

## ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ПИЛКУ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ЯК КРИТЕРІЙ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

*Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника*

Досліджено життєздатність пилку *Salix viminalis*, *Populus pyramidalis*, *Acer negundo*, *Betula pendula*, *Tilia cordata* та *Malus domestica* в антропогенно змінених умовах середовища існування. Установлено зниження інтенсивності проростання пилкових зерен та інгібування процесу формування пилкової трубки зазначених видів на досліджених ділянках порівняно з фонними. Обґрунтовано перспективність використання названих видів у практиці біоіндикаційних досліджень.

*Ключові слова:* гаметоцидний вплив, проростання пилку, пилкова трубка.

М. М. Mylen'ka

*Vasyl Stefanyk Precarpathian national university*

### VIABILITY OF THE POLLEN OF ARBOREAL PLANTS AS A CRITERIA FOR THE ENVIRONMENT QUALITY ESTIMATION

Viability of the pollen of *Salix viminalis*, *populus pyramidalis*, *acer negundo*, *betula pendula*, *tilia cordata* and *malus domestica*, in the anthropogenic changed environmental conditions were investigated. The decrease of an intensity of the germination of pollen grains and activity of an inhibition process of pollen tube forming was founded. The usage of the noted species in the bioindication researches proved to be perspective.

*Keywords:* gametocidal influence, germination of pollen, pollen tube.

Використання біологічних об'єктів як індикаторів забруднення навколишнього середовища є невід'ємною складовою організації державної системи моніторингу. При цьому цінні індикаторні властивості мають деревні рослини, які безпосередньо входять у комплекси озеленення підприємств та 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 (Бессонова, 1991, 1996; Гуськов, 1993; Случик, 1999).

Одним із найбільш перспективних підходів в індикації мутагенної напруженості навколишнього середовища є дослідження репродуктивних структур деревних рослин (насамперед чоловічого гаметофіту), які виявляють значну чутливість до впливу забруднювачів (Бессонова, 1991, 1996; Гороява, 1995, 1996). За дії промислових поллютантів відбуваються порушення морфогенезу пилку, зміни його окремих фізіолого-біохімічних характеристик, підвищення абортивності та зниження життєздатності, що виявляється в зменшенні інтенсивності проростання та пригніченні росту пилкових трубок (Бессонова, 1991; Третьякова, 1996, 2004).

Мета роботи – дослідити життєздатність пилку деревних рослин в антропогенно модифікованих умовах середовища існування; вивчити перспективність використання показників порушення мікроспорогенезу названих видів у практиці біоіндикаційних досліджень.

### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Дослідження проводились у весняний період 2008 року в межах урбоекосистеми монофункціонального типу, Бурштинської агломерації, сформованої на базі одного з найбільших промислових об'єктів західного регіону України – Бурштинської теплоелектростанції (БуТЕС), що знаходиться в Галицькому районі Івано-Франківської області.

За функціональною класифікацією урболандшафтів (Черваньов, 1994) для досліджуваної території сформовано моніторингову мережу, відповідно до якої виділено дослідні ділянки, що відносяться до промислової площадки підприємства (ППП) в зоні неорганізованих викидів БуТЕС (VII), придорожніх ділянок (VI), селітебних зон капітальної та індивідуальної забудови (V і IV відповідно), зелених міських насаджень (III) та аграрних зон (II). Як фонову обрано умовно чисту територію поблизу смт Рогатин, схожу за природно-кліматичними умовами (I). На зазначених дослідних ділянках здійснено оцінку гаметоцидного впливу комплексу чинників урботехногенної природи за показниками життєздатності пилку верби прутеподібної (*Salix viminalis* L.), тополі пірамідальної (*Populus pyramidalis* Roz.), клена ясенелистого (*Acer negundo* L.), берези повислої (*Betula pendula* Roth), липи дрібнолистої (*Tilia cordata* Mill) та яблуні домашньої (*Malus domestica* L.). Визначення видів проводили за «Определителем высших растений Украины» (1987).

Пилок відбирали з квіткових суцвіть у період масового цвітіння з підвітряного боку дерева з нижнього ярусу крони з гілок одного порядку галузження за стандартною методикою (Наказ МОЗ України від 13.03.07 р. № 116). Пророщування здійснювали в термостаті при  $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  на середовищі, що містить 1 % агар-агару та 15 % сахарози. Середовище наносили на предметне скло в чашки Петрі, на дні яких знаходився зволожений дистилатом фільтрувальний папір (Паушева, 1980). Для кожного виду визначали час від початку інкубації до моменту проростання пилку ( $t_0$ ), а також відсоток непророслих пилкових зерен по відношенню до їх загальної кількості та середні значення довжин пилкових трубок через часові інтервали  $2t_0$ ,  $3t_0$  та через добу від початку проростання. При цьому переглядали не менше 600 пилкових зерен у кожному варіанті.

Цитологічний аналіз проводили під мікроскопом Olympus CX-300 (збільшення 200x); вимірювання здійснювали при збільшенні мікроскопа 400x з використанням програмного продукту Quick PHOTO MICRO 2,3 for Windows.

Обчислення коефіцієнта стерильності пилку ( $K_{сп}$ ), показників пошкодження біоіндикаторів (ППБ) та районування дослідженої території за ступенем екологічної напруженості здійснювали за стандартними методиками (Горовая, 1995, 1996).

Отримані результати опрацьовували загальноприйнятими варіаційно-статистичними методами; достовірність виявлених відмінностей між фоновією та досліджуваними територіями визначали за t-критерієм Стьюдента при 5 відсотковому рівні значущості  $\alpha$  (Лакин, 1990).

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Проведені дослідження показали депресивні зміни життєздатності пилку деревних рослин в антропогенно порушених умовах середовища існування. Зокрема, для аналізованих видів (табл. 1) спостерігається інгібування процесу проростання пилку та зменшення довжини пилкових трубок на всіх досліджених ділянках урбоєкосистеми відносно відповідних їм фонових значень.

З представлених даних видно, що дія гаметоцидних факторів активізується в ряді досліджених урболандшафтів: аграрна зона міста > зелені міські насадження > зона індивідуальної забудови > зона капітальної забудови > придорожні ділянки. Максимальне пригнічення життєздатності пилку всіх досліджених рослин відмічено на території, що знаходиться безпосередньо в зоні неорганізованих викидів БуТЕС, основну частку яких складають оксиди сульфуру й нітрогену та вугільний пил. Спостерігається зростання гетерогенності групової реакції рослин ( $C_v$ ), що є додатковим свідченням напруги адаптаційного процесу в зазначеному ряді досліджених ділянок (Случик, 1999).

Для рослин-індикаторів із різних функціональних зон Бурштинської агломерації характерною є значна відмінність в інтенсивності проростання пилкових зерен (рис. 1). Так, максимальна частка пилку рослин із фонові території проростає за часовий інтервал до  $2t_0$ . У ряді досліджених ділянок I > II > III > IV > V > VI > VII зростає відсоткова частка пилкових зерен, що проросли в часовому інтервалі  $2t_0 - 24$  години. Ця закономірність є найбільш вираженою в таких видів, як *P. pyramidalis*, *T. cordata* та *B. pendula*, найменш – у *S. viminalis*.

Таблиця 1

**Показники життєздатності пилку деревних рослин на ділянках  
різного функціонального призначення в межах Бурштинської агломерації**

Вид-індикатор	Дослідна ділянка	2t <sub>0</sub>		3t <sub>0</sub>		24 години		Кс.п.
		Непророслі пилкові зерна, %	Довжина пилкових трубок, мкм (±m)	Непророслі пилкові зерна, %	Довжина пилкових трубок, мкм (±m)	Непророслі пилкові зерна, %	Довжина пилкових трубок, мкм (±m)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>P. pyramidalis</i>	I	12,6±0,51	92,3±0,19 Cv = 3,50%	7,8±0,37	174,2±1,88 Cv = 12,00%	7,2±0,19	320,3±2,07 Cv = 12,80%	1,00
	II	37,0±0,71*	79,1±0,27* Cv = 6,50%	20,4±0,51*	149,3±2,07* Cv = 12,80%	14,7±0,22*	281,8±2,17* Cv = 15,6%	2,04
	III	48,4±0,68*	61,5±0,40* Cv = 7,40%	28,2±0,37*	115,07±2,00* Cv = 15,10%	18,9±0,26*	205,0±2,81* Cv = 18,70%	2,63
	IV	76,6±0,51*	49,8±0,38* Cv = 8,80%	52,0±0,71*	99,5±3,42* Cv = 16,80%	24,6±0,51*	179,3±4,06* Cv = 20,20%	3,42
	V	84,6±0,60*	45,4±0,47* Cv = 9,70%	68,6±0,87*	87,1±4,25* Cv = 17,10%	26,6±0,39*	153,7±5,17* Cv = 22,4%	3,69
	VI	91,±0,45*	38,09±0,63* Cv = 15,00%	77,6±0,68*	74,6±6,04* Cv = 23,20%	48,2±0,46*	147,3±5,87* Cv = 26,1%	6,69
	VII	97,8±0,73*	29,3±0,48* Cv = 15,60%	95,2±0,49*	62,2±5,23* Cv = 24,80%	81,0±0,49*	128,1±6,42* Cv = 30,80%	11,25
<i>T. cordata</i>	I	15,4±0,51	76,3±0,87 Cv = 2,16%	7,8±0,36	191,43±8,67 Cv = 6,78%	5,8±0,37	409,6±4,90 Cv = 11,34%	1,00
	II	30,8±0,86*	65,8±1,88* Cv = 3,71%	17,2±0,58*	163,0±9,05* Cv = 7,19%	9,0±0,55*	374,0±8,64* Cv = 16,05%	1,55
	III	43,8±1,07*	53,9±2,07* Cv = 4,05%	26,2±0,58*	124,1±9,55* Cv = 8,14%	11,0±0,71*	279,6±9,70* Cv = 18,05%	1,90
	IV	50,4±1,33*	43,4±1,87* Cv = 6,27%	33,8±0,86*	110,6±6,84* Cv = 9,87%	13,0±0,71*	240,4±10,15* Cv = 19,73%	2,24
	V	56,2±1,02*	39,5±3,64* Cv = 6,85%	42,0±0,95*	95,7±9,11* Cv = 10,14%	16,0±0,95*	213,7±11,17* Cv = 22,34%	2,76
	VI	71,8±1,24*	31,6±3,15* Cv = 10,19%	60,8±1,16*	88,6±7,46* Cv = 15,48%	26,0±1,00*	204,8±12,84* Cv = 25,07%	4,48
	VII	79,2±1,39	26,3±3,17* Cv = 12,48%	70,6±1,08*	70,9±6,84* Cv = 22,63%	30,0±1,14*	178,1±13,07* Cv = 28,08%	5,17
<i>B. pendula</i>	I	27,0±0,34	62,0±1,88 Cv = 5,04%	16,2±0,37	124,9±6,80 Cv = 8,37%	4,6±0,40	260,1±7,65 Cv = 13,40%	1,00
	II	38,4±0,66*	48,3± 3,47* Cv = 6,13%	26,6±0,51*	98,9±4,07* Cv = 9,14%	7,0±0,55*	228,5±7,07* Cv = 15,60%	1,52
	III	42,8±0,86*	42,2±3,04* Cv = 6,30%	28,8±0,80*	86,9± 4,32* Cv = 10,08%	9,0±0,84*	179,2± 7,81* Cv = 18,00%	1,96
	IV	52,6±0,93*	38,4±2,84* Cv = 7,18%	33,0±0,89*	78,7±3,10* Cv = 14,26%	11,4±0,68*	161,2±7,96* Cv = 22,40%	2,48
	V	57,8±0,86*	33,5±3,10* Cv = 9,67%	42,0±0,95*	70,6± 3,58* Cv = 18,00%	13,4±0,93*	144,5± 8,05* Cv = 28,6%	2,91

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	VI	70,2±0,97*	31,0±2,90* Cv=10,11%	50,8±0,93*	62,4±4,81* Cv=21,74%	17,0±0,71*	127,2±8,67* Cv=31,15%	3,70
	VII	80,64±1,03	24,8±2,7* Cv=12,48%	51,6±1,16*	54,3±6,20* Cv=26,74%	23,6±0,98*	115,6±8,10* Cv=33,48%	5,13
<i>A. negundo</i>	I	11,0±0,63	96,9±2,17 Cv=4,75%	8,2±0,37	165,4±3,90 Cv=7,47	4,4±0,24	336,7±10,07 Cv=12,45%	1
	II	28,8±0,86*	88,3±3,04* Cv=5,87%	13,6±0,81*	160,3±4,08 Cv=9,84%	5,4±0,51	325,8±9,78 Cv=15,60	1,23
	III	35,8±0,80*	82,7±3,75* Cv=6,30%	18,0±0,71*	144,8±5,17* Cv=12,08%	8,4±0,51*	314,1±9,60 Cv=17,08	1,90
	IV	39,6±0,93*	74,1±4,10* Cv=7,18%	21,8±0,86*	130,1±6,90* Cv=14,67%	9,2±0,58*	262,8±8,76* Cv=19,49%	2,09
	V	42,0±0,71*	68,4±3,80* Cv=8,47%	24,0±1,05*	121,9±7,13* Cv=18,40%	11,0±0,71*	244,9±7,14* Cv=23,11	2,50
	VI	56,2±0,86*	63,7±3,10* Cv=9,69%	31,0±0,71*	113,7±7,90* Cv=24,67%	15,8±0,66*	232,4±8,08* Cv=26,42%	3,60
	VII	60,6±1,29*	57,0±4,08* Cv=10,34	38,2±0,86*	103,4±8,24 Cv=25,08%	19,6±0,81	214,2±9,40* Cv=28,67%	4,45
<i>M. domestica</i>	I	11,2±,58	101,4±3,08 Cv=4,65%	8,6±0,51	244,8±5,07 Cv=7,05%	4,0±0,45	467,0±9,43 Cv=11,90%	1,00
	II	25,2±0,86*	97,8±2,81 Cv=4,27%	12,8±0,86*	241,0±6,81 Cv=8,47%	4,4±0,51	458,8±10,08 Cv=13,42%	1,10
	III	32,0±0,71*	90,1±5,64* Cv=7,18%	15,0±0,71*	237,3±9,14 Cv=9,08%	6,4±0,51*	451,4±12,3 Cv=16,08%	1,60
	IV	35,4±0,93*	84,7±6,40* Cv=8,46%	19,6±0,93*	233,5±9,41* Cv=12,67%	8,0±0,71*	436,7±12,70* Cv=17,67%	2,00
	V	37,4±0,81*	72,4±5,10 Cv=9,08%	21,6±0,93*	226,0±10,41 Cv=14,00%	9,0±0,84*	429,4±12,87 Cv=19,40%	2,25
	VI	42,0±0,71*	63,7±6,08 Cv=9,27%	27,6±1,21*	216,5±12,08 Cv=15,40%	13,2±0,66*	408,7±12,08* Cv=21,05%	3,30
	VII	54,0±1,14*	57,4±7,43 Cv=10,11%	34,4±0,98*	88,3±12,47 Cv=19,67%	16,5±1,17*	367,0±14,67* Cv=24,87%	4,15
<i>S. viminalis</i>	I	22,0±0,71	112,2±2,17 Cv=3,50%	9,0±0,32	149,0±4,20 Cv=6,40%	3,2±0,37	265,4±6,20 Cv=10,40%	1,00
	II	26,4±0,75*	108,0±2,08 Cv=4,08%	11,2±0,58*	145,5±5,17 Cv=8,96%	3,4±0,51	260,1±8,17 Cv=11,20%	1,06
	III	29,2±0,58*	103,8±1,87* Cv=5,26%	13,0±0,71*	139,8±6,08 Cv=10,08%	4,8±0,58*	254,8±6,15 Cv=15,08	1,50
	IV	30,8±0,86*	99,7±1,65* Cv=6,18%	14,4±0,87*	131,8±7,08* Cv=11,40%	6,2±0,58*	243,5±9,08* Cv=17,67%	1,94
	V	33,0±0,84*	95,6±1,78* Cv=7,47%	17,0±0,84*	119,5±7,65* Cv=13,64%	6,8±0,66*	232,2±7,15* Cv=19,40%	2,13
	VI	37,0±0,89*	91,4±2,42* Cv=8,69%	20,2±1,07*	106,1±7,48* Cv=14,08	10,0±0,71*	223,0±6,15* Cv=20,17%	3,13
	VII	41,0±1,41*	83,1±3,67* Cv=9,11%	24,4±1,29	94,6±8,81* Cv=15,08	11,6±0,68*	212,3±8,17* Cv=23,08%	3,63

\* Відмінності статистично достовірні порівняно з контролем (I).

Здійснено порівняльну оцінку часових значень початку проростання пілкових зерен досліджуваних видів із різних функціональних зон урбоєкосистеми (рис. 2). Відмічено послідовне достовірне зростання даного показника в ряді дослідних ділянок II> III> IV> V> VI> VII для *P. pyramidalis*, *T. cordata*, *B. pendula*, *A. negundo* та *Malus domestica*. Час початку проростання пілку *S. viminalis* достовірно відмінний від аналогічного фоновий показника на ділянках V, VI та VII. На інших досліджених ділянках для цього виду хоч і відмічено зростання абсолютних значень даного показника, проте без статистичної достовірності.

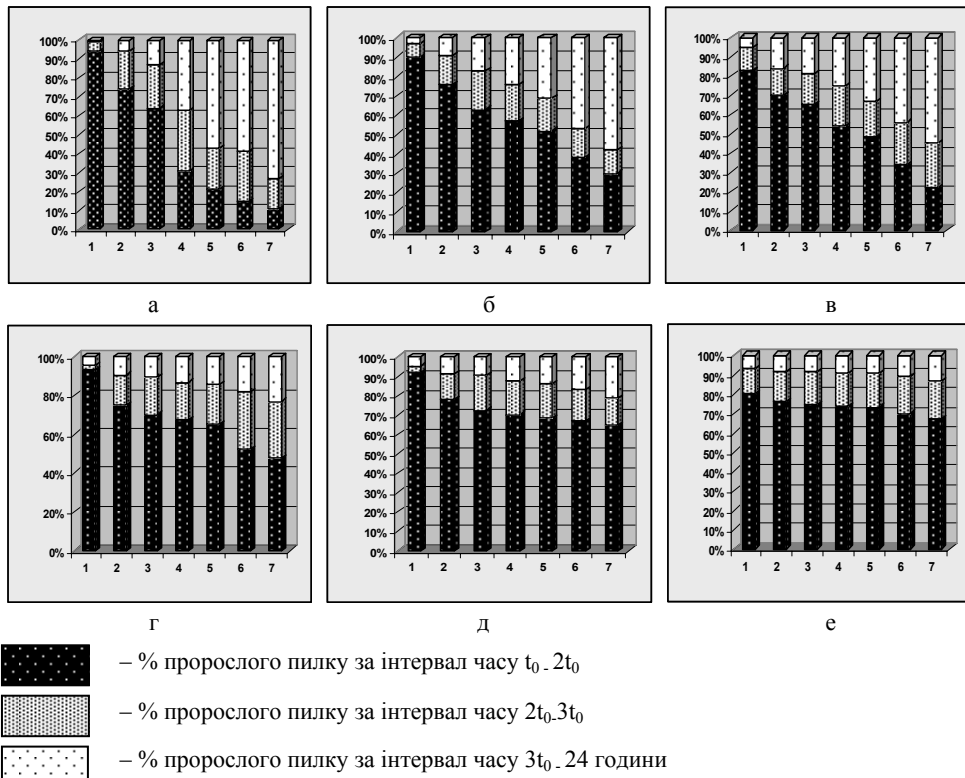


Рис. 1. Відсоткова частка пророслих на кожному з часових інтервалів пилкових зерен:  
 а – *Populus pyramidalis*; б – *Tilia cordata*; в – *Betula pendula*; г – *Acer negundo*;  
 д – *Malus domestica*; е – *Salix viminalis*.

Рівень стерильності пилку рослин-біоіндикаторів не лише характеризує загальну токсичність навколишнього середовища, а й опосередковано відображає інтенсивність мутагенної напруги (Куриный, 1983; Бондарь, 1990; Горовая, 1996). Таким чином, можна дати оцінку ступеня екогенетичної трансформації дослідженої території (табл. 2).

Таблиця 2

Показники генетичної напругеності досліджуваної території

Досліджена ділянка	Інтегральні показники пошкодження біоіндикатора (ІППБ)						Екологічний стан території (за найчутливішим видом)
	<i>Populus pyramidalis</i>	<i>Tilia cordata</i>	<i>Betula pendula</i>	<i>Acer negundo</i>	<i>Malus domestica</i>	<i>Salix viminalis</i>	
I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Сприятливий
II	0,17	0,15	0,14	0,10	0,10	0,09	Насторожуючий
III	0,35	0,31	0,27	0,20	0,19	0,16	Конфліктний
IV	0,44	0,43	0,34	0,39	0,31	0,25	Конфліктний
V	0,51	0,49	0,40	0,48	0,37	0,45	Загрозливий
VI	0,68	0,57	0,51	0,59	0,56	0,50	Критичний
VII	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Небезпечний

Небезпечною можна вважати екологічну ситуацію на території неорганізованих викидів БуТЕС, критичною – на придорожніх ділянках, загрозливою – у зоні капітальної забудови. Як конфліктні характеризуються зони індивідуальної забудови та зелених міських насаджень. Насторожуючий екологічний стан – в аграрній міській зоні.

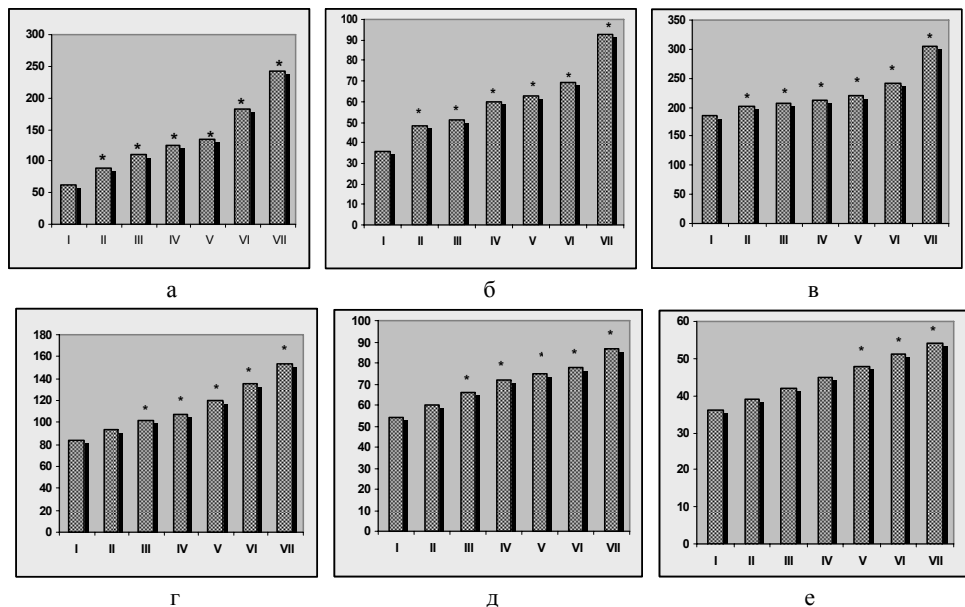


Рис. 2. Час початку проростання пилкових зерен:

а – *Populus pyramidalis*; б – *Tilia cordat*; в – *Betula pendula*; г – *Acer negundo*;  
 д – *Malus domestica*; е – *Salix viminalis*.

\* Відмінності статистично достовірні порівняно із контролем (I).

Виходячи із значень ІППБ, можна стверджувати, що найбільшою чутливістю до факторів урботехногенного походження характеризується чоловічий гаметофіт *Populus pyramidalis*, найменш чутливим є *Salix viminalis*.

Перспективою продовження даних досліджень є здійснення багаторівневої біоіндикаційної оцінки урбанізованих територій з використанням зазначених видів.

## ВИСНОВКИ

У межах Бурштинської міської агломерації наявні антропогенні фактори з вираженим гаметоцидним впливом різної інтенсивності, яка залежить від функціонального призначення урболандшафтів.

Внаслідок впливу чинників урботехногенного походження в досліджених деревних рослин спостерігаються депресивні зміни життєздатності пилку (інгібування процесу формування пилкової трубки та зниження інтенсивності проростання пилкових зерен), які можуть слугувати індикаційними ознаками при здійсненні біомоніторингових досліджень урбанізованих територій.

Найбільш чутливими до комплексу урботехногенних факторів виявились *Populus pyramidalis* Roz., *Tilia cordata* Mill. та *Betula pendula* Roth., які можна вважати найбільш перспективними для практики біоіндикаційних досліджень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Бессонова В. П. Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами // Экология. – 1992. – № 4. – С. 45-50.
- Бессонова В. П. Использование цитогенетических критериев для оценки мутагенности промышленных поллютантов / В. П. Бессонова, З. В. Грицай, Т. И. Юсыпова // Цитология и генетика. – 1996. – Т. 30, № 5. – С. 70-76.
- Бессонова В. П. Влияние загрязнения среды на прорастание и физиологическое состояние пыльцы некоторых древесных растений / В. П. Бессонова, И. И. Лыженко // Ботан. журн. – 1991. – Т. 76, № 1. – С. 422-426.
- Горовая А. И. Методологические аспекты оценки мутагенного фона и генетического риска для человека и биоты от действия мутагенных экологических факторов / А. И. Горовая, Л. Ф. Бобырь, Т. В. Скворцова и др. // Цитология и генетика. – 1996. – Т. 30, № 6. – С. 78-86.

**Горовая А. И.** Цитогенетическая оценка мутагенного фона в промышленном Приднепровье / А. И. Горовая, В. М. Дигурко, Т. В. Скворцова // Цитология и генетика. – 1995. – Т. 29, № 5. – С. 16-22.

**Городская среда** Харькова: географический анализ загрязнения, самоочищения земель, возможные влияния на здоровье / Под ред. И. Г. Черванева. – Х., 1994. – 81с.

**Куриный А. И.** Индикация загрязнения окружающей среды пестицидами-мутагенами по их гаметоцидному действию на растения // Цитология и генетика. – 1983. – Т. 17, № 4. – С. 32-35.

**Лакин Г. Ф.** Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов. – 4-е изд. – М.: Высш. школа, 1990. – 350 с.

**Наказ МОЗ України** від 13.03.07 р. № 116 «Про затвердження Методичних рекомендацій «Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів».

**Определитель высших растений Украины** / АН УССР. Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного. – К.: Наук. думка, 1987. – 546 с.

**Паушева З. П.** Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1980. – 304 с.

**Случик І. Й.** Біоіндикація стану міського середовища за показниками генотоксичної та гаметоцидної дії поллютантів на деревні рослини / І. Й. Случик, В. М. Случик // Наук. вісник Львів. лісотехн. ун-ту. – 1999. – Вип. 9.8. – С. 130-133.

**Третьякова И. Н.** Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса / И. Н. Третьякова, Н. Е. Носкова // Экология. – 2004. – № 1. – С. 26-33.

*Надійшла до редколегії 19.11.08*