

## Выявление изменений морфологических параметров пыльцы *Betula pendula* Roth. (син. *B. verrucosa* Ehrh.) с разных мест произрастания

\*ШЕВЦОВА Татьяна<sup>1</sup>, БРИНДЗА Ян<sup>2</sup>, ГАРКАВАЯ Екатерина<sup>1</sup>, ОСТРОВСКИ Радован<sup>2</sup>, МАЛЬЦОВ Игорь<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальный авиационный университет, Институт экологической безопасности, Киев, Украина

<sup>2</sup>Институт охраны биоразнообразия и биологической безопасности Словацкого аграрного университета в Нитре, Словакия

<sup>3</sup>Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришка НАН Украины, Киев, Украина

\* Адрес для переписки: Тел. +380978010250, e-mail: shevtsovat@ukr.net

**РЕЗЮМЕ:** В работе методом сканирующей электронной микроскопии проведен сравнительный анализ морфологических признаков 7 образцов пыльцевых зерен *Betula pendula* Roth. из разных мест произрастания Украины. Изучено 5 морфологических признаков пыльцевых зерен - длина полярной оси, экваториальный диаметр, отношение длины полярной оси к длине экваториального диаметра, угол расположения апертур пыльцевых зерен, внутренний диаметр апертур, длина ребра апопорального поля. Методом дисперсионного анализа установлены достоверные различия между морфологическими характеристиками пыльцы. Использование метода главных компонент и дендрограмма позволили выделить 2 группы по степени подобия. Вариабельность самых важных морфологических характеристик пыльцы - длины полярной оси и экваториального диаметра составляет соответственно 17,90  $\mu\text{m}$  - 18,97  $\mu\text{m}$  и 22,58  $\mu\text{m}$  - 23,98  $\mu\text{m}$ . Обсуждается влияние экологических условий на изменение морфологии пыльцы.

### ВВЕДЕНИЕ

Береза бородавчатая, один из 120 наиболее распространенных видов семейства Березовые (*Betulaceae*), произрастает во всех климатических зонах, кроме тундры, достигая 73° северных широт. Имеет обширный ареал в Европейской части России, растёт в Западной Сибири, на Алтае и Кавказе. Также береза распространена почти по всей Европе, за исключением Пиренейского полуострова, в Северной Африке, в Передней и Центральной Азии. Из всех видов берёз имеет наибольший ареал. В горы эта берёза поднимается до высоты 2100-2500 м над уровнем моря. Интродуцирована повсюду в зоне умеренного климата. Целебными свойствами обладают молодые листья березы, нераскрывшиеся почки, березовый сок, кора; из древесины получают деготь и уголь, также применяется березовый гриб (чага).

В последние десятилетия особое внимание было обращено на изучение пыльцы березы, аллергенные свойства которой являются причиной поллинозов, хотя известно, что ей характерно и лечебное применение (Мироненко Т., 2002). Поллинозами страдают до 39% населения планеты. Аэропаллинологические исследования в разных регионах мира зафиксировали, что высокоаллергенная пыльца березы присутствует в значительных количествах в составе пыльцевого дождя в странах Северной Европы и Скандинавии, а также Франции, Бургундии, Швейцарии, Украины, России, Польши, Хорватии, Испании, Португалии, Италии, Турции, в Северной Америке (Вашингтон (округ Колумбия), Нью-Йорк, Филадельфия (Пенсильвания), Черри Хилл (Нью-Джерси)) (Шамгунова Б.А., 2010).

К причинам, влияющим на изменение и усиление аллергенных свойств пыльцы, стоит отнести техногенные загрязнители атмосферного воздуха, а также радиационное воздействие на растения и загрязнения радионуклидами воздуха вследствие аварии на ЧАЭС (Алешина Р.М.,

2006). Кроме того, антропогенное и техногенное влияние на состояние окружающей среды привели к увеличению периода палинации аллергенных растений, более раннему старту их пыления и изменения антигенной структуры пыльцы (Шамгунова Б.А., 2010, Алешина Р.М., 2006). Более того, береза принадлежит к ветроопыляемым растениям, ее легкая и летучая пыльца выделяется в больших количествах и переносится на большие расстояния (J.-E. Wallin и др., 1991). Поэтому если в одном регионе сезон пыления еще не наступил или уже закончился, симптомы аллергии все равно могут проявляться (J.-E. Wallin и др., 1991, F.Th.M. Spieksma и др., 1995).

Изучением пыльцы березы занимались и занимаются ученые в разных странах мира (Швейцария, Швеция, Нидерланды, Великобритания, Австрия, Италия, Финляндия, Япония, Россия и др.). За последние годы было много сделано и исследовано относительно аллергенных свойств березовой пыльцы: определили наличие аллергена в пыльце (главный – Bet v 1, менее важные – Bet v 2, Bet v 4, Bet v 6 и 7), изучили объекты их локализации в пыльце, свойства, функции, условия и причины выхода из пыльцевых зерен (G. El-Ghazaly и др., 1995-1999; A. Emilson и др., 1996; G.F. Schappi и др., 1997; E. Matikainen и др., 1998; A. Erler и др., 2011 и др.). На сегодняшний день ученые занимаются разработкой рекомбинантных аллергенов пыльцы березы для специфической иммунотерапии, алерговакцин, обладающих специфичностью, сниженной аллергенностью и способствующих образованию при гипосенсибилизации специфических блокирующих антител, подбираются разные методы очистки аллергенных препаратов (R.E. Rossi, 2003; V. Mahler, 2004; В.Н. Федосеева, 2007). Использование рекомбинантных аллергенов для диагностики и лечения аллергии помогло бы избежать проблем с изменчивостью натуральных экстрактов в зависимости от партии заготовки пыльцы, но как показали исследования А. Erler и соавторов (2011), экстракты пыльцы березы бородавчатой разного происхождения, в том числе и коммерческий, существенно различались по общему количеству аллергенов.

На практике доказано, что региональные аллергены обладают более высокой специфичной активностью по сравнению с импортными аллергенами (Усовик О.В., 2006). Это связано с тем, что каждый регион имеет специфическую растительность с уникальным антигенным составом растений, которые произрастают на определенных территориях, их модификацией под влиянием уникального состава антропогенных факторов. Качество и стандартность как диагностических, так и лечебных форм зависят от состава пыльцы, на который влияют региональные экологические факторы (В.Федосеева, 2007, Б.М. Пухлик и др., 2004).

Для Украины, сравнительно большой страны с разными климато-географическими зонами (лесная, степная, лесостепная, субтропическая и др.), просто необходимо иметь собственные региональные аллергены. Среди аллергенов древесных растений семейство *Betulaceae*, и береза в частности, занимает первое место. В публикациях последних лет постоянно приводятся данные о гиперчувствительности к пыльцевым аллергенам *Betulaceae* (Непомнящих В.М., 2003; Алешина Р.М., 2006; Бержец В.М., 2006; Усовик О.В., 2007; Вітик Л.Д., 2008). Только в городе Киеве и Киевской области для 31% населения весенне-летний сезон превращается на борьбу с поллинозом (Сигаева І.А., 2011). По данным Витык Л.Д., гиперчувствительность к пыльце березы в Киеве составляет 52,7%, что ненамного уступает лишь пыльце орешника (57,1%) (Вітик Л.Д., 2008).

Известно, что пыльцевые зерна, как биоиндикаторы, предоставляют в частности своеобразную и интересную информацию о потенциально неблагоприятных действиях загрязняющих веществ на живые организмы, потому что они накапливают большие количества вторичных метаболитов. Воздушные загрязняющие вещества, такие как промышленные и транспортные выбросы, взаимодействуют с пыльцой растений, вызывая изменение физиологии, онтогенеза и

морфологии пыльцевых зерен (F. Rezanejad, 2009). С целью выявления изменений морфологических параметров пыльцы березы под влиянием экологических факторов была проведена сравнительная оценка пыльцевых зерен *Betula verrucosa* Ehrh. из разных мест произрастания.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пыльца березы бородавчатой была заготовлена до начала пыления в период с 18 по 24 апреля 2011 года на территории Киевской области и один образец с Ровенской (рисунок 1). Всего было заготовлено 7 образцов пыльцы березы бородавчатой, а именно: 1. г. Киев (№1) (пыльца собрана с берез, растущих в парковой зоне); 2. г. Переяслав-Хмельницкий Киевской обл. расположен на расстоянии 112 км юго-западнее Киева (пыльца собрана с берез, растущих на территории парка (№2b) и второй образец заготовлен с деревьев, растущих возле автомобильных дорог (№2a)); 3. с. Хоцки (№3) Киевской обл. расположено на расстоянии 120 км юго-западнее Киева и Переяслава-Хмельницкого (пыльца собрана с берез, растущих на отдельных полянах среди леса); 4. пгт. Иванков (№4) Киевской обл., относящийся к III чернобыльской зоне согласно определению принадлежности территории как таковой Министерством Украины по вопросам чрезвычайных ситуаций и по делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы (Міністерство..., 2008) и находится на расстоянии 80 км к юго-западу от Киева (пыльца собрана с берез, растущих возле автомобильных дорог и жилых домов); 5. г. Кузнецовск (№5) Ровенской обл., относящийся к IV чернобыльской зоне и расположен в 380 км к западу от Киева (пыльца собрана с берез, растущих возле леса, но вблизи автомобильных дорог); 6. пгт. Бородянка (№6) Киевской обл. расположен на расстоянии 56 км севернее Киева (пыльца собрана с берез, растущих возле аэродрома).

Для исследования морфологических параметров использовали сканирующий электронный микроскоп ZEISS EVO LS 15. Высушенные пыльцевые зерна тонким слоем помещали на объектный столик микроскопа на специальную клеящую основу. Морфологические признаки измеряли и оценивали для 140 пыльцевых зерен (т.е. по 20 для каждого образца). Для измерений использовали лицензионную программу AxioVs40 V 4.8.2.0 (Carl Zeiss, Jena, Германия). Измеряли такие характеристики как полярная ось (P – прямая линия между дистальным и проксимальным полюсами пыльцевого зерна), экваториальный диаметр (E – ширина пыльцы, расстояние между полюсами в экваториальной части пыльцевого зерна), угол расположения апертур к контуру пыльцевого зерна, внутренний диаметр апертур и длину ребра апополярного поля. Все виды измерений представлены на рисунке 2. Также определяли отношение длины полярной оси к экваториальному диаметру (P/E). Описывали пыльцевые зерна, используя общепринятую терминологию (Куприянова Л.А., 1972). Математическую обработку результатов измерений проводили по общепринятым методикам (Урбах, 1963) с использованием программы Excel 2007. Достаточно большой объем выборки при измерении пыльцевых зерен для каждого вида был принят равным 60, рассчитывался по выборке с наибольшим коэффициентом вариации при доверительной вероятности  $q=0,99$  и относительной неточности  $\epsilon$  не более 5%. Оценка достоверности различий между средними значениями и дисперсиями выборок проводили соответственно по критерию Фишера, при 5% и 1% уровнях значимости (Урбах, 1963). При анализе данных также использовали методы дисперсионного анализа (ANOVA). Результаты обрабатывались в системе STATISTICA 6.1.


## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В литературных источниках приведено морфологическое описание пыльцы *Betula verrucosa* Ehrh. (G. Erdtman, 1943; Куприянова Л.А., 1972; S. Blackmore, 2003). Ее пыльца представлена одиночными пыльцевыми зёрнами. В очертании с полюса округло-3-угольные или почти округлые с выступающими порами, с экватора – широкоэллиптические. Пыльцевые зерна мелкие, изополярные, по форме – сфероидальные. Форма сухих пыльцевых зерен нерегулярная, вид зерен безформенный с неравномерно образованными складками, но впадины есть только между апертурами. Длина полярной оси (P) 17,0-24,0  $\mu\text{m}$  (Paldat), 21,0-25,0  $\mu\text{m}$  (Polleninfo), длина экватора – 22,0-28,0  $\mu\text{m}$  (Paldat), 22,0-25,0  $\mu\text{m}$  (Polleninfo); соотношение P/E – 0,72-0,88. Поры слабо выступающие над общей поверхностью зерен, узкокамерные, щелевидные; поровое отверстие кольцеобразное. Пора эктоапертуры более или менее округла, немного эллиптическая, края гладки и раздельны, с отдельными заметно выступающими утолщениями экзины вокруг поры. Эндоапертура подобна диаметром к эктопоре. Утолщения экзины вокруг поры – отчетливо выступающие. Экзина слегка сетчатая, тонкая, толщиной 0,8-1,4  $\mu\text{m}$ . Сэкзина в три раза толще, чем нэкзина. Сэкзина 1 представлена короткими палочкоподобными элементами, которые не всегда видны под световым микроскопом. Сэкзина 2 – тэктум, в два раза толще, чем сэкзина 1. Сэкзина 3 состоит из элементов по краям, размер которых не превышает 1 мкм (видны с помощью СЭМ или с иммерсией). Для сухих пыльцевых зерен характерен очень мощный тэктум. Разглядывая зерна с помощью световой микроскопии, скульптура видна с гладкой поверхностью, а с помощью СЭМ – очень мелкая, бугорчатая или неясно угловатоморщинистая. Элементы скульптуры короткие и конические. Колумелла круговая, часто в неравномерных, коротких рядах, которые равняются с краями. Эндэкзина отсутствует, интина стандартная. Цвет зерен желтоватый.

При измерении вышеуказанных характеристик пыльцевых зерен *Betula pendula* Roth. были получены следующие результаты (таблицы 1-7). На рисунке 3 представлено сравнительные фото пыльцевых зерен березы бородавчатой в очертании с полюса.

**Таблица 1: Вариабельность длины полярной оси (P) пыльцевых зерен березы бородавчатой, ( $\mu\text{m}$ )**

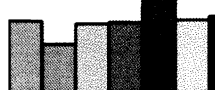
Образец	n	min	max	$\bar{x}$	$\sigma$	V%
BV1	60	16,11	21,21	18,57	1,19	6,39
BV2a	60	15,20	21,82	17,90	1,45	8,09
BV2b	60	14,25	21,80	18,57	1,48	7,99
BV3	60	15,07	21,58	18,42	1,64	8,92
BV4	60	16,52	22,51	18,97	1,38	7,26
BV5	60	15,27	21,05	17,95	1,36	7,56
BV6	60	15,34	21,50	18,28	1,44	7,88



n – количество измерений; min – минимальное значение; max – максимальное значение;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое выборки;  $\sigma$  – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации, %

**Таблица 2: Вариабельность длины экваториального диаметра (E) пыльцевых зерен березы бородавчатой, ( $\mu\text{m}$ )**


Образец	n	min	max	$\bar{x}$	$\sigma$	V%
BV1	60	18,95	26,96	23,26	1,92	8,25
BV2a	60	16,85	26,43	22,58	2,20	9,72
BV2b	60	19,86	28,16	23,18	1,73	7,46
BV3	60	19,82	28,14	23,23	1,56	6,74
BV4	60	20,95	28,08	23,98	1,66	6,94
BV5	60	19,81	26,74	23,30	1,34	5,74
BV6	60	19,94	27,06	23,41	1,44	6,14



n – количество измерений; min – минимальное значение; max – максимальное значение;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое выборки;  $\sigma$  – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации, %

**Таблица 3: Результаты соотношения длины полярной оси к длине экваториального диаметра (P/E)**


Образец	n	min	max	$\bar{x}$	$\sigma$	V%
BV1	60	0,65	0,99	0,80	0,08	10,05
BV2a	60	0,66	1,17	0,80	0,11	13,15
BV2b	60	0,55	0,96	0,81	0,09	11,09
BV3	60	0,61	0,96	0,80	0,09	11,32
BV4	60	0,66	0,95	0,79	0,07	8,62
BV5	60	0,61	1,00	0,77	0,08	10,01
BV6	60	0,64	1,02	0,78	0,08	10,49



n – количество измерений; min – минимальное значение; max – максимальное значение;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое выборки;  $\sigma$  – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации, %

**Таблица 4: Вариабельность значений угла расположения апертур пыльцевых зерен березы бородавчатой, (deg)**

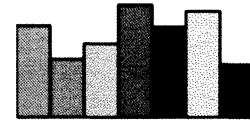
Образец	n	min	max	$\bar{x}$	$\sigma$	V%
BV1	60	83,80	125,85	105,40	7,61	7,22
BV2a	60	81,33	122,15	99,42	8,92	8,98
BV2b	60	81,99	110,58	97,62	6,95	7,12
BV3	60	81,24	115,77	98,71	7,81	7,91
BV4	60	86,55	115,23	101,13	6,86	6,78
BV5	60	80,78	112,55	98,76	6,61	6,70
BV6	60	85,60	123,59	103,13	7,66	7,43



n – количество измерений; min – минимальное значение; max – максимальное значение;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое выборки;  $\sigma$  – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации, %

**Таблица 5:** Вариабельность значений длины внутреннего диаметра апертур пыльцевых зерен березы бородавчатой, ( $\mu\text{m}$ )

Образец	n	min	max	$\bar{x}$	$\sigma$	V%
BV1	60	2,06	4,27	3,28	0,45	13,62
BV2a	60	1,38	4,12	3,02	0,53	17,56
BV2b	60	2,13	3,97	3,13	0,45	14,26
BV3	60	2,38	4,25	3,41	0,40	11,62
BV4	60	2,53	3,89	3,25	0,33	10,19
BV5	60	2,37	4,07	3,36	0,34	10,03
BV6	60	2,20	4,15	2,98	0,43	14,57



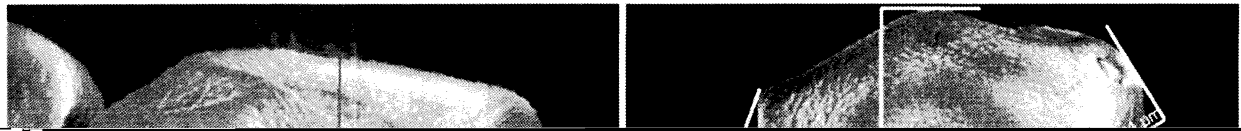
n – количество измерений; min – минимальное значение; max – максимальное значение;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое выборки;  $\sigma$  – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации, %

**Таблица 6:** Вариабельность значений длины ребра апопорального поля пыльцевых зерен березы бородавчатой, ( $\mu\text{m}$ )

## Agrobiodiverzita pre zlepšenie života

zborník vedeckých prác

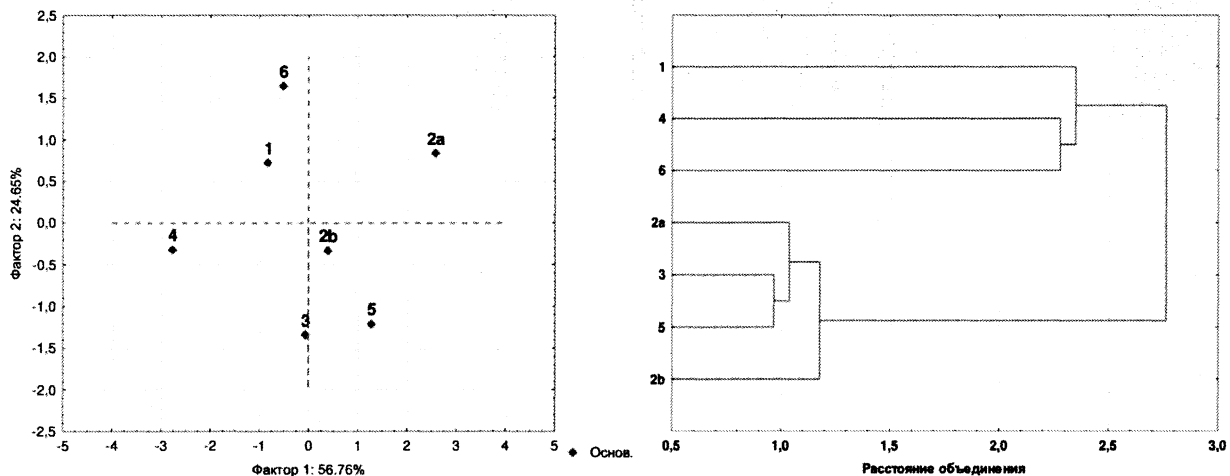
доминирует образец №4. По признаку длины экваториального диаметра эти же образцы показывают отличия уже от пяти из шести возможных образцов, но при уровне значимости 0,01 – уже доминирует образец №2а. По признаку значений угла расположения апертур наиболее отличаются образцы №1 (от пяти образцов) и №6 (от четырех образцов). При уровне значимости 0,01 результаты аналогичны. По длине внутреннего диаметра апертур отличим от пяти образцов №6, от четырех – №2а и №3.







Таким образом, было установлено, что в большей степени от всех отличается образец пыльцы №2а, в меньшей степени образцы №4 и №6. Полярная ось и экваториальный диаметр являются наиболее распространенными и важными морфологическими характеристиками пыльцевых зерен, поэтому на их значения авторами было обращено наибольшее внимание. Для средних значений измерений полярной оси и для полученных значений экваториального диаметра, установлено доминирование размеров образцов №2а и №4. И только для одного образца (№2b) не было выявлено достоверных различий. Более наглядно отношения между морфологическими параметрами образцов демонстрируют метод главных компонент и дендрограмма (рисунок 4).



**Рисунок 4:** Проекция на факторную плоскость и дендрограмма 7 образцов пыльцы березы бородавчатой (*Betula pendula* Roth.)

Как видим дендрограмма объединила объекты по степени подобия в две группы. На проекции наблюдений они находятся по разные стороны оси у. На дендрограмме видно, что вначале объединяются в один кластер объекты №3 и №5, поскольку расстояние между ними самое минимальное и равно 0,97. Далее на втором шаге к этому кластеру, включающему уже в себя два объекта, присоединяется объект №2а. На следующем шаге происходит объединение объекта №2b с первым и вторым кластерами. На расстоянии 2,27 объединяются объекты №4 и №6 с последующим присоединением к ним объекта №1. И на последнем шаге происходит объединение кластера из объектов №3, №5, №2а, №2b с кластером из объектов №4, №6, №1 на самом высоком уровне иерархии кластеров с расстоянием 2,75.

Проведенный анализ показал наличие достоверных различий между морфологическими характеристиками образцов пыльцы, но эти отличия проявляются не во всех признаках одновременно, а частично, выделяя 2 группы по степени близости с доминированием отличий образцов №2а и №4.

На полученные результаты следует исключить влияние следующих факторов: 1. Географическое место расположения мест сбора пыльцы. Севернее всех расположено место произрастания образца №5 (51° 27' с. ш.), но он объединен с образцами согласно данным дендрограммы, расположенными южнее (№3 – 49° 54' с. ш.), «захватывая» между собой все остальные образцы; 2. Степень зрелости и дата сбора пыльцы. Сначала заготавливали пыльцу с более южных мест произрастания, поэтому мы считаем, что степень зрелости имеет минимальное влияние на результаты.

Авторы считают, что наибольшее влияние на качество пыльцы оказывает место произрастания березы бородавчатой. Так самыми «безопасными» местами заготовки пыльцы были образцы

№2b и №3 (березы произрастают на территории леса и природного музея), предполагалось, что они и будут контрольными. Результаты не показали достоверных отличий для этих образцов. Интересно, что образцы №2a и №2b собраны в одном городе (что объясняет их объединение в одну группу), но образец №2a представляет пыльца, собрана на территории жилого массива в непосредственной близости от автомобильной дороги, что, вероятно, имеет воздействие на березовую пыльцу. Пыльца образца №4 также как и №2a, собрана на территории жилого массива в непосредственной близости от автомобильной дороги. Образец №5 заготовлен вблизи от лесных насаждений, поэтому видимо это более значимый фактор, позволяющий объединить №5 с №2b и №3. Образцы №1 и №6 имеют сходство по одной отличительной характеристике, объединены в одну группу и место произрастания деревьев имеет влияние. Что же касается радиационного влияния, то его действие на морфологию пыльцы березы нами не выявлено.

Согласно исследованиям Behrendt H. и др. (2001), Majd A. и др. (2004), Rezanejad F. (2009) пыльца растений очень чувствительна к влиянию атмосферных поллютантов таких как промышленные и транспортные выбросы. Ими были зафиксированы отложения загрязняющих веществ на поверхности пыльцы, изменение формы зерна, а также установлено, что загрязнение воздуха вызвало усушку, истончение и хрупкость пыльцы. Возможны косвенные воздействия загрязнения воздуха на зерна пыльцы через почву. Если растение растет в загрязненной почве, ее физиологические функции могут измениться и воздействовать на свойства развивающихся зерен пыльцы. В нашем случае наименьший размер пыльцевых зерен березы бородавчатой как раз наблюдается для пыльцы березы с Переяслав-Хмельницкого (№2a), подтверждая предположения вышеуказанных авторов по влиянию атмосферных поллютантов на морфологию пыльцы. Образцы пыльцы с Иванкова (№4) оказались наибольшими по размеру, но эти значения не противоречат литературным данным.

Таким образом, зерна пыльцы как биодиагностические: предоставляют особенно оригинальную и интересную информацию о потенциально неблагоприятных эффектах загрязняющих веществ на живые организмы.

## ВЫВОДЫ

В данной работе были изучены морфологические характеристики 7 образцов пыльцевых зерен *Betula pendula* Roth. из разных мест произрастания. Работа была ориентирована на сравнительный анализ морфологических признаков и характеристик условий произрастания объектов исследования и выявление изменений. Установлено, что решающую роль на морфологию пыльцы и изменение ее свойств оказывает такой фактор, как антропогенная нагрузка места произрастания объектов исследования. Это позволяет сделать вывод о роли пыльцы растений как биоиндикаторов. Достоверные различия между значениями морфологических признаков подтверждены статистически.

Воздействие различных атмосферных загрязняющих веществ на живые организмы остается малоизвестным явлением. Исследование биохимических свойств пыльцы березы и других показателей позволит сделать более основательный вывод о изменчивости пыльцы и проявления ее как одного из сильнейших аллергенов на сегодняшний день.

## БЛАГОДАРНОСТЬ

Эта работа была выполнена по решению научно-исследовательского проекта «Сборка-исследовательского центра "Агробиотех" номер проекта 26220220180» при финансовой поддержке Европейского фонда регионального развития – Оперативная программа по исследованиям и развитию в рамках международной научно-исследовательской программы Забытые и недоиспользуемые виды растений и их продукты для улучшения питания, здоровья и качества жизни в Научном центре сохранения агробιοразнообразия и его использования Факультета агробиологии и продовольственных ресурсов при Словацком аграрном университете в Нитре при финансовой поддержке Соавтор Татьяна Шевцова выражает благодарность Агентству SAlA, п.о. за предоставленную стипендию на научную стажировку, в ходе которой были получены результаты и знания, представленные в этой работе. Авторы работ выносят благодарность Эве Хованцевой, Мартине Слищикевой, Стефану Гайду, Алексу Оравец в оказании технической помощи в осуществлении экспериментальной работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Behrendt, H. – Becker, W.M. 2001. Localization, release and bioavailability of pollen allergens: the influence of environmental factors in Current Opinion. In *Immunology*, vol. 13, 2001, pp. 709-715.
2. Blackmore, S. – Steinmann, J.A.J. – Hoen, P.P. – Punt, W. 2003. *Betulaceae* and *Corylaceae*. In The Northwest European Pollen Flora. In *Rev Palaeobot Palynol*, vol. 65, 2003, pp. 71-98.
3. El-Ghazaly, G. – Moate, R. – Cresti, M. – Walles, B. – Takahashi, Y. – Ferreira, F. – Obermeyer, G. 1999. Localization and release of allergens from tapetum and pollen grains of *Betula pendula*. In *Protoplasma*, vol. 208, 1999, pp. 37-46.
4. El-Ghazaly, G. – Nakamura, S. – Takahashi, Y. – Cresti, M. – Walles, B. – Milanesi, C. 1996.
5. El-Ghazaly, G. – Takahashi, Y. – Nilsson S. – Grafström, E. – Berggren, B. 1995. Orbicules in *Betula pendula* and their possible role in allergy. In *Grana*, vol. 34, 1995, pp. 300-304.
6. Emilson, A. – Berggren, B. – Svensson, A. – Takahashi, Y. – Scheynius, A. 1996. Localization of the major allergen Bet v 1 in birch pollen by confocal laser scanning microscopy. In *Grana*, vol. 35, 1996, pp. 199-204.
7. Erdtman, G. 1943. *An introduction to pollen analysis*. U.S.A. Waltham, Mass. Chronica Botanica Company, 1943. 270 p.
8. Erler, A. – Hawranek, T. – Krückemeier, L. – Asam, C. – Egger, M. – Ferreira, F. – Briza, P. 2011. Proteomic profiling of birch (*Betula verrucosa*) pollen extracts from different origins. In *Proteomics*, vol.11, 2011, pp. 1486-1498.
9. Localization of the major allergen Bet v 1 in Betula pollen using monoclonal antibody labeling. In *Grana*, vol. 35, 1996, pp. 369-374.
10. Mahler, V. – Vrtala, S. – Kuss, O. – Diepgen, T.L. – Suck, R. – Cromwell, O. – Fiebig, H. – Hartl, A. – Thalhamer, J. – Schuler, G. – Kraft, D. – Valenta, R. 2004. Vaccines for birch pollen allergy based on genetically engineered hypoallergenic derivatives of the major birch pollen allergen, Bet v 1. In *Clinical & Experimental Allergy*, vol. 34, 2004, pp. 115-122.
11. Majd, A. – Chehregani, A. – Moin, M. – Gholami, M. – Kohno, S. – Nabe, T. – Shariatzade, M.A. 2004. The effects of air pollution on structures, proteins and allergenicity of pollen grains. In *Aerobiologia*, vol. 20, 2004, pp. 111-118.
12. Matikainen, E. – Rantio-Lehtimäki, A. 1998. Semiquantitative and qualitative analysis of pre-seasonal airborne birch pollen allergens in different particle sizes. In *Grana*, vol. 37, 1996, pp. 293-297.
13. Rezanejad, F. 2009. Air pollution effects on structure, proteins and flavonoids in pollen grains of *Thuja orientalis* L. (*Cupressaceae*). In *Grana*, vol. 48, 2009, pp. 205-213.
14. Rossi, R.E. – Monasterolo, G. – Monasterolo, S. 2003. Detection of specific IgE antibodies in the sera of patients allergic to birch pollen using recombinant allergens Bet v 1, Bet v 2, Bet v 4: evaluation of different Ige reactivity profiles. In *Allergy*, vol. 358, 2003, pp. 929-932.
15. Schappi, G.F. – Taylor, P.E. – Staff, I.A. – Suphioglu, C. – Knox, R.B. 1997. Source of Bet v 1 loaded inhalable particles from birch revealed. In *Sex Plant Reprod*, vol 10, 1997, pp. 315-323.
16. Spieksma, F.Th.M. – Emberlin, J.C. – Hjelmroos, M. – Jäger, S. – Leuschner, R.M. 1995. *Atmospheric birch (Betula) pollen in Europe: Trends and fluctuations in annual quantities and the starting dates of the seasons*. In *Grana*, vol. 34, 1995, pp. 51-57.
17. Wallin, J.E. – Segerström, U. – Rosenhall, L. – Bergmann, E. – Hjelmroos, M. 1991. Allergic symptoms caused by long-distance transported birch pollen. In *Grana*, vol. 30, 1991, pp. 265-268.

### Ukraine:

1. Алешина, Р.М. 2006. Пыльцевая аллергия: клинико-аллергологическая диагностика и специфическая иммунотерапия. В *Клінічна імунологія. Алергологія. Інфектологія*, №2 (03), 2006, С. 4-9.
2. Бержец, В.М. – Пронькина, О.В. – Хлгатян, С.В. – Бержец, А.И. 2007. Анализ уровня сенсибилизации к пыльцевым аллергенам у детей: значение растения солидаго в развитии поллиноза у детей. В *Педиатрия*, т. 86, №4, 2007, С. 67-67.
3. Вітик, Л.Д. 2008. Підвищення ефективності специфічної алерговакцинації у хворих на поліноз шляхом корекції імунологічної реактивності: Автореф. канд. мед. наук. Київ, 2008.

4. Куприянова, Л.А. – Алешина, Л.А. 1972. *Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР*. Ленинград: Наука, Т. 1, 1972. 170 с.
5. Мироненко, Т. 2002. Дерево жизни. В *АиФ Здоровье*, 2002.
6. Пухлик, Б.М. – Гонько, В.М. – Корицька, І.В., – Ланова, С.В. 2004. Вітчизняні алергени України. В *Biomedical and Biosocial Anthropology*, №3, 2004, С. 96-99.
7. Сигаева, І.А. 2011. Особливості перебігу полінозу в Києві. В *Імунологія та алергологія: Наука і практика*, №2, 2011, С. 116-118.
8. Урбах, В.Ю. 1963. *Математическая статистика для биологов и медиков*. Москва: Изд-во АН СССР, 1963. 323 с.
9. Усовик, О.В. 2007. Критерии стандартизации индивидуальных аллергенов пыльцы деревьев при создании микст-аллергена. В *Иммунопатология, аллергология, инфектология*, №1, 2007. С. 34-41.
10. Усовик, О.В. – Янченко, В.В. 2006. Выявление и изучение аллергенной пыльцы Беларуси. В *Достижения медицинской науки Беларуси*, 2006.
11. Федосеева, В.Н. 1998. Аллергены окружающей среды. В *Врач*, №6, 1998, С. 6-8.
12. Холоші, В.І. 2008. Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи. ТОВ «Інтелектуальні Системи ГЕО». Радіологічний стан територій, віднесених до зон радіоактивного забруднення (у розрізі районів). Київ, 2008. 49 с.
13. Шамгунова, Б.А. – Заклякова, Л.В. 2010. Аэропаллинологические аспекты поллинозов. В *Астраханский медицинский журнал*, т. 5, №1, 2010, С. 27-35.
14. <http://www.paldat.org>
15. <http://www.polleninfo.org>