

УДК 579.047:582.632.1-133:614.71(477.64-25)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.3-54.27>

ПИЛКУВАННЯ ДЕРЕВ РОДУ *BETULA* В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ (П'ЯТИРІЧНИЙ МОНІТОРИНГ)

Гуліна О.С.

Запорізький національний університет
вул. Жуковського, 66, 69600, м. Запоріжжя
os904299@gmail.com

У статті проаналізовано особливості пилкування дерев роду *Betula* в місті Запоріжжя. У сучасному індустріальному світі алергічні захворювання посідають одне з перших місць серед масових хвороб у населення. Запоріжжя -промислове місто, та пилок берези є однією з найчастіших причин виникнення саме весняної алергії. Для покращення профілактики та зменшення ризиків виникнення полінозів необхідна розробка сучасних методів прогнозування підвищеного вмісту пилку в атмосфері. Не дивлячись на таку масовість випадків полінозів, прогнозування аероалергенної ситуації досі залишається не досконалим, але актуальним в Україні. Метою дослідження був аналіз особливостей пилкування та асиметрії розподілу пилку берези по днях палінації у повітрі міста Запоріжжя в період з 2017 по 2021 роки. Дослідження виконувались на кафедрі медичної біології, паразитології та генетики Запорізького державного медико-фармацевтичного університету. Відбір зразків проводили за допомогою 7-денного об'ємного пробовідбірника типу Хірста, волюметричним методом. Аналіз зразків, ідентифікація і підрахунок проводились під світловим мікроскопом. Результати спостережень обробляли за допомогою програми "STATISTICA". В дослідженні представлені особливості пилкування та сезонного розподілу пилку берези з 2017 по 2021 роки (початок, тривалість та кінець сезону, максимальне значення, загальна сезонна кількість спор, аналіз на нормальність розподілу пилку). Результати досліджень варіюють із року в рік. Це пов'язано з різними факторами, які впливають на пилкування дерев (які будуть вивчені в подальшому). Але за 5 років спостережень було накопичено матеріал, що дозволяє встановити деякі закономірності розподілу пилку берези в атмосферному повітрі м. Запоріжжя днями палінації. Результати, отримані в ході проведення досліджень, дозволять збільшити точність прогнозування аероалергенної ситуації та поліпшити профілактику полінозів, що викликаються пилом цієї рослини. Багаторічний моніторинг допоможе передбачити та спрогнозувати спалахи, що в свою чергу дає можливість починати профілактичні заходи для чутливого населення. *Ключові слова:* аеробіологія, пилок берези, аеробіологічний моніторинг, весняний поліноз.

Pollination of betula trees in the atmospheric air of the city of Zaporozhye (five-year monitoring). Hulina O.

The article analyzes the features of pollination of *Betula* trees in the city of Zaporizhzhia. In the modern industrial world, allergic diseases occupy one of the first places among mass diseases of the population. Zaporizhzhia is an industrial city, and birch pollen is one of the most frequent causes of spring allergies. In order to improve prevention and reduce the risks of pollinosis, it is necessary to develop modern methods of forecasting the increased content of pollen in the atmosphere. Despite such a large number of cases of hay fever, forecasting of the aeroallergenic situation still remains imperfect, but relevant in Ukraine. The purpose of the study was to analyze the features of pollination and the asymmetry of birch pollen distribution by days of pollination in the air of the city of Zaporizhzhia in the period from 2017 to 2021. Research was carried out at the department of medical biology, parasitology and genetics of the Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University. Sampling was carried out using a Hirst-type 7-day volumetric sampler, using the volumetric method. Sample analysis, identification and counting were performed under a light microscope. The results of the observations were processed using the "STATISTICA" program. The study presents the features of pollination and seasonal distribution of birch pollen from 2017 to 2021 (beginning, duration and end of the season, maximum value, total seasonal number of spores, analysis of the normality of pollen distribution). Research results vary from year to year. This is due to various factors that affect the pollination of trees (which will be studied later). But during 5 years of observations, material was accumulated that allows us to establish some regularities of the distribution of birch pollen in the atmospheric air of the city of Zaporizhzhia on days of pollination. The results obtained during the research will increase the accuracy of forecasting the aeroallergenic situation and improve the prevention of pollinosis caused by the pollen of this plant. Long-term monitoring will help predict and predict outbreaks, which in turn makes it possible to initiate preventive measures for susceptible populations. *Key words:* aerobiology, birch pollen, aerobiological monitoring, spring pollinosis.

Постановка проблеми. Пилок рослин – один з найважливіших алергенів, до якого чутливе населення різних країн (30%). На розвиток та прогресування полінозів впливають різні фактори. Не останню роль у прогресуванні розвитку алергічних реакцій на пилок анемофільних рослин відіграє забруднення атмосферного повітря різноманітними хімічними речовинами, промисловими викидами й аерозолями [1]. Метеорологічні фак-

тори та зміна клімату також здатні призводити до зміни фенологічних особливостей анемофільних рослин: початок цвітіння може наставати раніше очікуваних термінів, а сама палінація буде тривати значно довше. Такі зміни, у свою чергу, можуть призводити до зростання продукції пилку та збільшення його концентрації в повітрі [2, 3, 4, 5]. Багаторічний моніторинг допоможе передбачити та спрогнозувати спалахи, що в свою чергу дає

можливість починати профілактичні заходи для чутливого населення [4].

З метою покращення профілактики алергічних захворювань, що викликаються пилом анемофільних рослин, дуже важливо правильно прораховувати та передбачати періоди часу, коли спостерігається висока концентрація того чи іншого пилку в атмосферному повітрі. Особливо це стосується регіонів із розвинутою промисловістю, де рівень забруднення повітря шкідливими речовинами значно зростає. Ось чому розробка та використання різних методик для визначення термінів палінації та інформування населення є актуальним питанням як для країн Європи, так і для України [5, 6, 7]. Та, не дивлячись на таку масовість випадків полінозів, прогнозування аероалергенної ситуації досі залишається не досконалим. Для рішення цієї задачі, необхідно проводити дослідження різноманітних факторів, що здатні впливати на емісію пилку та його розповсюдження. Тільки з урахуванням цих чинників можна побудувати достовірний прогноз аероалергенної ситуації, що дозволить вчасно попередити населення [4].

Актуальність дослідження. Саме під час палінації анемофільних рослин спостерігається найбільша кількість продажу антигістамінних препаратів [8]. Актуальність дослідження полягає в тому, що останніми роками дедалі гостріше постає питання контролю факторів сезонної алергії та розробки низки профілактичних заходів, що дадуть змогу попередити населення через систему алергопрогнозів про ризик виникнення полінозу [9].

Береза – одна з тих рослин, що має найбільш високі показники сенсibiliзації в Україні [8]. Пилок берези є одним з найбільш поширених анемофільних алергенів навесні. Одна береза може виробляти до 5 мільйонів пилових зерен, які можуть розлітатися на сотні тисяч кілометрів. Пацієнти відчують алергічні симптоми при концентрації пилку берези – 80 пилових зерен в м³. А у пік сезону середньодобова концентрація може досягати декілька сотен зерен [1, 2]. Пилок берези може викликати не тільки симптоми полінозу, такі як нежить, чхання, сльозотеча, кашель, а й бути причиною так званої «харчової алергії», яка проявляється у вигляді орального алергічного синдрому. Механізм появи неадекватної імунної відповіді пов'язаний з тим, що ці речовини у своєму складі мають подібні набори амінокислот, на які організм може реагувати виробленням певних захисних антитіл. Якщо виявляється алергія на березу, перехресні продукти, небезпечні для людини в плані алергенності, – це морква, картопля, груші, черешні, вишні, лісові горіхи, картопля, соя, банан, апельсин, помідор, аніс, червоний перець, коріандр, селера, ківі. Що при вдиханні пилку цього, що при вживанні в їжу перерахованих плодів, можлива поява алергії [10].

Матеріали та методи дослідження. Для дослідження використовували дані аеробіологічного моні-

торингу. Моніторинг проводиться на кафедрі медичної біології, паразитології та генетики Запорізького державного медико-фармацевтичного університету. Концентрацію пилку берези визначали волюметричним методом. Цей метод найбільш розповсюджений для проведення аеробіологічного моніторингу у країнах Європи та світу.

Пилкоуловлювач знаходиться на даху третього корпусу Запорізького державного медичного університету на висоті 20 метрів. Його технічні характеристики повністю відповідають пиловій пастці Хірста. Відомий об'єм повітря проходить через прилад, що має барабан з липкою стрічкою. Швидкість потоку повітря складає 10 л/хв., барабан обертається зі швидкістю 2 мм/год. Повний оберт робить за сім днів, густина об'єктів на препараті – 21,4 л/мм². Прилад щорічно проходить метрологічну атестацію. Один раз у сім днів липку стрічку обережно знімають із барабану, та розрізають відповідно до діб спостереження. Липку стрічку, поділену на ділянки, розміщують на предметному склі (на кожному записана відповідна дата). Далі препарати фіксують та фарбують гліцерин-желатиновою сумішшю із додаванням фуксину [3, 6, 11, 12]. Отримані препарати вивчаються під світловим мікроскопом при збільшенні $\times 400$. Препарат поділяють на 12 поперечних проходів, інтервал між кожним 4 мм. Таким чином визначають концентрацію пилку у повітрі через кожні дві години [4, 9]. Для отримання статистично достовірних результатів проводять не менше, ніж 10–12% від площі всього препарату [3]. Результати спостережень обробляли за допомогою програми «STATISTICA».

Результати та обговорення. Відомо близько ста видів берези. На Запоріжжі зустрічається північний вид – береза поникла (*Betula pendula L.*). Вона розташована виключно в штучних посадках і парках. Ендемік Запоріжжя – береза дніпровська (*Betula borispheica Klok.*), вкрай рідкісний вид і навряд чи представлений в паліноспектрі. Береза продукує велику кількість пилку в період з кінця березня до середини травня. Пилок берези трьохпоровий, кулястий, 16–30 мкм. Екзина пилку тонка, але потовщена навколо пор та утворює невеликий онкус (рис. 1).

Описова статистика отриманих результатів моніторингу пилку роду *Betula* в атмосферному повітрі міста Запоріжжя з 2017 по 2021 наведена в таблиці 1. Мода – дата, в яку спостерігалася максимальна кількість пилку; пік – максимальна кількість пилку, яка уловлена за добу; 5-ий перцентиль – дата, коли було зафіксовано 5% від загальної кількості пилку (вважається початком палінації); 95-ий перцентиль – дата, коли було зафіксовано 95% від загальної кількості пилку (вважається кінцем палінації); термін палінації – дні між 5 та 95 перцентилем; сума – сума середньодобових показників кількості пилку берези в кубічному метрі атмосферного повітря за весь сезон

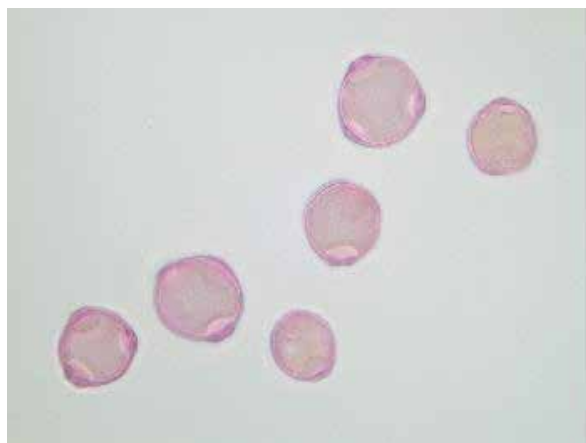


Рис. 1. Пилок берези

Таблиця 1

Зведена таблиця 2017–2021 роки

Характеристики/Роки	2017	2018	2019	2020	2021
5-й перцентиль	7 квітня	7 квітня	7 квітня	16 березня	19 квітня
95-й перцентиль	1 травня	17 травня	29 квітня	9 травня	10 травня
Термін палінації (кількість днів)	24	40	22	54	21
Сума	1326	2656	801	1959	1736
Пік	352	248	184	226	714
Мода	9 квітня	15 квітня	25 квітня	7 квітня	21 квітня
Усереднений день палінації	15 квітня	22 квітня	18 квітня	11 квітня	23 квітня
Стандартне відхилення	9,16656	12,42033	7,87262	13,22316	7,86264
Коефіцієнт асиметрії	1,124283	1,218106	-0,108660	0,114116	0,025043
Похибка асиметрії	0,067191	0,047503	0,086387	0,055300	0,058739
Коефіцієнт ексцесу	0,42641	0,89442	-1,45739	1,61891	10,32245
Похибка ексцесу	0,134282	0,094969	0,172561	0,110544	0,117411

спостережень. Аналіз на нормальність розподілу пилку проводили за допомогою тестів Колмогорова-Смірнова, Ліллієфорса та Шапіро-Уїлка.

В 2017 році палінація почалась не з середини березня, як зазвичай буває, а тільки з 7 квітня. Таке відхилення могли спричинити несприятливі екзогенні фактори, що впливають на старт палінації. Початок цвітіння припав на 7 квітня (5-й перцентиль), а кінець палінації було відмічено 1 травня (95-й перцентиль). Усередненим днем палінації стало 15 квітня. Дев'ятого квітня було зафіксовано максимальну кількість пилку цього виду у повітрі м. Запоріжжя – 352 зерна у кубометрі. Термін палінації склав 24 дні. Всього було визначено 1326 пилкових зерен берези. Стандартне відхилення становить 9,16656, коефіцієнт ексцесу – 0,42641±0,134282. Розподіл пилку має позитивну асиметрію 0,42641±0,134282. На рисунку 2 зображено середньодобову кількість пилку в повітрі міста Запоріжжя в 2017 році.

В 2018 році, як і в попередньому році, палінація почалась не з середини березня, а тільки з 7 квітня

(5-й перцентиль), кінець палінації було відмічено 17 червня (95 перцентиль). Усередненим днем палінації стало 22 квітня. 15-го квітня було зафіксовано максимальну кількість пилку цього виду у повітрі м. Запоріжжя – 248 зерен у кубометрі. Термін палінації склав 40 днів, що набагато більше, ніж в попередні роки. Всього було визначено 2656 пилкових зерен. Стандартне відхилення становить 12,42033, коефіцієнт ексцесу – 0,89442±0,094969. Розподіл пилку має позитивну асиметрію 1,218106±0,047503. На рисунку 3 зображено середньодобову кількість пилку в повітрі міста Запоріжжя в 2018 році.

В 2019 році палінація почалась також з 7 квітня (5-й перцентиль). Термін палінації склав 22 дні та завершився 29 квітня (95 перцентиль). Усередненим днем палінації стало 18 квітня. Найбільша кількість пилку у повітрі фіксувалась 9 квітня – 79 зерен та 12 квітня – теж 79 зерен, а максимальна кількість була визначена 25 квітня – 184 зерна. Всього було визначено значно меншу кількість пилкових зерен берези, ніж у попередні роки (801 зерна). Стандартне відхилення становить 7,87262, коефіцієнт ексцесу

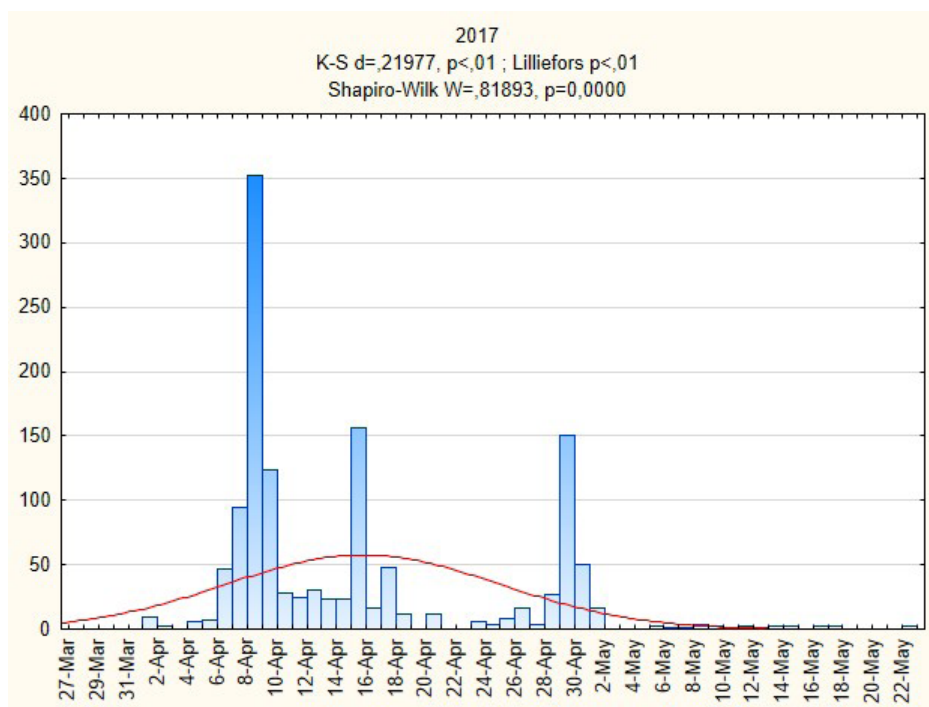


Рис. 2. Концентрація пилку берези в повітрі м. Запоріжжя (2017 рік)

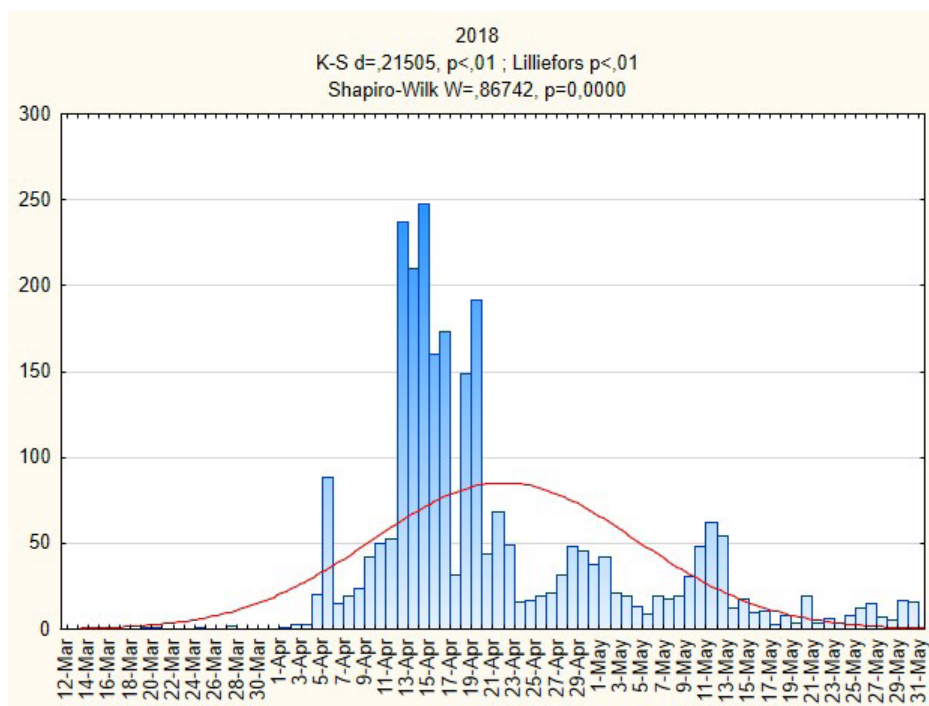


Рис. 3. Концентрація пилку берези в повітрі м. Запоріжжя (2018 рік)

-1,45739±0,172561. Розподіл пилку має негативну асиметрію -0,108660±0,086387. На рисунку 4 зображено середньодобову кількість пилку в повітрі міста Запоріжжя в 2019 році.

В 2020 році палінація почалась 16 березня (5-й перцентиль), а кінець палінації було відмічено 9 травня (95-й перцентиль). Усередненим днем палінації стало 11 квітня. 7-го квітня було зафіксовано

максимальну кількість пилку берези – 225 зерен у кубометрі. Термін палінації склав 54 дні. Всього було визначено 1959 пилкових зерен берези. Стандартне відхилення становить 0,298757, коефіцієнт ексцесу – 1,61891±0,110544. Розподіл пилку має позитивну асиметрію 0,114116±0,055300. На рисунку 5 зображено середньодобову кількість пилку в повітрі міста Запоріжжя в 2020 році.

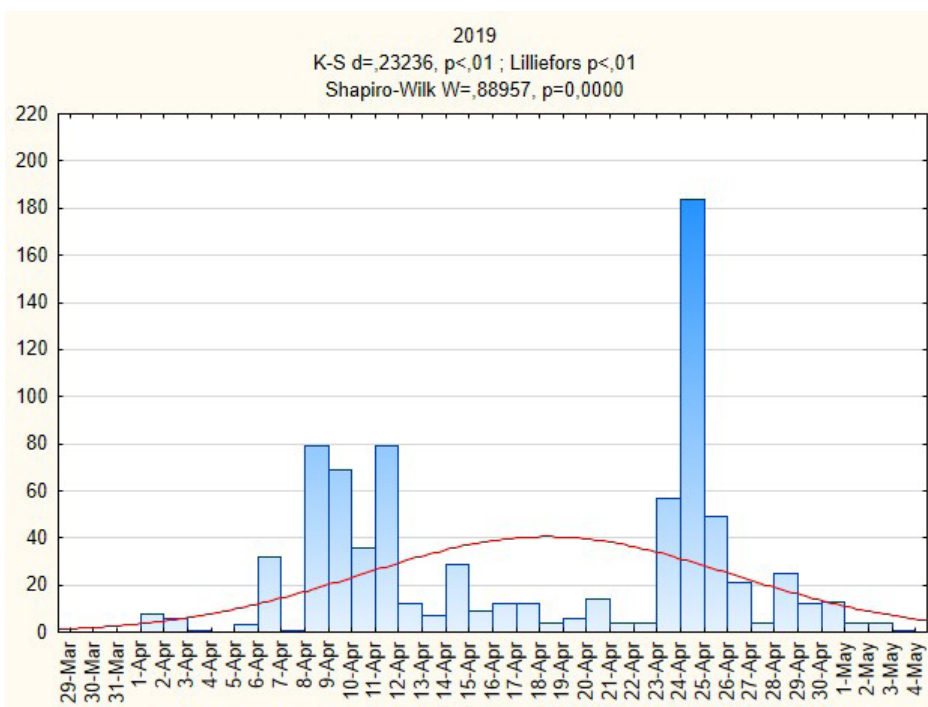


Рис. 4. Концентрація пилку берези в повітрі м. Запоріжжя (2019 рік)

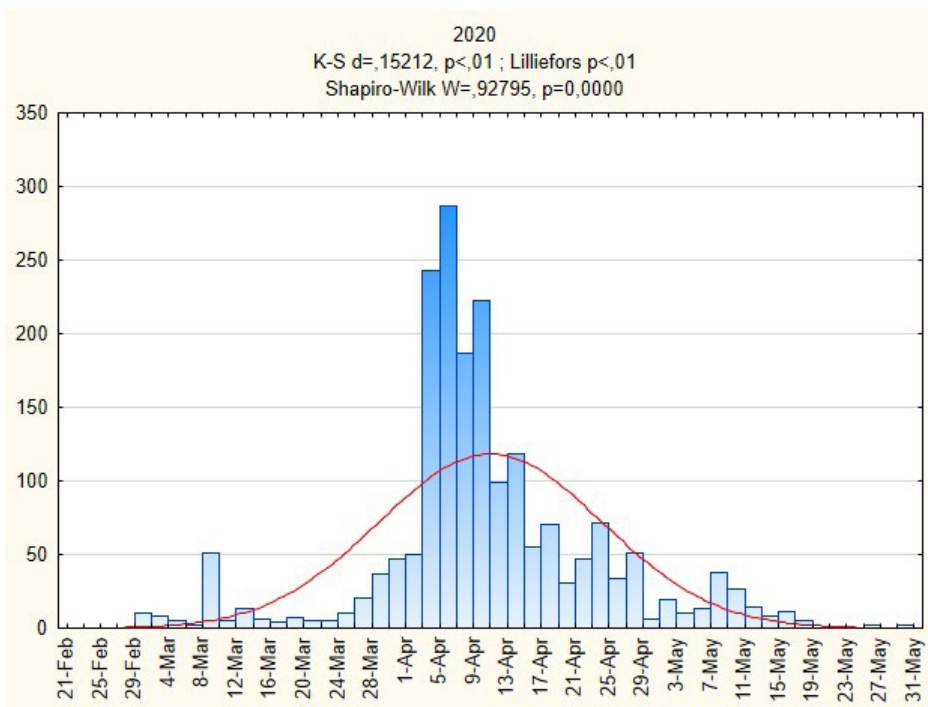


Рис. 5. Концентрація пилку берези в повітрі м. Запоріжжя (2020 рік)

В 2021 році палінація почалась з 19 квітня. Термін палінації склав 21 день та завершився 10 травня (95-й перцентиль). Усередненим днем палінації стало 23 квітня. Максимальна кількість пилку у повітрі була визначена 21 квітня – 714 зерен. Всього було визначено 1736 пилкових зерен берези. Стандартне відхилення становить

7,86264, коефіцієнт ексцесу – 10,3224±0,117411. Розподіл пилку має позитивну асиметрію 0,025043±0,058739. На рисунку 6 зображено середньодобову кількість пилку в повітрі міста Запоріжжя в 2021 році.

Головні висновки. За 5 років спостережень було накопичено матеріал, який дозволяє виявити певні

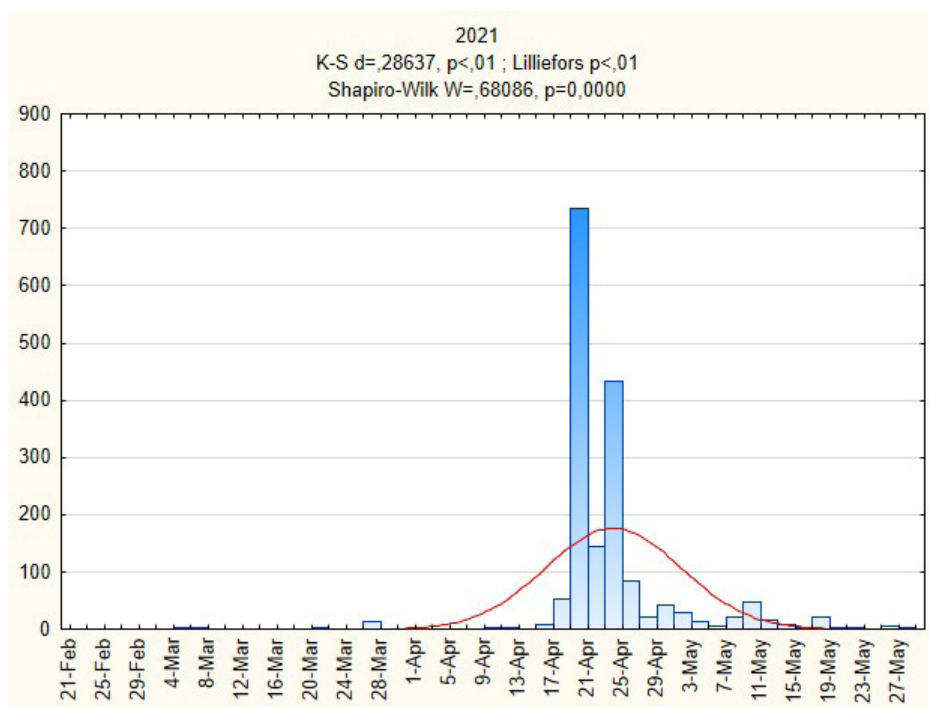


Рис. 6. Концентрація пилку берези в повітрі м. Запоріжжя (2021 рік)

закономірності розподілу пилку берези в повітрі за днями палинації. Це може слугувати базою для розробки прогнозування виникнення симптомів у чутливих пацієнтів.

Згідно з результатами п'ятирічних досліджень в Запоріжжі сезон пилкування берези починався на початку квітня (в 2020 – в березні) та тривав до травня. Термін палинації складав від 21 до 40 днів. Піки (від 184 до 714 пилкових зерен у кубометрі) та

сумарна кількість пилку (від 801 до 2656 пилкових зерен у кубометрі) з року в рік дуже відрізнялися.

Перспективи використання результатів дослідження. Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні факторів, що впливають на пилкування дерев роду *Betula*. Результати отриманих даних можуть бути використані для попередження населення про спалахи алергії або про загострення перебігу симптомів алергії в майбутньому.

Література

1. The analysis of *Betula* pollen season in Poland in 2019. K. Piotrowska-Weryszko et al. *Alergoprofil*. 2019. Vol. 15(3). P. 10–15. URL: <https://doi.org/10.24292/01.ap.153300919>
2. Maleeva, A., Prikhodko O. Analysis of features and asymmetry of ambrosia pollen daily distribution in air of Zaporozhye. *Sciencerise: Biological Science*. 2017. Vol. 4(7), P. 4–8. DOI: 10.15587/2519-8025.2017.108987 https://www.researchgate.net/publication/320252509_Analysis_of_features_and_asymmetry_of_ambrosia_pollen_daily_distribution_in_air_of_zaporozhye
3. Bartková-Ščevková, J. The influence of temperature, relative humidity and rainfall on the occurrence of pollen allergens (*Betula*, Poaceae, *Ambrosia artemisiifolia*) in the atmosphere of Bratislava (Slovakia). *International Journal Of Biometeorology*. 2003. Vol. 48(1). P. 1–5. DOI: 10.1007/s00484-003-0166-2 https://www.researchgate.net/publication/10808263_The_influence_of_temperature_relative_humidity_and_rainfall_on_the_occurrence_of_pollen_allergens_Betula_Poaceae_Ambrosia_artemisiifolia_in_the_atmosphere_of_Bratislava_Slovakia
4. Šikoparija, B., Marko, O., Panić, M., Jakovetić, D., Radišić, P. How to prepare a pollen calendar for forecasting daily pollen concentrations of *Ambrosia*, *Betula* and *Poaceae*?. *Aerobiologia*. 2018. Vol. 34(2). P. 203–217. DOI: 10.1007/s10453-018-9507-9 https://www.researchgate.net/publication/322663926_How_to_prepare_a_pollen_calendar_for_forecasting_daily_pollen_concentrations_of_Ambrosia_Betula_and_Poaceae
5. Biedermann, T., Winther, L., Till, S., Panzner, P., Knulst, A., Valovirta, E. Birch pollen allergy in Europe. *Allergy*. 2019. DOI: 10.1111/all.13758 https://www.researchgate.net/publication/331508120_Birch_Pollen_Allergy_in_Europe
6. Bergmann, K., Buters, J., Karatzas, K., Tasioulis, T., Werchan, B., Werchan, M., & Pfaar, O. The development of birch pollen seasons over 30 years in Munich, Germany—An EAACI Task Force report*. *Allergy*. 2020. Vol. 75(12). P. 3024–3026. DOI: 10.1111/all.14470 https://www.researchgate.net/publication/342400033_The_development_of_birch_pollen_seasons_over_30_years_in_Munich_Germany-An_EAACI_Task_Force_report
7. Biedermann T. Birch pollen allergy in Europe. *Allergy*. 2019. 74:1237–1248. URL: <https://doi.org/10.1111/all.13758>
8. Kremenska, L., Rodinkova, V., Bobrowska, O., Kriklyva, S., Toziuk, O., Yermishev, O., Kremenskij, O., Yascholt, A. Correspondence between tree pollen emissions sources and pollen content of the ambient air. *Aerobiologia*. 2019. Vol. 35(3). P. 511–521.

- DOI 10.1007/s10453-019-09579 https://www.researchgate.net/publication/332049211_Correspondence_between_tree_pollen_emissions_sources_and_pollen_content_of_the_ambient_air
9. Ščevková, J., Laffěrsová, J., Dušička, J., Tropeková, M. Variability in the Betula pollen concentrations in the atmosphere of six urban areas in Slovakia in 2018. *Alergoprofil*. 2020. Vol. 16(2). P. 21–24. DOI: 10.24292/01.AP.162250620 https://www.researchgate.net/publication/342614489_Variability_in_the_Betula_pollen_concentrations_in_the_atmosphere_of_six_urban_areas_in_Slovakia_in_2018
 10. Rodinkova, V., Kremenska, L., Palamarchuk, O., Motruk, I., Alexandrova, E., Dudarenko, O. et al. Seasonal changes in plant pollen concentrations over recent years in Vinnytsya, Central Ukraine. *Acta Agrobotanica*. 2018. Vol. 71(1). DOI: 10.5586/aa.1731 https://www.researchgate.net/publication/324117268_Seasonal_changes_in_plant_pollen_concentrations_over_recent_years_in_Vinnytsya_Central_Ukraine
 11. Kubik-Komar A, Piotrowska-Weryszko K, Kuna-Broniowska I, Weryszko-Chmielewska E, Kaszewski B. Analysis of changes in Betula pollen season start including the cycle of pollen concentration in atmospheric air. 2021. Vol. 16(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256466>
 12. Havrylenko K., The influence of agricultural land on the level of airborne Alternaria spores. *ScienceRise: Biological Science*. 2023. Vol. 3(36). P. 4–12. URL: <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2023.287424>