

РОЗДІЛ І. ДОСЛІДНИЦЬКІ СТАТТІ

УДК 574:504.054

DOI <https://doi.org/10.26661/2410-0943-2020-1-01>

Біоіндикаційна оцінка екологічного стану урбоекосистеми Івано-Франківська за допомогою показників якості пилку деревних видів

Мельниченко Г. М., Кімакович В. Є., Кириленко Я. О.

ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», Україна

gducthak@ukr.net

Ключові слова: рівень стерильності пилку, морфологічна різноманітність пилку, урбоекосистема Івано-Франківська.

У статті проаналізовано низку параметрів мікроспорогенезу за дії комплексу урбогенних чинників на прикладі доміантних деревних рослин міста. Показано зростання морфологічної різноманітності, збільшення частки стерильних та аномальних пилових зерен у пиловій культурі. Об'єктом дослідження обрано види *Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth. та *Salix alba* L., які широко представлені на території міста. Дослідження показали, що вплив урботехногенних чинників досліджуваної території має виражений гаметоцидний ефект, який проявляється депресивними змінами чоловічого гаметофіту деревних рослин: збільшенням частки безкромальних пилових зерен та підвищенням його морфологічної різноманітності. Максимальний рівень безкромальних пилових зерен притаманний для *Tilia cordata* Mill. Коефіцієнт стерильності пилку зазначеного виду у різних районах міста флукує в діапазоні 1,26 – 4,80. Достовірне зменшення лінійних розмірів чоловічого гаметофіту констатовано для *Tilia cordata* Mill. та *Betula pendula* Roth. Найвища морфологічна різноманітність пилку властива для *Salix alba* L. та *Tilia cordata* Mill. Частка карликових пилових зерен у різних районах міста коливається у межах 1,1% – 4,2% для *Salix alba* L. та 3,7% – 12,8% для *Tilia cordata* Mill.; гігантських – 2,5% – 10,2% і 2,4% – 8,5% відповідно. Забруднення повітряного басейну у центральній частині міста викидами автотранспорту індукує процеси порушення мікроспорогенезу, яке проявляється збільшенням частки стерильного і морфологічно-аномального пилку. Морфо-фізіологічні та цитологічні особливості пилових зерен слугують інформативними біоіндикаційними ознаками урботехногенного впливу. Найбільш перспективним видом для біоіндикаційної оцінки гаметоцидності середовища в умовах міста Івано-Франківська є *Tilia cordata* Mill.; найвищою резистентністю відзначається чоловічий гаметофіт *Salix alba* L.

Bioindication assessment of the ecological condition of Ivano-Frankivsk urboecosystem with the help of pollen quality indicators of some tree species

Melnychenko H. M., Kimakovych V. Ye., Kyrylenko Ya. O.

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ukraine

Key words: pollen sterility level, morphological diversity of pollen, urban ecosystem of Ivano-Frankivsk.

A number of parameters of microsporogenesis under the action of a complex of urbogenic factors on the example of dominant woody plants of the city are analyzed in the article. An increase in morphological diversity, an increase in the share of sterile and abnormal pollen grains in pollen culture is shown.

The objects of the study were *Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth. and *Salix alba* L., which are widely represented in the city. The researches have shown that the influence of urban factors on the study area has a pronounced gametocidal effect, which is manifested by depressive changes in the male gametocidal effect of woody plants: increasing the proportion of starchless pollen grains and increasing its morphological diversity. The maximum level of starchless pollen grains is characteristic of *Tilia cordata* Mill. The coefficient of sterility of pollen of this species in different parts of the city fluctuates in the range of 1.26-4.80. A trustworthy decrease in the linear size of the male gametophyte was observed for *Tilia cordata* Mill. and *Betula pendula* Roth. The highest morphological diversity of pollen is characteristic of *Salix alba* L. and *Tilia cordata* Mill. The share of dwarf pollen grains in different parts of the city ranges from 1.1% to 4.2% for willow and 3.7% to 12.8% for *Tilia cordata* Mill.; giant – 2.5% – 10.2% and 2.4% – 8.5%, respectively. Pollution of the air basin in the central part of the city by vehicle emissions induces the processes of violation of microsporogenesis which is manifested by an increase in the proportion of sterile and morphologically abnormal pollen. Morphological and physiological and cytological features of pollen grains serve as informative bioindication signs of urban and technogenic influence. The most promising species for bioindication assessment of gametocidity of the environment in the city of Ivano-Frankivsk is *Tilia cordata* Mill.; the male gametophyte *Salix alba* L. has the highest resistance. For increasing the informativeness of biomonitoring studies in the city of Ivano-Frankivsk, it is advisable to supplement them with such indicators of gametocidity of the environment as the level of sterility of pollen grains of *Tilia cordata* Mill. and *Betula pendula* Roth.; the degree of morphological diversity of pollen *Tilia cordata* Mill. and *Salix alba* L.

Вступ

Перспективним напрямом в індикації стану урбоекосистем та визначення мутагенної напруженості навколишнього середовища є дослідження репродуктивних структур вищих рослин, насамперед чоловічого гаметофіту¹⁻⁹. Як показали дослідження останніх років, пилкові зерна чутливі до забруднення. Зокрема, встановлено, що за дії промислових поллютантів відбуваються порушення морфогенезу, зміни окремих фізіолого-біохімічних характеристик, підвищення абортивності та зниження життєздатності пилку. За умов екологічного неблагополуччя рослини продукують велику кількість тератоморфних (потворних) і стерильних пилових зерен^{4, 8-9}.

Останнім часом спостерігається тенденція до доповнення традиційних фізико-хімічних методів оцінки екологічного стану урбоекосистем біоіндикаційними. Біоіндикаційні методи дозволяють визначити комплексну дію всіх забруднювачів, присутніх у об'єктах навколишнього середовища, є високочутливими і достатніми для адекватних оцінок¹⁻⁹.

Найбільш цінними біоіндикаційними властивостями характеризуються деревні рослини, які безпосередньо входять у комплекси озеленення міських вулиць. Унаслідок тривалої експозиції в антропогенно змінених умовах середовища існування вони здатні відображати хронічний вплив малих доз інгредієнтів промислових викидів, указувати на мутагенність середовища в реальному комплексі екологічних факторів^{2-4, 8}.

За спостереженнями В.П. Бессонової, урбопромислові забруднювачі не лише володіють загальнотоксичним впливом на біоту, а й здатні спричинювати так звані «віддалені

наслідки», зокрема проявляти гаметоцидну дію¹⁻². Тому перспективним підходом в індикації стану урбоекосистем та визначення мутагенної напруженості навколишнього середовища є дослідження репродуктивних структур вищих рослин, насамперед чоловічого гаметофіту.

А.І. Горова і співавтори³ запропонували власний методологічний підхід у цитогенетичній біоіндикації навколишнього середовища, на основі якого можна оцінити стан природних об'єктів за токсико-мутагенним фоном, що дає оцінку рівня загальної екологічної та генетичної небезпеки для людини та біоти. Для встановлення рівня токсико-мутагенної напруги середовища науковці використовують різницю між значеннями цитогенетичних показників у біоіндикаторів та аналогічними показниками в екологічно чистих районах. До основних критеріїв токсичності поряд з іншими вони відносять збільшення частоти зустрічності стерильних пилових зерен. На основі порівняльного аналізу стан території характеризують як сприятливий, конфліктний, критичний та небезпечний³.

О.Ф. Дзюбою⁴⁻⁵ запропонована методика паліноіндикації навколишнього середовища. Дослідник рекомендує аналізувати пилок за такими параметрами, як: розміри пилку, форма, кількість апертур, їх тип і характер розташування, товщина і кількість шарів спородерми, характер і тип скульптури спородерми, порушення симетрії пилку, а також обов'язкова фіксація аномальних пилових зерен, їх кількості.

На думку М.М. Миленкої⁷, під час біомоніторингових досліджень урбанізованих і техногенно-змінених екосистем на клітинному рівні необхідно досліджувати стан репродуктивних структур вищих судинних рослин, а саме частку безкрохмального та непророслого

пилку, довжину пилкових трубок, морфологічні аномалії пилкових зерен.

Т.В. Морозова⁸ здійснила різномірну біоіндикаційну оцінку слабко урбанізованих територій Чернівецької області. Біоіндикація на субклітинному рівні організації проводилась за низкою індексів: індексом безкрохмальних пилкових зерен, індексом хромосомних порушень та мікроядерним індексом.

З огляду на вищенаведене, останнім часом стрімкого розвитку набуває паліноіндикація. Комплексні паліноіндикаційні дослідження в урбоєкосистемі Івано-Франківська раніше не проводилися і мають фрагментарний характер, тому мета дослідження – оцінити стан пилку доміантних деревних видів: *Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth. та *Salix alba* L. в умовах урбанізованого середовища Івано-Франківська; вивчити перспективність використання таких показників, як рівень стерильності, середні розміри, відсоток аномальних пилкових зерен у практиці біоіндикаційних досліджень.

Матеріали та методи

Дослідження проводили у межах восьми ландшафтно-географічних районів поліфункціональної урбоєкосистеми Івано-Франківська (північного, північно-східного, північно-західного, західного, центрального, південного, південно-східного та східного). Під час визначення районів дослідження керувались генеральним планом забудови міста. Як контроль було вибрано умовно екологічно чисту територію – Галицький національний природний парк.

Об'єктом дослідження вибрано види *Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth. та *Salix alba* L., які широко представлені на території міста. Пилок відбирали з квіткових суцвіть у період масового цвітіння з підвітряного боку дерева з нижнього ярусу крони з гілок одного порядку галуження за стандартною методикою¹⁰. Для визначення впливу урботехногенного забруднення на стан чоловічого гаметофіту нами було проведено визначення рівня стерильності, середнього діаметру та відсотка аномальних пилкових зерен.

Кількість фертильних і стерильних пилкових зерен визначали на тимчасових давлених препаратах йодним методом за стандартною методикою¹⁰ по Граму. Морфологічну різноякісність оцінювали за частотою зустрічності гігантських та карликових пилкових зерен, що відповідно були в 1,3–1,5 рази більші чи менші за середню норму. Переглядали по 600–1000 зерен від однієї особини кожного виду, або 3000–5000 на досліджувану ділянку. Цитологічний аналіз проводили під мікроскопом Olympus CX-300, вимірювання здійснювали у разі збільшення

мікроскопа 400x використанням програмного продукту Quick PHOTO MICRO 2,3 for Windows.

Отримані результати опрацьовували загальноприйнятими варіаційно-статистичними методами; достовірність виявлених відмінностей між фоною та досліджуваними територіями визначали за t-критерієм Стюдента за 5-відсоткового рівня значущості α .

Результати

Результати проведених біоіндикаційних досліджень показали, що спонтанний рівень стерильних пилкових зерен *Tilia cordata* Mill. на фонівій території становив у середньому 2,90%, *Betula pendula* Roth. – 2,34%, *Salix alba* L. – 1,66%. Рівень індукованих безкрохмальних пилкових зерен збільшувався в декілька разів порівняно з контрольним варіантом (рис. 1). Так, максимальний рівень безкрохмальних пилкових зерен був виявлений для липи серцелистої. Зокрема, у центральному районі міста рівень стерильності пилку становив 13,93% (у 4,80 рази вищий порівняно з контролем), у північно-східному – 10,57% (рис. 2. А), що відповідає значенню $K_{\text{сн}} = 3,64$ (рис. 2. Б). Найнижчі значення $K_{\text{сн}}$ представників виду *Tilia cordata* Mill. відзначено у східному, західному, південному та південно-східному районах міста (1,34, 1,66, 1,63, 1,26 відповідно (рис. 2. Б)). Найвищий рівень стерильності чоловічого гаметофіту берези повислої також спостерігали у центральному районі міста, але він був нижчий, ніж у липи серцелистої на 5% і у 3,82 рази перевищував фонівий показник. Високий рівень безкрохмального пилку констатовано у північно-східному районі – 8,84%, що у 3,78 рази перевищував фонове значення (рис. 2. А). Мінімальна стерильність пилку берези відзначена в особині зі східного, західного та південного районів, коефіцієнт стерильності становив 1,37, 1,56 та 1,32 відповідно (рис. 2. Б). Рівень стерильності пилку верби білої коливався в діапазоні від 6,33% у центральному районі міста до 2,05% в південно-східному за фонівий значення – 1,66%. Низький рівень безкрохмального пилку також було відзначено на території східного (2,41%), західного (2,39%) та південного (2,11%) (рис. 2. А) районів.

Для більш повного визначення впливу техногенного забруднення на стан пилкових зерен нами було проведено визначення середніх діаметрів пилкових зерен. Розмір життєздатного пилку липи варіював від 28 до 52 мкм, верби – від 14 до 36 мкм (було зафіксовано декілька пилкових зерен розміром 44 мкм), берези – 14–30 мкм.

У межах урбоєкосистеми Івано-Франківська спостерігали зменшення середніх розмірів пилку *Tilia cordata* за рахунок збільшення кількості

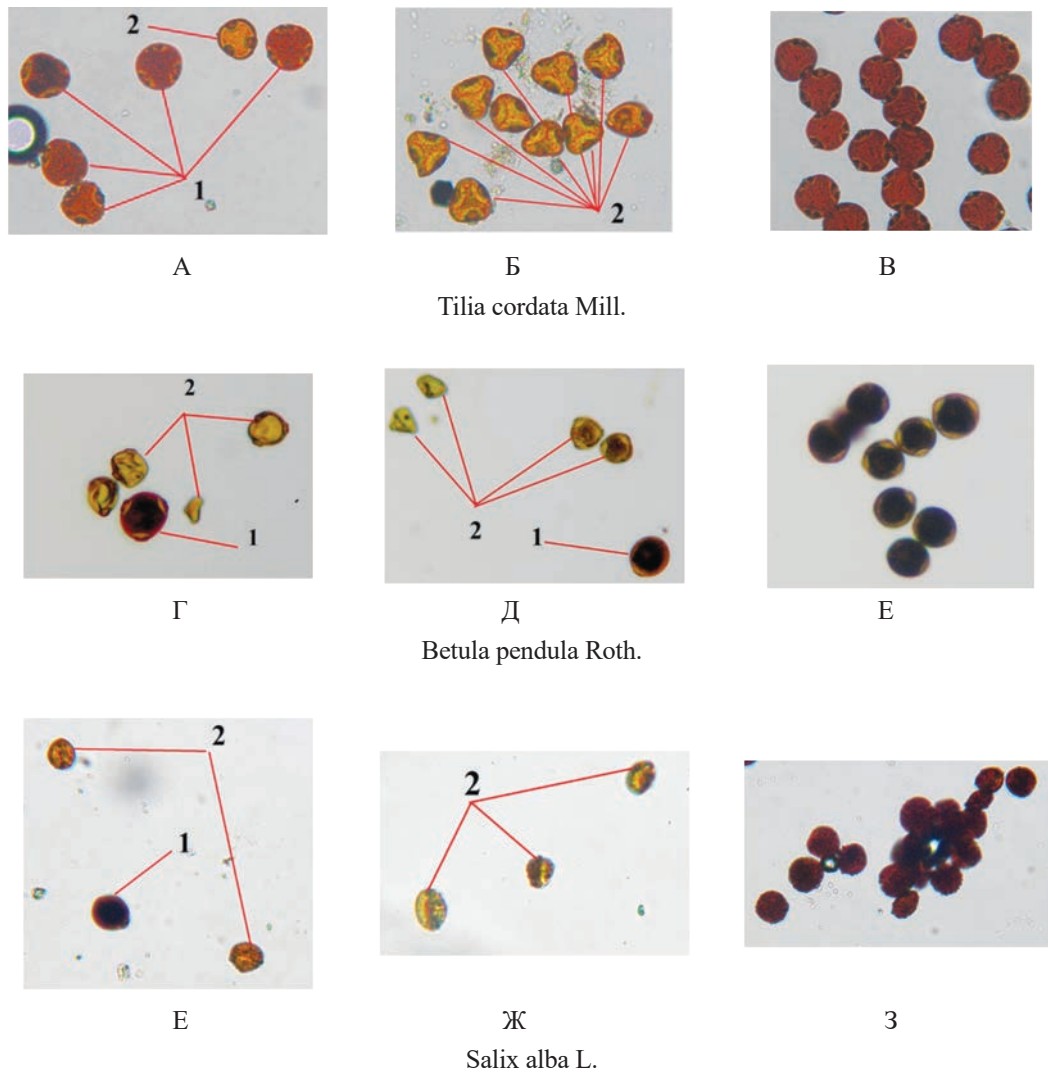


Рис. 1. Мікрофотографії пилкових зерен *Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth., *Salix alba* L. : А, Б, Г, Д, Є, Ж: 1 – Фертильний пилок, 2 – стерильний; В, Е, З – усі фертильні. Забарвлення: розчин йоду в йодистому калії (за Грамом). Збільшення: 400

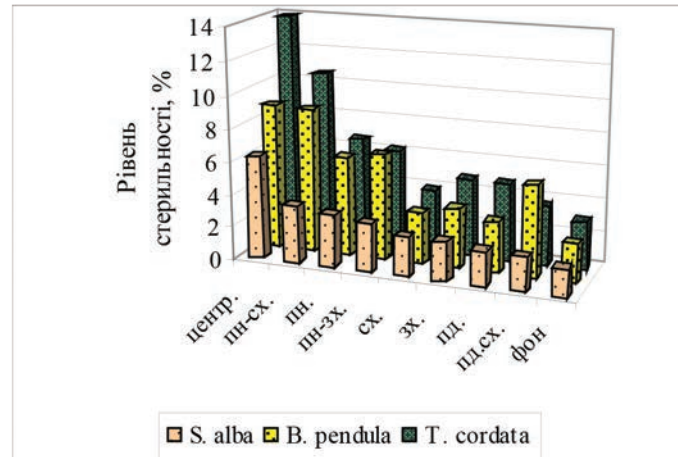
карликових пилкових зерен (за винятком південного району) (табл. 1). Для південного, південно-східного та західного районів міста різниця була статистично недостовірною. Для східного, північного, північно-східного та центрального районів міста фіксували зниження середнього діаметру пилкових зерен у середньому на 3 мкм порівняно із контролем. Зменшення середніх розмірів у межах вищезазначених районів міста супроводжується зростанням гетерогенної групової реакції (Сv, %). Зокрема, коефіцієнт варіації у центральному районі міста становив 15,90%, тоді як на фонівій території – 7,73%.

Зменшення лінійних розмірів пилку берези повисло порівняно з контролем спостерігали лише для центрального району міста, а для всіх інших різниця була статистично недостовірною (табл. 1). Коефіцієнт варіації коливався від 7,46%

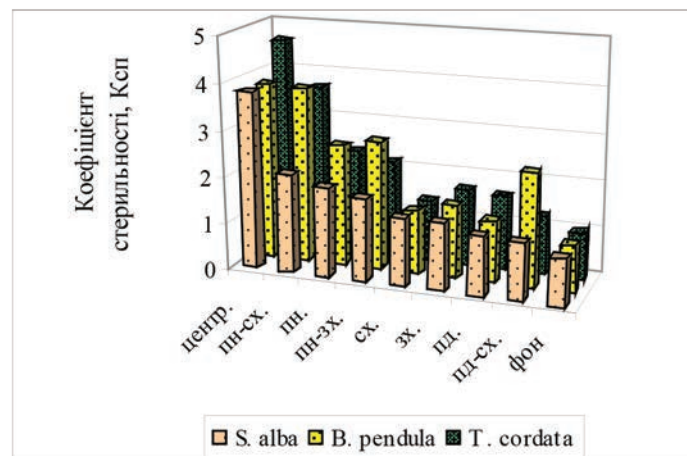
у західному районі до 11,58–13,08% у центральному та північно-східному за фонового значення – 6,24%.

Для верби білої констатували збільшення середніх розмірів пилку в центральному та північно-східному районах міста у середньому на 1,4 мкм за рахунок зростання частки гігантських пилкових зерен. У інших районах міста зміни середніх розмірів були статистично недостовірними (табл. 1). Для представників виду *Salix alba* L. зафіксовано найвищі, порівняно з іншими досліджуваними видами, коефіцієнти варіації (25,04% – у північному, 23,57% – у центральному та 24,58 – у північно-східному, за фонового – 10,71%).

Зростання морфологічної різноманітності пилку липи сердцелистої у різних районах урбоєкосистеми Івано-Франківська порівняно з фоновою територією відбувається в основному за рахунок



А



Б

Рис. 2. А. Рівень стерильності пилку (%); Б. Коефіцієнт стерильності пилку у різних районах урбоєкосистеми Івано-Франківська

збільшення кількості карликових пилкових зерен (рис. 3 А-Б). Відсоток карликових пилкових зерен варіював від 12,8% у центральному районі міста до 3,4% на фоновій території, а гігантського пилку – від 8,5% до 1,6%. Найменше пилку аномальних розмірів виявлено у південному та південно-східному районах міста (2,4 і 3,0% карликового та 3,7 і 4,5% гігантського відповідно) (рис. 4).

Для берези повислої фіксували найменшу кількість морфологічно-аномальних життєздатних пилкових зерен. Кількість карликового пилку була найвищою у центральному районі і становила 5,7% за фонові 1,3%, а гігантського – у північному (3,1%) (рис. 4). У північно-західному, південному та західному районах гігантського пилку, як і на фоновій території, не було виявлено. Для верби встановлено зворотну закономірність: зростання частки гігантського пилку в усіх районах міста за винятком південно-

східного (рис. 3 В-Г). У центральному районі частка гігантських пилкових зерен становила 10,2% за фонові 2,7%. Найменшу кількість гігантського пилку виявлено в південному та південно-східному районах (3,2 та 2,5%, відповідно) (рис. 4).

Обговорення

Отримані результати біоіндикаційних досліджень свідчать про низький рівень безкромхмальних пилкових зерен у представників досліджуваних видів, що ростуть на відносно чистій території. Збільшення відсотка безкромхмального пилку констатовано в умовах урбанізованого середовища м. Івано-Франківська. Це, очевидно, є наслідком впливу поллютантів на репродуктивні структури досліджуваних видів. Найменшу чутливість до впливу урбогенних факторів порівняно з *Tilia cordata* Mill. та *Betula pendula* Roth. проявляють представники виду *Salix alba* L.

Таблиця 1 – Середній діаметр пилоквіх зерен *Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth., *Salix alba* L.

Район дослідження	Діаметр пилку, мкм $M \pm m$		
	<i>T. cordata</i>	<i>B. pendula</i>	<i>S. alba</i>
Контроль	40,83±0,53	24,00±0,19	22,15±0,27
Південний	40,98±0,50	23,76±0,20	22,02±0,28
Південно-східний	39,52±0,65	24,11±0,22	21,86±0,32
Західний	39,42±0,70	23,64±0,21	22,71±0,44
Східний	39,02±0,64*	23,97±0,30	22,32±0,46
Північно-західний	38,50±0,70*	23,39±0,25	22,10±0,36
Північний	37,91±0,72*	23,32±0,31	23,13±0,60
Центральний	37,47±0,99*	23,13±0,31*	23,67±0,76*
Північно-східний	37,23±0,55*	22,69±0,48	23,51±0,60*

* – достовірна відмінність від контролю ($p < 0,05$)

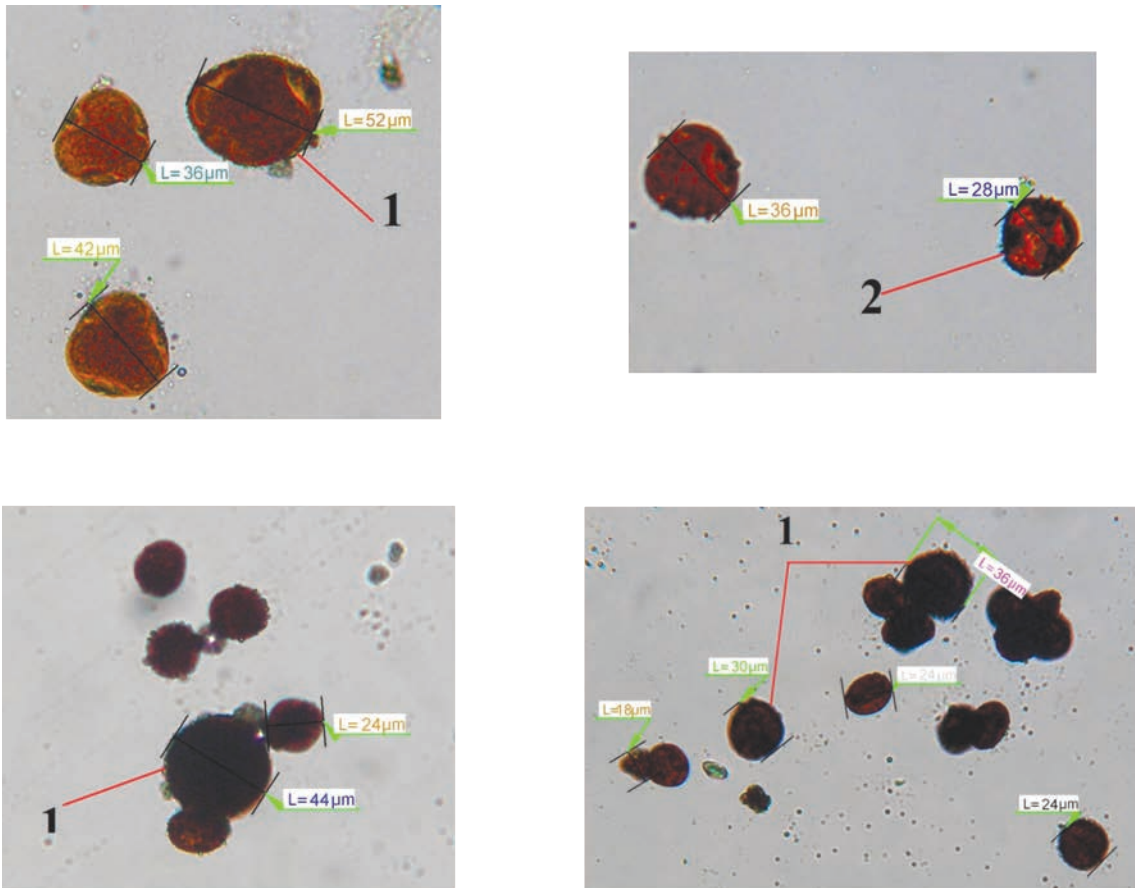


Рис. 3. Морфологічна різноманітність пилоквіх зерен *Tilia cordata* Mill. (А, Б) та *Salix alba* L. (Б, Г) в умовах урбоєкосистеми Івано-Франківська: 1 – гігантські пилокві зерна; 2 – карликове пилокві зерно

Зростання рівня стерильності пилку в умовах урбанізованого середовища підтверджується дослідженнями низки науковців. Зокрема, дослідженнями В.П. Бессонової² встановлено прямий зв'язок між рівнем забруднення і стерильністю пилку в урбоєкосистемі Запоріжжя. В усіх досліджуваних пилоквіх зернах 11 видів деревних рослин спо-

стерігали значно більший показник стерильності у моніторингових точках, ніж у контролі, і суттєві варіації цього показника. Також спостерігали позитивну кореляцію між зростанням частоти морфологічно аномальних ПЗ і рівнем забруднення.

Дослідженнями М.М. Миленко⁷ підтверджено зростання частки безкрохмального пилку в умовах

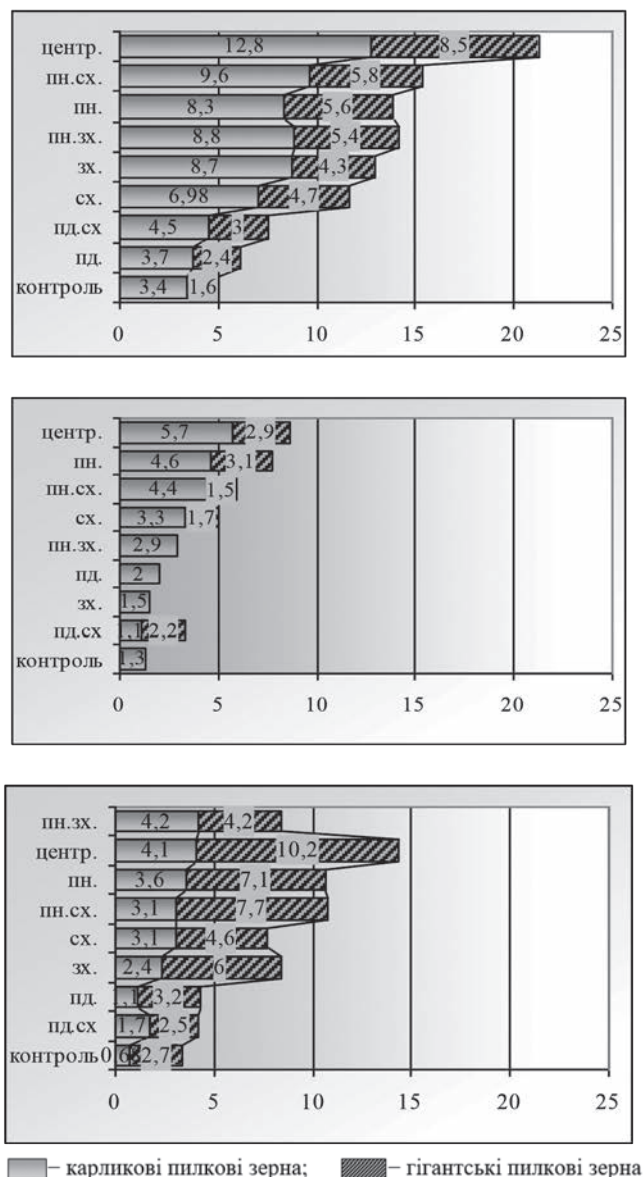


Рис. 4. Частота появи гігантських та карликових пилкових зерен *Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth., *Salix alba* L. у різних районах міста

Бурштинської урбоєкосистеми. Було виділено відмінні за рівнем токсико-мутагенної напруги зони. Найбільш чутливими до комплексу урботехногенних факторів виявились *Populus pyramidalis* Roz., *Tilia cordata* Mill. та *Betula pendula* Roth., які автор вважає найбільш перспективними для практики біоіндикаційних досліджень.

Т.В. Морозовою⁸ встановлено, що найбільш чутливим до сукупного рівня забруднення ґрунтів важкими металами є індекс безкрохмальних ПЗ *Ranunculus acris* L. Також було здійснено оцінку наслідків аеротехногенного забруднення навколишнього середовища промисловими викидами за їхнім гаметоцидним впливом на деревні рослини в умовах промислових зон м. Чернівці.

Проведені дослідження показали збільшення відсотка безкрохмальних ПЗ в умовах промислового забруднення довкілля.

У межах урбоєкосистеми Івано-Франківська також констатували зменшення середніх розмірів пилку *Tilia cordata* та *Betula pendula* за рахунок збільшення кількості карликових пилкових зерен. Зменшення середніх розмірів пилку *Tilia cordata* спостерігали у всіх районах міста за винятком південного району. Зменшення лінійних розмірів пилку берези повислої порівняно з контролем спостерігали лише для центрального району міста, а для всіх інших різниця була статистично недостовірною. На відмінну від липи серцелистої та берези повислої, для

верби білої констатували збільшення середніх розмірів пилку в центральному та північно-східному районах міста (у середньому на 1,4 мкм) за рахунок зростання частки гігантських пилкових зерен. Для берези повислої фіксували найменшу кількість морфологічно-аномальних життєздатних пилкових зерен.

Аналогічні зміни пилку під впливом факторів міського середовища спостерігала М.М. Миленька (в урбоєкосистемі Бурштина) та І.Й. Случик (в урбоєкосистемі Івано-Франківська)⁷, де поряд зі зниженням рівня фертильності пилку спостерігалося зменшення його середніх розмірів та зростання морфологічної різноманітності, що виражалося у збільшенні кількості карликових і гігантських пилкових зерен, що, відповідно, були в 1,5–2 рази менші чи в 1,3–1,5 рази більші за середнє значення.

Згідно з результатами проведених біоіндикаційних досліджень інтенсивність прояву гаметоцидного ефекту, зумовленого урботехногенними факторами, відрізняється у різних районах міста. Так, у центральному районі міста констатовано максимальне ушкодження чоловічого гаметофіту, що узгоджується із результатами проведеного екологічного моніторингу міста¹¹. Найбільшим забруднювачем атмосферного повітря в урбоєкосистемі Івано-Франківська є автомобільний транспорт, на який припадає близько 83% від сумарного забруднення. Найзабрудненіше повітря зафіксоване в центральній частині міста, що характеризується інтенсивним рухом автотранспорту¹¹ та найімовірніше індукуює процеси порушення мікроспорогенезу, що проявляється збільшенням частки стерильного і морфологічно-аномального пилку.

Достовірне збільшення показників стерильності та морфологічної різноманітності пил-

кових зерен досліджуваних деревних рослин у північно-східному та північному районах міста, ймовірно, пов'язане із дальнім аеропереносом забруднювачів, зокрема від Бурштинської ТЕС, ВАТ «Івано-Франківськцемент», фірми «Барва», які розташовані з підвітряного боку стосовно міста та відіграють значну роль у формуванні екологічної ситуації.

Висновки

Отже, вплив урботехногенних чинників досліджуваної території має виражений гаметоцидний ефект, який проявляється депресивними змінами чоловічого гаметофіту деревних рослин: збільшенням частки безкромальних пилкових зерен та підвищенням його морфологічної різноманітності. Послідовне зростання рівня ушкодження чоловічого гаметофіту у районах: фонові територія, південний, південно-східний, східний, західний, північно-західний, північний, північно-східний, центральний, свідчить про зростання антропогенного навантаження цих екотопів.

Морфо-фізіологічні та цитологічні особливості пилкових зерен слугують інформативними біоіндикаційними ознаками урботехногенного впливу. Найбільш перспективним видом для біоіндикаційної оцінки гаметоцидності середовища в умовах міста Івано-Франківська є *Tilia cordata* Mill.; найвищою резистентністю відзначається чоловічий гаметофіт *Salix alba* L. Для підвищення інформативності біомоніторингових досліджень у місті Івано-Франківську доцільним є їх доповнення такими показниками гаметоцидності середовища, як рівень стерильності пилкових зерен *Tilia cordata* Mill. та *Betula pendula* Roth., ступінь морфологічної різноманітності пилку *Tilia cordata* Mill. та *Salix alba* L.

Література

- (1) Бессонова, В.П.; Лыженко, И.И. Влияние загрязнения среды на прорастание и физиологическое состояние пыльцы некоторых древесных растений. *Ботан. Журн.* **1991**, 76, 1, 422–426.
- (2) Бессонова, В.П.; Бессонов, Е.П.; Зверковський, В.М. Оцінка стану пилку деревних рослин в урботехногенній екосистемі. *Питання біоіндикації та екології.* **2013**, 18, 1, 70–83.
- (3) Гороя, А.И.; Бобырь, Л.Ф.; Скворцова, Т.В. Методологические аспекты оценки мутагенного фона и генетического риска для человека и биоты от действия мутагенных экологических факторов. *Цитология и генетика.* **1996**, 30, 6, 78–86.
- (4) Дзюба, О.Ф. Палиноиндикация качества окружающей среды. Недра: Санкт-Петербург, **2006**.
- (5) Дзюба, О.Ф. Изучение пыльцы из поверхностных проб для оценки качества окружающей среды. *Нефтегазовая геология. Теория и практика.* **2006**, 1, 1–18.
- (6) Ибрагимова, Э.Э. Индикация загрязнения среды автотранспортными выбросами по их гаметоцидному действию на растения. *Матеріали міжнар. науково-практ. конф. «Сучасні наукові дослідження 2006».* Днепропетровск: Наука і освіта, 2006. Т. 18. С. 45–48.
- (7) Миленька, М.М. Життєздатність пилку деревних рослин як критерій якості навколишнього середовища. *Екологія та ноосферологія.* **2009**, 20, 181–187.
- (8) Морозова, Т.В. Рівнорівнева біоіндикаційна оцінка екологічного стану слабоурбанізованих селітебних територій Чернівецької області : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.16 «Екологія». Чернівці, 2005. 22 с.

- (9) Шевцова, Т.В.; Гаркава, К.Г.; Бриндза, Я.; Островський, Р.С.; Мотильова, М. Морфометрія пилоквих зерен берези бородавчастої як індикатор якості екостану. *Питання біоіндикації та екології*. **2014**, 19, 2, 121–138.
- (10) Руденко, С.С.; Костишин, С.С.; Морозова, Т.В. Загальна екологія: практичний курс. Навчальний посібник. Частина 1. Урбоекосистеми. Чернівці: Книги – XXI, **2008**, 342.
- (11) Головне управління статистики в Івано-Франківській області. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ifstat.gov.ua/>