

УДК 581.33.4:582.632.1:504 (045)

**МОРФОМЕТРИЯ ПИЛКОВИХ ЗЕРЕН БЕРЕЗИ
БОРОДАВЧАСТОЇ ЯК ІНДИКАТОР ЯКОСТІ ЕКОСТАНУ**

*Т.В. Шевцова**, *К.Г. Гаркава**, *Я. Бриндза***,
*Р. Островські***, *С.М. Мотильова****

**Національний авіаційний університет, Київ, Україна*

***Словацький аграрний університет, Нітра, Словацька
республіка*

****Федеральна державна бюджетна наукова установа
Всеросійський селекційно-технологічний інститут
садівництва і розсадництва, Москва, Російська Федерація
shevtsovat@ukr.net*

Проведены морфометрические измерения 10 образцов пыльцевых зерен *Betula verrucosa Ehrh.* с разных пунктов произрастания на территории Киевской, Ровенской областей Украины и г. Нитра Словацкой республики. Рассматривается возможность применения отдельных морфометрических показателей пыльцевых зерен данного вида для индикации состояния природной окружающей среды как более чувствительных. Статистически подтверждены различия между пыльцевыми зернами с разных мест произрастания, что особенно характерно для одного вида с разных стран.

*Пыльцевые зерна, *Betula verrucosa Ehrh.*, экологический фактор, морфометрический признак.*

ВСТУП

Рядом робіт, а саме Дж. Супука [10], Л.П. Хлебовой и О.В. Ерещенко [25], В.П. Бессонової та ін. [13] підтверджено статус пилкових зерен берези бородавчастої (лат. *Betula verrucosa Ehrh.*, син. *Betula pendula Roth.*) як біоіндикатора [10, 13, 16, 25]. Такі властивості встановлюються застосуванням цитогенетичних методів, зокрема оцінкою життєздатності пилкових зерен йодним та ацетокарміновим методами, здатністю проростати на відповідному поживному середовищі. Із застосуванням світлової мікроскопії оцінюють ступінь дефектності пилкових зерен. Так, із морфологічних особливостей показовими є число і форма апертур, видозмінена форма пилкових зерен, їх розмір, наявність розривів. Ці методи загальноприйняті, не потребують великих матеріальних та

часових затрат. Застосування скануючої електронної мікроскопії дозволяє виявити уже більш приховані мофрозміни: присутність чужорідних частинок на поверхні зерна, особливості скульптури поверхні.

Традиційними морфологічними характеристиками пилкових зерен, що вимірюються, є довжина екваторіального діаметру та полярної осі, індекс форми. Показана нерівноцінність пилку різних видів рослин у реакціях на забруднення. Виявлено показники мінливості пилку в нормі [24]. Тому для кожного окремого виду можливо підібрати додаткові морфоознаки, які повніше відобразатимуть реакцію чоловічого гаметофіту на екологічний стан природного навколишнього середовища досліджуваної місцевості.

Метою даного дослідження є виділення кількісних морфологічних критеріїв відмінності пилкових зерен одного виду з різних місць зростання в різних типах зелених насаджень. Виявлення достовірних відмінностей в морфометричних показниках дозволить рекомендувати їх використання при ідентифікації інтенсивності дії негативних екологічних факторів.

УМОВИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для аналізу було заготовлено 10 зразків пилку *Betula verrucosa* Ehrh. (BV) протягом 2011 та 2013 рр., підбираючи різні умови зростання дерев: місто, селище міського типу, село; паркова, лісова зона, територія природного музею, ботанічний сад; територія житлового масиву, аеродрому, близькість автомобільної траси, функціонування атомної електростанції. Доцільним було порівняння зразків пилку берези бородавчастої з відносно віддалених регіонів. З цією метою зразки пилку заготовили з різних областей – Київська (в цілому 6 зразків пилку) і Рівненська (1 зразок пилку) та з різних країн – Україна (7 зразків пилку) і Словацька республіка (3 зразки пилку). Різні місця зростання обраних дерев *Betula verrucosa* Ehrh. об'єднали в 4 групи для представлення різних типів зелених насаджень: паркові насадження (в групу віднесли зразки пилку з м. Київ (BV1), м. Переяслав-Хмельницький Київської обл. (BV2b),

м. Нітра, Словаччина (BV8)), лісові насадження – с. Хоцьки Київської обл. (BV3), придорожні насадження – з м. Переяслав-Хмельницький Київської обл. (BV2a), смт. Іванків Київської обл. (BV4), м. Кузнецовськ Рівненської обл. (BV5), м. Нітра (BV7, BV9), насадження спеціального призначення – аеродром «Бородянка» в Київській обл. (BV6).

Фотографії пилкових зерен були отримані за допомогою скануючого електронного мікроскопу (СЕМ) Zeiss Evo LS 15 в Інституті збереження біорізноманіття та біобезпеки Словацького аграрного університету в Нітрі. Висушені пилкові зерна тонким шаром поміщали на спеціальну липку основу, кріпили на об'єктному металічному столику діаметром 10 мм. Пилкові зерна фотографували при збільшеннях від 1000 до 10000 разів. Крім, довжини полярної осі (P) (ознака 1) та екваторіального діаметру (E) (ознака 2), виходячи із аналізу особливостей будови пилкових зерен *Betula* [4] вимірювали кут розташування апертури до контуру пилкового зерна (ознака 3), внутрішній діаметр апертури (ширина пори) (ознака 4) і довжину ребра апопоріального поля (ознака 5) (рис. 1). Апопоріальне поле – це площа трипорового пилкового зерна, що обмежена лінією, яка з'єднує зовнішні краї пор. Кут розташування апертури до контуру пилкового зерна вимірювали, оскільки у пилкових зерен *Betula* апертури розташовані по кутах контуру [4].

Для вимірювань, кількість яких становить 60 показань для кожної морфологічної характеристики, використовували ліцензійну програму Axio Vision 40 V 4.8.2.0 (Carl Zeiss, Jena, Німеччина), яка дозволяє отримувати цифрові значення із зазначенням сотих. Математичну обробку результатів вимірювань проводили з використанням програми Excel 2007 та Statistica 7.0. Для порівняння морфологічних ознак пилку, заготовленого в Україні і Словаччині, був застосований параметричний t-критерій Стьюдента. Рішення про застосування параметричного методу було прийнято на підставі результатів перевірки даних на підпорядкування закону нормального розподілу за допомогою критерію Колмогорова-Смірнова. Для групування даних застосовували кластерний аналіз.

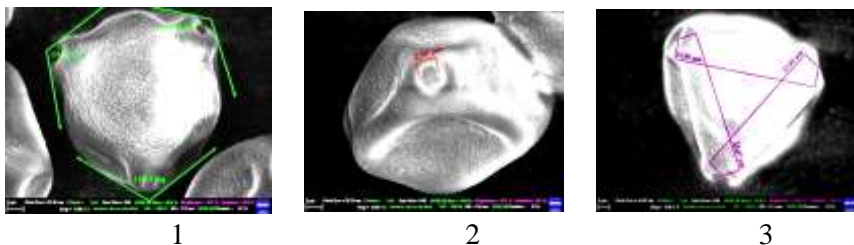


Рисунок 1 – Запропоновані види вимірювань морфологічних характеристик пилкових зерен *Betula verrucosa* Ehrh.: 1 – кут розташування апертури до контуру пилкового зерна; 2 – довжина внутрішнього діаметра апертури; 3 – довжина ребра апопоріального поля, (фото: Р. Островськи, Т. Шевцова, 2011)

Figure 1 – Proposed types of measurements of morphological traits of *Betula verrucosa* Ehrh. pollen grains: 1 – angle of the outline of pollen grain in polar view; 2 – length of the internal diameter of aperture; 3 – length of an apoporial field edge, (photos: R. Ostrovsky, T. Shevtsova, 2011)

Для оцінки антропогенного навантаження обраних пунктів досліджень враховували значення викидів забруднюючих речовин від стаціонарних та пересувних джерел, щільності викидів на 1 км² площі в роки формування пилку та цвітіння берези бородавчастої, взятих із офіційних звітів [17–19, 21, 23] та із власних запитів до Міністерства екології та природних ресурсів України. Для аналізу даних застосовували простий регресійний аналіз.

Іншим врахованим екофактором впливу на пилок є метеорологічні умови (температура, вологість, опади), їх аналізували протягом року перед збором пилку і в місяці, перед цвітінням берези бородавчастої, дані отримані від Українського гідрометеорологічного центру та з офіційного сайту погоди для всіх континентів <http://www.tutiempo.net/en/Climate/>.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Регресійний аналіз показав, що сума викидів з пересувних та стаціонарних джерел має значимий вплив на одну із вимірюваних морфологічних характеристик пилкових зерен

берези бородавчастої, а саме кут розташування апертури до контуру пилкового зерна ($F=16,79$, $\beta=-0,75$ при $p=0,001$), тобто при збільшенні викидів – кут зменшується. До того ж була виявлена дуже виражена тенденція до наявності впливу щільності викидів ($F=4,4$, $\beta=-0,46$ при $p=0,052$) і викидів із стаціонарних джерел ($F=3,81$, $\beta=-0,44$ при $p=0,069$) на полярну вісь пилкового зерна, а саме, полярна вісь буде менша у місцях, де спостерігається більше викидів із стаціонарних джерел і вища щільність викидів на одиницю площі.

Метеодані статистично не відрізнялися в місцях збору пилку *Betula verrucosa* Ehrh. в Київській та Рівненській областях. Формування пилку в 2010 році в Україні та в 2012 році в Словаччині відбувалось в умовах сухого спекотного літа. Надмірна посушливість могла негативно вплинути і викликати як структурні, так і функціональні зміни чоловічого гаметофіту [15]. У роки цвітіння берези бородавчастої спостерігалися деякі відхилення від норм погодного комплексу і в Україні у 2011 році (лютий) і в Словаччині у 2013 році (лютий–березень–квітень). За допомогою множинного регресійного аналізу було виявлено, що при взаємодії викидів і погодних умов, сумарна кількість викидів і мінімальна температура повітря впливають лише на довжину екваторіального діаметру, причому найбільший екваторіальний діаметр спостерігається в місцях, де буде менше викидів і вища мінімальна температура повітря, тобто при оптимальних умовах розвитку для пилкових зерен.

Масових видимих пошкоджень пилкових зерен не відмічено.

Раніше автори уже повідомляли результати морфометрії пилкових зерен *Betula verrucosa* Ehrh. окремо для українських та словацьких зразків пилку, що відображено в роботах [8, 9, 26, 27]. У літературних джерелах наведено морфологічний опис пилку *Betula verrucosa* Ehrh. [2, 3, 22].

Порівнюючи їх між собою (табл. 1) встановлено, що такі ознаки як довжина екваторіального діаметру ($t = -7,5$ при $p<0,001$) і кут розташування апертури до контуру пилкового зерна ($t = -12,13$ при $p <0,001$) мають значимо більші значення у пилку зі Словаччини, а внутрішній діаметр пори ($t = 10,41$ при

$p < 0,001$) і ребро апопоріального поля ($t = 29,01$ при $p < 0,001$) – значимо більші у пилкових зерен з України.

Таблиця 1 – Порівняння морфологічних ознак пилку *Betula verrucosa* Ehrh. заготовлених на території України та Словаччини

Table 1 – Comparison of the morphological traits of pollen of *Betula verrucosa* Ehrh. collected in the territory of Ukraine and Slovakia

Змінні	Середнє (Україна)	Середнє (Словаччина)	t-значення	df	p
Полярна вісь	18,38	18,58	-1,35	598	0,178
Екваторіальний діаметр	23,28	24,45	-7,50*	598	0,001
Кут розташування апертури до контуру пилкового зерна	100,60	109,79	-12,13*	598	0,001
Діаметр пори внутрішній	3,20	2,79	10,41*	598	0,001
Ребро апопоріального поля	26,35	21,46	29,01*	598	0,001

Примітки: * – відмічені значущі t-критерії Стьюдента; df – число ступенів свободи; p – рівень значущості

Було встановлено, що українські та словацькі пилкові зерна подібні за значеннями довжини полярної осі, які для сухих пилкових зерен коливаються в межах 17,9 – (18,4) – 19,0 мкм (рис. 2). В літературі зустрічаються значення 17,0 – (19,5) – 24,0 мкм (свіжі пилкові зерна), 21,0 – (22,6) – 25,0 (не зазначено стан пилкових зерен) з баз даних PalDat та Polleninfo. Наші результати не суперечать літературним і, отже, ця ознака не є інформативною для оцінки впливу умов зростання.

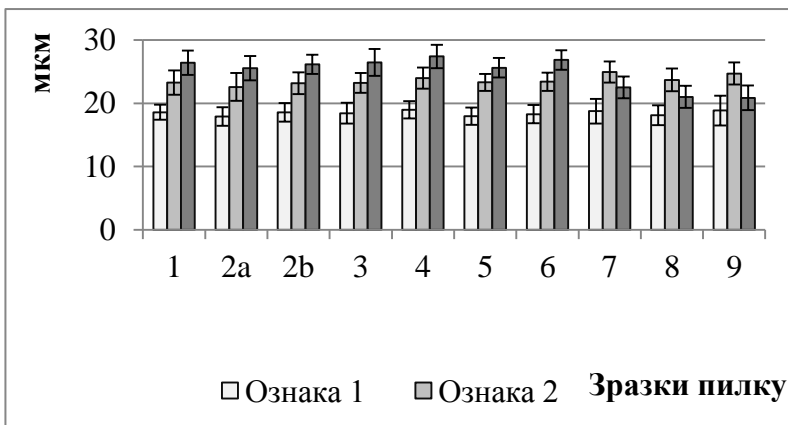


Рисунок 2 – Значення вимірюваних морфоознак зразків пилку *Betula verrucosa* Ehrh. із зазначенням стандартного відхилення
 Figure 2 – Values of measured morfotraits of samples of *Betula verrucosa* Ehrh. pollen with standard deviation

Значення довжини екваторіального діаметру визначені в межах 22,6 – (23,6) – 25,0 мкм (рис. 2). За літературними даними – 22,0 – (24,5) – 28,0 мкм (свіжі пилкові зерна), 22,0 – (24,0) – 25,0 мкм (не зазначено стан пилкових зерен) з баз даних PalDat та Polleninfo. Наші результати не суперечать літературним. За цією ознакою пилкові зерна зі Словаччини більші за українські (табл. 1).

Отже, в межах виду спостерігаються певні варіації в традиційних морфологічних характеристиках. Проте всі вони знаходяться в рамках загального морфологічного типу, властивого пилковим зернам даного виду.

Із додаткових характеристик кут розташування апертур до контуру пилкового зерна є найбільш показовою ознакою. Результати представлені у межах 97,6 – (103,4) – 113,8 deg (рис. 3). За цією ознакою словацькі зразки пилку більші за українські, що не дивно, оскільки регресійний аналіз показав, що екологія місць зростання в Україні негативно впливає на пилкові зерна шляхом зменшення кута розташування апертур до контуру пилкового зерна.

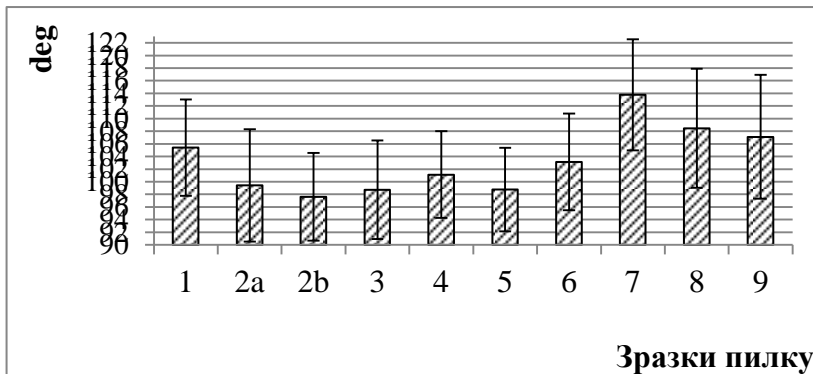


Рисунок 3 – Значення кута розташування аперттури до контуру пилкового зерна *Betula verrucosa* Ehrh. (ознака 3) із зазначенням стандартного відхилення

Figure 3 – Values of the angle of the outline of pollen grain in polar view of *Betula verrucosa* Ehrh. (traits 3) with standard deviation

Довжина внутрішнього діаметра апертур є найбільш варіабельною морфоознакою. Результати представлені у межах 2,7 – (3,1) – 3,4 мкм (рис. 4). Відмічено, що чим більш сухе пилкове зерно, тим менший отвір аперттури. За цією ознакою і довжиною ребра апопоріального поля пилкових зерен більші з території України.

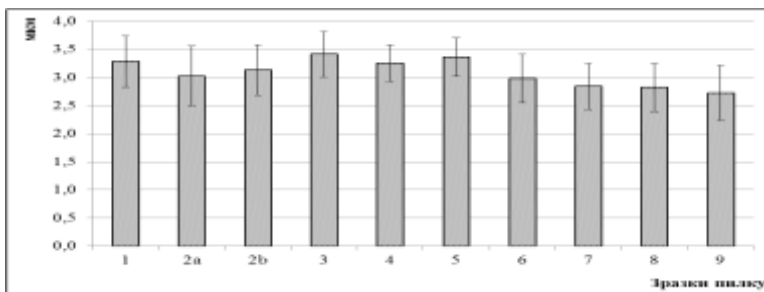


Рисунок 4 – Значення довжини внутрішнього діаметру аперттури пилкових зерен *Betula verrucosa* Ehrh. (ознака 4) із зазначенням стандартного відхилення

Figure 4 – Values of the length of the internal diameter of aperture of pollen grains of *Betula verrucosa* Ehrh. (traits 4) with standard deviation

Вищесказане наглядно демонструють дендрограми, побудовані за допомогою кластерного аналізу (рис. 5). Дендрограми відображають послідовне об'єднання зразків пилку, враховуючи їх подібність, в кластери, між якими зазначається відстань. Чим більша відстань, тим менше спільного в досліджуваних об'єктах.

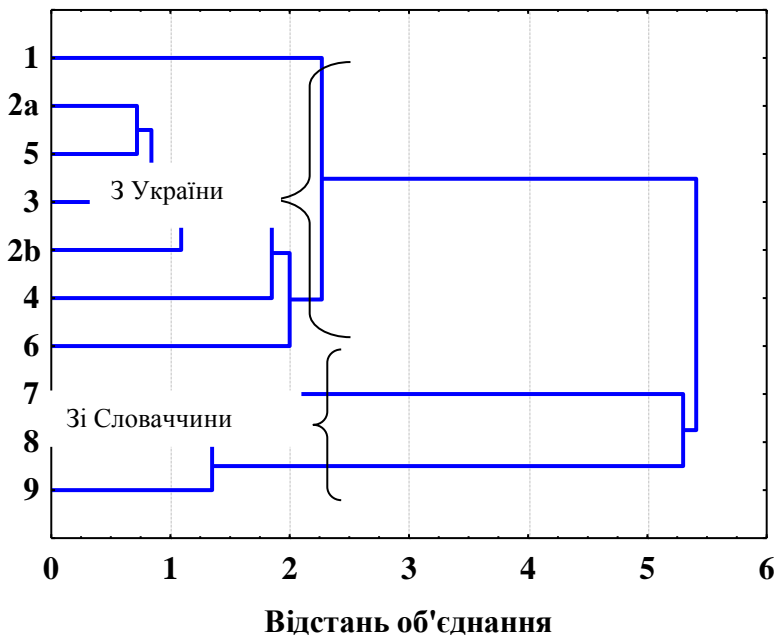


Рисунок 5 – Дендрограма кластерних відстаней між усіма зразками пилку *Betula verrucosa* Ehrh.

Figure 5 – Hierarchical clustering between all samples of *Betula verrucosa* Ehrh. Pollen

Із вищезазначеного випливає, що чотири із п'яти морфологічних ознак є діагностичними, між ними є відмінності в умовах зростання, які вплинули на морфологію пилку берези бородавчастої. Найбільш стабільна ознака пилкових зерен *Betula verrucosa* Ehrh. – довжина полярної осі. Це єдина ознака, за якою українські та словацькі зразки пилку подібні.

Іншою стабільною ознакою пилкових зерен *Betula verrucosa* Ehrh., яку, на відміну від довжини полярної осі, можливо використовувати при ідентифікації пилкових зерен берези бородавчастої є кут розташування апертур до контуру пилкового зерна. Коефіцієнт варіації змінюється в незначних межах – 6,70–9,17 %. Ця ознака корелює з розміром пилкового зерна, який характеризує довжина екваторіального діаметра ($r=0,78$).

Найбільш варіабельна морфологічна ознака – довжина внутрішнього діаметра апертур. Хоча значення довжини внутрішнього діаметра апертур відрізняються в незначних межах, високі коефіцієнти варіації – 10,03–18,03 % (найвищі серед п'яти вимірюваних ознак) вказують на нестабільність даної ознаки. Під час цього виду вимірювань було відмічено, що чим більш сухе пилкове зерно, тим менший отвір апертури.

Чіткого достовірного поділу зразків пилку на більші/менші з України не спостерігається. Але якщо вже порівнювати пилки між країнами, то словацькі зразки пилку більші за розміром. Серед них пилкові зерна найбільші з дерев, що зростають у придорожніх насадженнях (BV7, BV9), найменші з паркової зони (BV8). Відмічено, що навіть у межах одного міста є відмінності у розмірі пилку берези бородавчастої. Враховуючи однакові географічні, кліматичні, поточні метеорологічні і, припустимо, едафічні умови зростання досліджуваних дерев, результати підтверджують використання пилку *Betula verrucosa* Ehrh. в якості біотесту для виявлення антропогенних забруднень.

С. Н. Купріянов [22] зазначає, що діаметр пилкового зерна – приблизна його характеристика. В різні роки у однієї і тієї ж рослини може спостерігатися пилки, середні розміри якого різні. В одному і тому ж колоску квітки можуть дати пилки різних розмірів. Це залежить від того, з яких квіток взято пилки – з верхніх або нижніх, освітлених сонцем або тінювих. Навіть в одному і тому ж пиляку пилки може мати різні розміри, що залежить від локалізації зерна в пиляку. Все це пояснює відмінності в розмірах зерен одних і тих же видів, що приводяться різними авторами. Має значення і місце зростання

рослини, і метод обробки пилку для дослідження [12]. Іншими словами, є багато факторів, вплив яких може відобразитися на морфометричних характеристиках пилкових зерен.

На наш погляд ці твердження актуальні для початку-середини XIX століття, коли техногенне навантаження на навколишнє середовище тільки набувало масштабів і дослідженням морфології пилку займалися в основному палинологи, палеонтологи, геологи та ботаніки. В теперішніх екологічних умовах сучасні вчені спостерігають зовсім інший ефект щодо морфологічних ознак пилкових зерен. Згідно з дослідженнями G. Ostrolycká [5], H. Behrendt et al. [1], F. Rezanejad [7], A/ Majad et al. [11] пилко рослин дуже чутливий до впливу атмосферних полутантів, таких як промислові та транспортні викиди. Н.А. Елькина [20] зазначає, що найнижча якість пилку спостерігається в зразках з районів міста, в яких розташовані великі діючі промислові підприємства і/або проходять жваві автомобільні дороги та залізниця [20]. Були зафіксовані відкладення забруднюючих речовин на поверхні пилку, зміна форми пилкового зерна, утворення гігантських пилкових зерен і зерен із зміненим числом апертур, а також встановлено, що забруднення повітря викликало усушку, стоншення і крихкість пилку [1, 7, 11]. При атмосферному забрудненні важкими металами, металеві частинки з повітря прикріплюються на рівні апертур і пор екзини і визначають зміни в морфологічній структурі пилку [6]. Можливий непрямий вплив забруднення повітря на зерна пилку через ґрунт. Ґрунти є учасником всіх процесів трансформації та міграції речовини, що протікають у біосфері і пов'язані з функціонуванням екосистем, і обміном речовин у живих організмах [14]. Якщо рослина росте в забрудненому ґрунті, її фізіологічні функції можуть змінитися і впливати на властивості зерен пилку, що розвиваються.

У цілому морфологічні характеристики визначені в межах значень для даного виду, приведених в міжнародних базах даних. Тому можна стверджувати, що метеорологічні та антропогенні фактори в даних місцях зростання не мали руйнівного впливу на морфологію пилкових зерен берези бородавчастої у досліджувані роки, хоча були виділені

достовірні відмінності за морфометричними показниками для 4-ох із 5-ти вимірюваних ознак. Специфічні морфологічні особливості пилкових зерен *Betula verrucosa* Ehrh. демонструють кут розташування апертур до контуру пилкового зерна, довжина ребра апопоріального поля та внутрішній діаметр пори. Все ж зразки українського та словацького пилку можна розрізнити, наприклад, виміривши внутрішній діаметр пори та довжину ребра апопоріального поля. У перспективі подальших досліджень планується подовжити виявлення специфічних морфологічних особливостей пилкових зерен деревних рослин різних регіонів.

ВИСНОВКИ

Поточні метеорологічні умови та забруднення атмосферного повітря зумовили певні зміни в морфологічних властивостях пилкових зерен берези бородавчастої. Виявлена тенденція до зменшення розміру пилкових зерен. При проведенні морфометричних досліджень пилкових зерен *Betula verrucosa* Ehrh. було виявлено їх специфічні морфологічні особливості, які дозволяють вірогідно розрізнити пилок, зібраний на території України та Словаччини. Причина цього можливо і є в різному антропогенному навантаженні місць зростання об'єктів дослідження.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Behrendt H. Localization, release and bioavailability of pollen allergens: the influence of environmental factors / H. Behrendt, W.-M. Becker // *Current Opinion in Immunology.* – 2001. – № 13. – P. 709–715.
2. *Betulaceae and Corylaceae* / S. Blackmore, J.A.J. Steinmann, P.P. Hoen [et al.] // *The Northwest European Pollen Flora. Rev Palaeobot Palynol.* – 2003. – № 65. – P. 71–98.
3. Erdtman G. *An introduction to pollen analysis* / G. Erdtman. – U.S.A. Walthman : Mass. Chronica Botanica Company, 1943. – 270 p.

4. *Glossary of pollen and spore terminology* / W. Punt, P.P. Hoen, S. Blackmore [et al.] // *Review of Palaeobotany and Palynology*. – 2007. – № 143. – 81 p.
5. *Ostrolycká M.G. Biológia samčích reprodukčných orgánov druhov rodu Quercus L.* / M.G. Ostrolycká, M. Križo. – Bratislava : VEDA vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1989. – 126 s.
6. *Pollen microscopic identification of allergenic species in Oradea area* / A. Pallag, S. Bungău, D. Gotea [et al.] // *Analele Universității din Oradea, Fascicula Protecția Mediului*. – 2011. – № 16. – P. 130–136.
7. *Rezanejad F. Air pollution effects on structure, proteins and flavonoids in pollen grains of Thuja orientalis L. (Cupressaceae)* / F. Rezanejad // *Grana*. – 2009. – № 48(3). – P. 205–213.
8. *Shevtsova T. Morphological characteristics and antioxidant activity of pollen silver birch (Betula pendula Ehrh.)* / T. Shevtsova, K. Garkava, J. Brindza [et al.] // *Pharmacognosy Communications*. – 2014. – Vol. 4, is. 1. – P. 25–34.
9. *Shevtsova T. Morphological characteristics of pollen Betula verrucosa Ehrh. (syn. B. pendula) depending on habitat* / T. Shevtsova, J. Brindza, K. Garkava [et al.] // *Conservation of plant diversity : International Scientific symposium (Chișinău, Republic of Moldova, 16–19 May 2012)*. – Chișinău, 2012. – P. 44–54.
10. *Supuka J. Multifactorial effects of the urban environment on the flow and cumulation of some allochthonous substances on the example of Betula pendula Roth* // *Ekologia (Bratislava)*. – 1993. – V. 12. № 2. – P. 199–213.
11. *The effects of air pollution on structures, proteins and allergenicity of pollen grains* / A. Majd, A. Chehregani, M. Moin [et al.] // *Aerobiologia*. – 2004. – № 20(2). – P. 111–118.
12. *Аллергенная флора и пыльца земного шара : Энциклопедия – атлас* / С.Н. Куприянов, И.В. Галактионова, Е.С. Куприянова. – Ашгабат : Ылым, 1992. – 431 с.

Allergennaya flora i pyiltsa zemnogo shara : Entsiklopediya – atlas / S.N. Kupriyanov, I.V. Galaktionova, E.S. Kupriyanova. – Ashgabat : Yilyim, 1992. – 431 s.

13. Бессонова В.П. Оцінка стану пилку деревних рослин в урбатехногенній екосистемі / В.П. Бессонова, Е.П. Бессонов, В.М. Зверковський // *Питання біоіндикації та екології.* – Запоріжжя : ЗНУ, 2013. – Вип. 18, № 1. – С. 70–83.

Bessonova V.P. Otsinka stanu pilku derevnih roslin v urbatehnogennyi ekosistemi/ V.P. Bessonova, E.P. Bessonov, V.M. Zverkovskiy // Pitannya bioindikatsiyi ta ekologiyi. – Zaporizhzhya : ZNU, 2013. – Vip. 18, №1. – S. 70–83.

14. Валетова Е.А. Влияние техногенного загрязнения на репродуктивную способность сосны обыкновенной : автореф. дисс. на соискание науч. степени канд. биол. наук. : спец. 03.00.16 «Экология» / Е.А. Валетова. – Барнаул, 2009. – 16 с.

Valetova E. A. Vliyanie tehnogennogo zagryazneniya na reproduktivniuyu sposobnost sosnyi obyiknovennoy : avtoref. diss. na soiskanie nauch. stepeni kand. biol. nauk. : spets. 03.00.16 «Ekologiya» / E. A. Valetova. – Barnaul, 2009. – 16 s.

15. Ветчинникова Л.В. Жирнокислотный состав липидов пыльцы основных представителей рода *Betula L.* / Л.В. Ветчинникова, О.С. Серебрякова, М.К. Ильинова // *Труды Карельского научного центра РАН.* – 2012. – № 2. – С. 56–62.

Vetchinnikova L.V. Zhirmokislotnyi sostav lipidov pyiltsyi osnovnyih predstaviteley roda Betula L. / L.V. Vetchinnikova, O.S. Serebryakova, M.K. Ilinova // Trudyi Karelskogo nauchnogo tsentra RAN. – 2012. – № 2. – S. 56–62.

16. Влияние тяжелых металлов на жизнеспособность пыльцы некоторых древесных / В.А. Лях, Т.Н. Пересыпкина, Е.В. Дубовая [и др.] // *Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки.* – 2004. – № 2(61). – С. 174–177.

- Vliyanie tyazhelyih metallov na zhiznesposobnost pyiltsyi nekotoryih drevesnyih / V.A. Lyah, T.N. Peresyipkina, E.V. Dubovaya [i dr.] // VIsnik Sumskogo derzhavnogo universitetu. Seriya Tehnichni nauki. – 2004. – № 2(61). – S. 174–177.*
17. Довкілля Київщини у 2012 році : стат. зб. / за ред. П.Т. Сметани. – К. : Гол. управл. стат. у Київс. обл., 2013. – 118 с. – (Статистичний збірник).
Dovkillya KiYivschini u 2012 rotsI : stat. zb. / za red. P.T. Smetani. – K. : Gol. upravl. stat. u Kiyivs. obl., 2013. – 118 s. – (Statistichniy zbirnik).
18. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області за 2011 р. – Рівне : Держ. управл. ох. навк. прир. сер. в Рівн. обл., 2012. – 246 с.
Dopovid pro stan navkolishnogo prirodnogo seredovischa v Rivnenskiy oblasti za 2011 r. – Rivne : Derzh. upravl. oh. navk. prir. ser. v Rivn. obl., 2012. – 246 s.
19. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області за 2012 р. – Рівне : Держ. управл. ох. навк. прир. сер. в Рівн. обл., 2013. – 242 с.
Dopovid pro stan navkolishnogo prirodnogo seredovischa v Rivnenskoy oblasti za 2012 r. – Rivne : Derzh. upravl. oh. navk. prir. ser. v Rivn. obl., 2013. – 242 s.
20. Елькина Н.А. Состав и динамика пыльцевого спектра воздушной среды г. Петрозаводска : автореф. дисс. на соискание науч. степени канд. биол. наук. : спец. 03.00.16 «Экология» / Н.А. Елькина. – Спб., 2008. – 25 с.
Elkina N. A. Sostav i dinamika pyiltseвого спектра vozdushnoy sredyi g. Petrozavodsk : avtoref. diss. na soiskanie nauch. stepeni kand. biol. nauk. : spets. 03.00.16 «Ekologiya» / N.A. Elkina. – Spb., 2008. – 25 s.
21. Інформація щодо екологічного стану в м. Кузнецовськ Рівненської області за 2011 р. : №зп-862/08-16 від 11.04.2012. – Офіц. док. – Держ. управл. ох. навк. прир. сер. в Рівн. обл. – 2 с.
Informatsiya schodo ekologichnogo stanu v m. Kuznetsovsk Rivnenskoyi oblasti za 2011 r. : №zp-862/08-16 vId

- 11.04.2012. – *OfIts. dok. – Derzh. upravl. oh. navk. prir. ser. v Rivn. obl. – 2 s.*
22. *Куприянова Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР / Л.А. Куприянова, Л.А. Алешина. – Ленинград : Наука, Т. 1, 1972. – 170 с.*
Kupriyanova L.A. Pyiltsa i sporyi rasteniy floryi evropeyskoy chasti SSSR / L.A. Kupriyanova, L.A. Aleshina. – Leningrad : Nauka, T. 1, 1972. – 170 s.
23. *Регіони України 2012 : стат. зб. / за ред. О. Г. Осауленко. – К. : Держ. служ. стат. України, 2012. – Ч. 1. – 310 с. – (Статистичний збірник).*
Regioni Ukrayini 2012 : stat. zb. / za red. O. G. Osaulenko. – K. : Derzh. sluzh. stat. Ukrayini, 2012. – Ch. 1. – 310 s. – (Statistichniy zbirnik).
24. *Солнцева М. Влияние промышленного и транспортного загрязнения среды на репродукцию семенных растений / М. Солнцева, К. Глазунова // Журнал общей биологии. – 2010. – Т. 71, № 2. – С. 163–175.*
Solntseva M. Vliyanie promyshlennogo i transportnogo zagryazneniya sredyi na reproduktsiyu semennyih rasteniy / M. Solntseva, K. Glazunova // Zhurnal obschey biologii. – 2010. – T. 71, № 2. – S. 163–175.
25. *Хлебова Л.П. Качество пыльцы березы повислой (Betula pendula Roth.) в условиях Барнаула / Л.П. Хлебова, О.В. Ерещенко // Известия Алтайского государственного университета. Биологические науки. – 2012. – № 3-1(75). – С. 89–92.*
Hlebova L.P. Kachestvo pyiltsyi berezyi povisloy (Betula pendula Roth.) v usloviyah Barnaula / L.P. Hlebova, O.V. Ereschenko // Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologicheskie nauki. – 2012. – № 3-1(75). – S. 89–92.
26. *Шевцова Т.В. Вариабельность морфологических характеристик пыльцевых зерен Betula verrucosa Ehrh. с разных мест произрастания / Т.В. Шевцова, И.Ю. Мальцов // Методы палеоэкологических исследований : Палинологическая школа-конференция с*

международным участием (Москва, 16–19 апреля 2014 г.). – М. : Изд. Моск. ун-та, 2014. – С. 95–96.

Shevtsova T.V. Variabelnost morfoloģicheskih karakteristik pyiltsevyih zeren *Betula verrucosa* Ehrh. s raznyih mest proizrastaniya / T.V. Shevtsova, I.Yu. Maltsov // *Metodyi paleoekologicheskikh issledovaniy : Palinologicheskaya shkola-konferentsiya s mezhdunarodnyim uchastiem* (Moskva, 16-19 aprelya 2014 g.). – М. : Izd. Mosk. un-ta, 2014. – S. 95–96.

27. Шевцова Т. Выявление изменений морфологических параметров пыльцы *Betula verrucosa* Ehrh. (син. *B. pendula* Roth.) с разных мест произрастания / Т. Шевцова, Я. Бриндза, Е. Гаркавая [и др.] // *Agrobiodiverzita pre zlepšenie života*. – 2013. – №1. – P. 134–145.

Shevtsova T. Vyyavlenie izmeneniy morfoloģicheskih parametrov pyiltsyi *Betula verrucosa* Ehrh. (sin. *B. pendula* Roth.) s raznyih mest proizrastaniya / T. Shevtsova, Ya. Brindza, E. Garkavaya [i dr.] // *Agrobiodiverzita pre zlepšenie života*. – 2013. – № 1. – P. 134–145.

MORPHOMETRY OF POLLEN GRAINS OF SILVER BIRCH AS INDICATOR OF ECOCONDITION QUALITY

T.V. Shevtsova, K.G. Garkava, J. Brindza, R. Ostrovsky, S.M. Motyleva

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

Slovak University of Agriculture, Nitra, the Slovak Republic

Federal State Scientific Institution All-Russia Selection-

Technological Institute of Horticulture and Nursery, Moscow, the Russian Federation

shevtsovat@ukr.net

The aim of this study is to discriminate the quantitative morphological criteria of differences of one species pollen grains from different habitats in different types of planting.

Morphometric measurements of 10 samples of *Betula verrucosa* Ehrh. pollen grains in the territory of Kyiv, Rivne regions of Ukraine and Nitra, the Slovak Republic were performed. Studied birches are from parklands, forest plantation, roadside plantations

and plantations of special purpose – aerodrome «Borodyanka». Places of growth were estimated according to pollutant emissions from stationary and mobile sources, as well as the meteorological data (temperature, humidity, precipitation) in years of formation of pollen and birches flowering.

Besides traditional morphological traits – the length of polar and equatorial axis – the angle of the outline of pollen grain in polar view, length of the internal diameter of apertures and apoporial field edge were also measured using SEM photos and software AxioVs40 V 4.8.2.0 (Carl Zeiss, Jena, Germany). These traits were selected based on the analysis of the structural features of *Betula verrucosa* Ehrh. pollen grains according to a Glossary of pollen and spore terminology (2006).

Parametric Student's t-test to compare the morphological traits of pollen grains from Ukraine and Slovakia, simple and multiple regression analysis to evaluate the influence of anthropogenic factors and weather conditions on the morphology of birch pollen grains, cluster analysis for grouping the data were used.

It was found that the current weather conditions and air pollution caused certain changes in the morphological and biological properties of silver birch pollen grains. The tendency to reduce the size of pollen grains was detect. The length of the polar axis is the most stable morphological traits and the length of the internal diameter of aperture is the most variable traits of pollen grains of *Betula verrucosa* Ehrh. The possibility of using selected morphometric traits of pollen grains of this species for indication of a condition of natural environment as more sensitive is considered. Our results have confirmed that there are statistically significant distinctions between populations of *Betula verrucosa* Ehrh. in morphological traits from different habitats, that is especially right for one species from the different countries. The proposed morphological traits of silver birch pollen grains can be used in the identification of the intensity of effect of negative environmental factors.