanovsky, A., Roose, A., Gosselin, S., Sénéchal, H., Poncet, P., & Choël, M. (2020). Atmospheric particulate matter adhesion onto pollen: a review. *Aerobiologia*, 36(1), 49-62. <https://doi.org/10.1007/s10453-019-09616-9>
33. Romero-Morte, J., Rojo, J., Rivero, R., Fernández-González, F., & Pérez-Badía, R. (2018). Standardised index for measuring atmospheric grass-pollen emission. *Science of the Total Environment*, 612, 180-191. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.139>
34. Martynov-Radushinskii, A. A., Martynov, A. I., Ilina, N. I., Luss, L. V., Fedoskova, T. G., & Nazarova, E. V. (2015). Vliyanie negativnykh faktorov okruzhayushchei sredy na svoistva pyl'tsy rastenii. *Effektivnaya farmakoterapiya*, (20), 32-35.
35. Kmenta, M., Bastl, K., Kramer, M. F., Hewings, S. J., Mwange, J., Zetter, R., & Berger, U. (2016). The grass pollen season 2014 in Vienna: a pilot study combining phenology, aerobiology and symptom data. *Science of the Total Environment*, 566, 1614-1620. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.059>
36. Kobzar, V. N. (1996). Izmenchivost' pyl'tsy i spektr aeroallergenov v usloviyakh ekologicheskogo disbalansa Kyrgyzskoi Respubliki: authoref. Dr. diss. Alma-Ata, 40. (in Russian).
37. Fan, T., Park, J. H., Pham, Q. A., Tan, E. L., Mundargi, R. C., Potroz, M. G., ... & Cho, N. J. (2018). Extraction of cage-like sporopollenin exine capsules from dandelion pollen grains. *Scientific reports*, 8(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24336-9>

Работа поступила
в редакцию 19.12.2020 г.

Принята к публикации
22.12.2020 г.

Ссылка для цитирования:

Кобзарь В. Н. Влияние загрязнителей на пыльцу Poaceae // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №2. С. 29-44. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/63/02>

Cite as (APA):

Kobzar, V. (2021). Influence of Environmental Pollutants at the Pollen of Poaceae. *Bulletin of Science and Practice*, 7(2), 29-44. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/63/02>

