

УДК 504.064.36:502.5(25):576.356

**ЦИТОГЕНЕТИЧНА ОЦІНКА СТАНУ ҐРУНТІВ
БУРШТИНСЬКОЇ УРБООКОСИСТЕМИ****М. Миленька**

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
вул. Шевченка, 57, Івано-Франківськ 76000, Україна
e-mail: mulenka.m@gmail.com*

За допомогою модельної системи *Allium cepa* L. виявлено цитотоксичну і кластогенну здатність недиференційованих ґрунтових факторів досліджуваної території, що проявляється через інгібіцію проліферативної активності клітин та індукцію хромосомних аберацій. Дано оцінку ступеня фізико-хімічної трансформації ґрунтів у межах різнофункціональних урболандшафтів Бурштинської екосистеми за такими критеріями, як вміст рухомих форм важких металів (Pb, Cu, Fe, Ni, Cd, Zn) і кислотність. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між зміною цитогенетичних параметрів тест-об'єкта й аналізованими показниками якості ґрунту.

Ключові слова: ґрунт, важкі метали, кислотність, біотестування, урбоекосистема, мітотична активність, хромосомні аберації.

Важливим аспектом антропогенного впливу на довкілля є зміна його фізико-хімічних характеристик. Найбільшої трансформації зазнають едафотопи, що зумовлено високою катіонною поглинаючою здатністю ґрунтів [1, 16, 17, 19]. Одними з пріоритетних чинників забруднення довкілля урбанізованих і техногенно змінених територій є важкі метали, які потрапляють на поверхню ґрунту, головним чином, шляхом седиментації з нижніх шарів тропосфери [1, 22, 23, 26]. Зазначені поллютанти володіють не лише вираженою загальнотоксичною дією на живі організми [7, 11, 15, 30], але і мутагенною [2, 5, 6, 12, 15, 28-30, 32]. Інтенсивність такого впливу може залежати від синергічних чи антагоністичних ефектів, спричинених іншими показниками, зокрема кислотністю [1, 27]. При цьому ступінь ушкодження генетичного матеріалу біооб'єктів часто перебуває у тісній апроксимаційній залежності з параметрами стану середовища існування [18, 31].

Особливо актуальною проблема техногенної трансформації довкілля є в зоні впливу потужних промислових об'єктів, зокрема паливно-енергетичного комплексу. В межах західного регіону України таким об'єктом є Бурштинська теплоелектростанція (БуТЕС) [25, 26]. Проте на даному етапі дослідження екологічного стану території поблизу підприємства обмежується вивченням екогеохімічних показників [16, 17, 19, 26], що не дає змоги об'єктивно оцінити небезпеку впливу комплексу факторів різного походження на живі організми [7]. Фактично, поза увагою дослідників залишається Бурштинська урбоекосистема, екологічний стан якої визначається адитивним впливом урбо-і техногенних чинників [10, 22, 25, 26]. Поняття «урбоекосистема» трактуємо за М.А. Голубцем [8, 9].

Об'єктивну оцінку екологічної ситуації в межах зазначеної території можна дати на основі генетичного моніторингу, поєднуючи класичні фізико-хімічні методи досліджень з біотестуванням цито- і генотоксичності ґрунтів як акумуляторів сумарного забруднення біосфери.

Метою роботи було дати цитогенетичну оцінку ґрунтів у межах різнофункціональних урболандшафтів Бурштинської екосистеми за допомогою *Allium cepa* –тесту.

Для цього в межах досліджуваної території за функціональною класифікацією урболандшафтів [14] сформовано моніторингову мережу, відповідно до якої виділено дослідні ділянки, що належать до промислової площадки (ПП) в зоні неорганізованих викидів БуТЕС (VI), придорожніх ділянок (V), аграрних зон (I), селітебних зон капітальної та індивідуальної забудови (III і II і відповідно) і зелених міських насаджень (I). Як фонову – обрано умовно чисту територію, що лежить поза зоною задимлення БуТЕС, поблизу смт Рогатин, яка подібна за природно-кліматичними умовами (VII).

Відбір проб ґрунту здійснювали за методиками [20, 21] у відповідності до вимог державних стандартів № 17.04.3.01.83 та № 17.4.4.02.84 з урахуванням ґрунтових, ландшафтних і геоморфологічних особливостей території [26]. Зразки відбирали з верхнього п'ятисантиметрового горизонту, який має максимальну акумулюючу здатність, виконує функцію механічного (для твердих техногенних часток) і біохімічного сорбційного та хемосорбційного бар'єрів [1]. Для оцінки ступеня «металевого пресингу» на едафотопі досліджуваної території у ґрунтових зразках атомно-абсорбційним методом [3, 20] визначали вміст рухомих форм важких металів, які присутні у викидах БуТЕС [25]: плумбуму (Pb), купруму (Cu), цинку (Zn), феруму (Fe), нікелю (Ni) та кадмію (Cd). Також визначали кислотність (pH_{H_2O}) досліджених ґрунтових зразків [3]. Ступінь забруднення ґрунтів оцінювали за сумарним коефіцієнтом забруднення (K_z) [16].

Цитогенетичний ефект впливу антропогенних полютантів визначали за допомогою тест-системи 3–4-денних проростків *Allium cepa* L. У модельному експерименті насіння цибулі пророщували у стандартизованих умовах на гомогенізованих ґрунтових зразках досліджених зон урбоекосистеми та фоновій території. Негативним контролем слугувала дистильована вода [21].

Первинні корінці зрізали на стадії найвищої мітотичної активності (8–10 год ранку) та фіксували у суміші Кларка протягом 24 год, після чого проводили фарбування ацетокарміновим методом. З корінців готували давлені препарати загальноприйнятим методом [24].

Для встановлення цитотоксичності факторів довкілля визначали показник мітотичної активності меристематичних тканин (мітотичний індекс (MI)) [24]. Підрахунок аберацій (ХА) хромосом проводили ана-телофазним методом [21]. Паралельно визначали мікроядерний індекс (МЯІ) меристематичних клітин тест-об'єкта [24]. За результатами досліджень були обчислені умовні показники ушкодженості (УПУ) та проведена подальша інтегральна оцінка екологічного стану досліджених різнофункціональних зон Бурштинської урбоекосистеми. Для цього використовували формули 1–2 [21]:

$$УПУ_i = \frac{(P_{комф} - P_n)}{(P_{комф} - P_{крит})}, \quad (1)$$

де $УПУ_i$ – умовний показник ушкодженості біотестора за аналізованим цитогенетичним показником; i – аналізований цитогенетичний показник; $P_{комф}$ – комфортне (контрольне) значення аналізованого параметру біотестора; $P_{крит}$ – критичне значення параметру; P_n – значення параметру в кожному дослідному варіанті.

$$ІУПУ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n УПУ_i, \quad (2)$$

де ІУПУ – інтегральний умовний показник пошкодження біотестора.

При оцінці мутагенного фону територій використовували градацію, запропоновану А.І. Горovou [13].

Цитологічний аналіз проводили під мікроскопом Olympus CX-300 (збільшення 400x); мікрофотографування здійснювали за допомогою інтегрованої в мікроскоп фотонасадки Olympus SP – 500 UZ при збільшенні мікроскопа 1000x та програмного забезпечення Quick PHOTO MICRO 2,3 for Windows (Olympus).

Математичну обробку результатів проводили варіаційно-статистичним методом з подальшим, кореляційно-регресійним аналізом. Достовірність відмінності одержаних експериментальних даних із фоновими оцінювали за допомогою t-критерію Стьюдента при різних рівнях значення α (5, 1 та 0,1%) [18]. Нульову гіпотезу відкидали при $P \leq 0,05$. Всі розрахунки проводили за допомогою редактора MS Excel 2003 та програмного пакета Statistica 6.0.

Результати лабораторно-аналітичних досліджень ґрунтових зразків різнофункціональних зон Бурштинської урбоєкосистеми представлені на рис. 1 у вигляді модель-карт забруднення едафотопів. За їх допомогою графічно показано зміну концентрації кожного аналізованого політанта у ґрунтах досліджуваних зон міста відносно фонових значень, умовно прийнятих за одиницю.

Встановлено, що в межах урбоєкосистеми Бурштина спостерігається зміна концентрацій рухомих форм аналізованих важких металів порівняно з відповідними фоновими значеннями. Зокрема, в зоні комплексного озеленення м. Бурштин спостерігається статистично достовірне ($P < 0,01$) порівняно з фоновим зростання вмісту Pb, Cd, Fe та Ni відповідно у 2,33, 1,43, 1,8 та 1,31 разу.

У ґрунтах селітебних зон індивідуальної забудови спостерігається зростання ($P < 0,01$) вмісту всіх важких металів, окрім Zn, порівняно із фоном. Концентрація останнього за абсолютним значенням на 8% нижча від фонові, проте зазначена зміна є статистично недостовірною.

Ґрунти селітебних зон капітальної забудови характеризуються зростанням ($P < 0,001$) вмісту Pb, Fe і Cd у 2,9, 2,2 та 2,1 разу відповідно порівняно із фоном. Достовірно ($P < 0,01$) відмінними є також концентрації Ni (+56%) та Zn (-21%).

Для ґрунтів аграрної зони урбоєкосистеми Бурштина відзначено перевищення ($P < 0,001$) фонових концентрацій Cd у 5,6 разу, Pb – 5,1 та Cu – 3,2. Зниження концентрації Zn у 4,5 рази може бути наслідком антагоністичних зв'язків цього металу з халькофільними елементами, до яких належать і Cd, Pb та Cu [1].

У ґрунтах придорожніх ділянок міста максимально перевищують ($P < 0,001$) фоновий показник концентрації Pb (у 6,3 разу), Cu (у 4,2 разу) та Cd (у 4,1 разу), що може бути зумовлено автотранспортним забрудненням середовища. Відзначено дефіцит Zn, концентрація якого у 4 рази нижча ($P < 0,001$) від фонові.

У межах ПП БуТЕС спостерігається зміна кількісних співвідношень концентрацій важких металів у ґрунтах порівняно з відповідними фоновими значеннями. При цьому максимально збільшується ($P < 0,001$) вміст Pb, Cu, Fe та Cd, що може бути пов'язано зі систематичним забрудненням даної території неорганізованими викидами підприємства [25, 26].

У межах різнофункціональних зон Бурштинської урбоєкосистеми встановлено також зміну значень інтегрального показника забруднення ґрунтів (K_z). Для фонові території значення коефіцієнта K_z становить $1,5 \pm 0,09$. У межах урбоєкосистеми значення даного показника зростає ($P < 0,001$) у послідовному ряді: зелені міські насадження ($2,31 \pm 0,06$) < селітебна зона індивідуальної забудови ($2,44 \pm 0,02$) < селітебна зона капітальної забудови ($2,70 \pm 0,03$) < аграрна зона ($4,39 \pm 0,04$) < ПП БуТЕС ($4,37 \pm 0,03$) < придорожні ділянки ($4,85 \pm 0,04$).

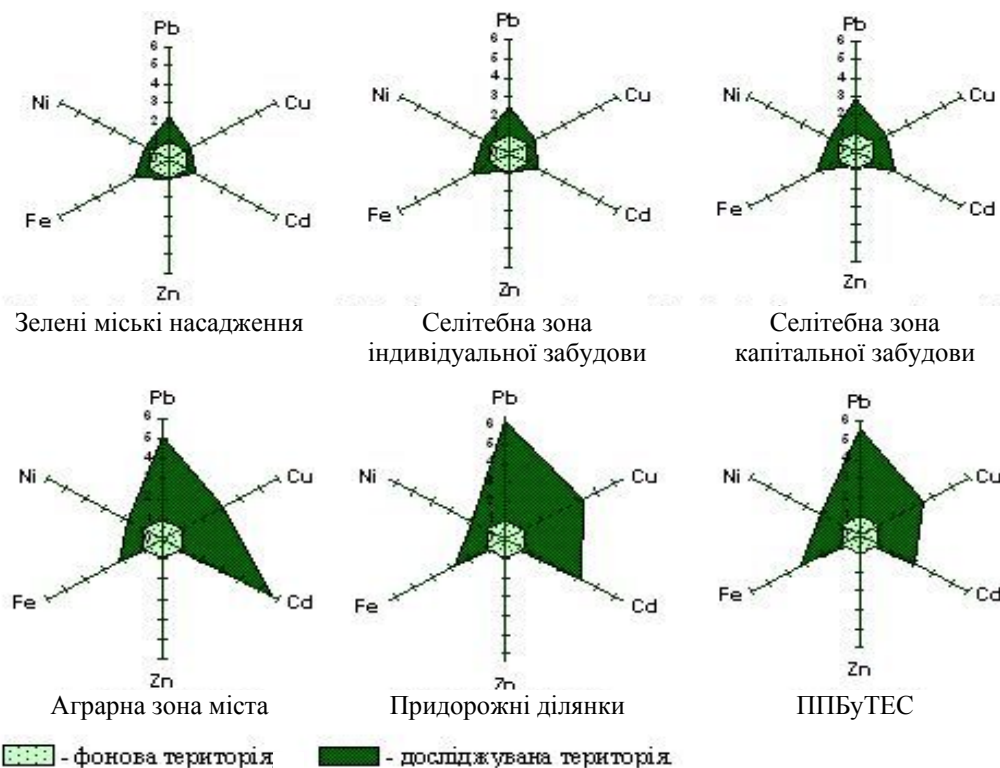


Рис. 1. Модель-карти забруднення ґрунтів різнофункціональних територій Бурштинської урбоєкосистеми важкими металами.

Характерною особливістю ґрунтів досліджуваної урбоєкосистеми є їхнє підкислення. Значення рН ґрунтового середовища на рівні 6,2–6,0 характерне для ґрунтів селітебних зон капітальної та індивідуальної забудови, зелених міських насаджень і придорожніх ділянок. Мінімальні значення рН ґрунтового середовища (5,8–5,5) мають місце в межах ПП БуТЕС і аграрної зони міста. Зміна рН ґрунтів Бурштинської урбоєкосистеми в напрямі кислої реакції може бути наслідком систематичного випадання в її межах кислотних опадів, зумовлених масштабним викидом «кислих газів» при експлуатації БуТЕС. Додаткове підкислення ґрунтів у межах певних зон міста, зокрема аграрної, може відбуватись під впливом урбогенних чинників.

Комплекс недиференційованих ґрунтових факторів Бурштинської урбоєкосистеми характеризується вираженим цитогенетичним ефектом, що засвідчують результати *Allium cepa* –тесту. При експонуванні тест-об'єкта на зразках ґрунту різнофункціональних зон Бурштина відзначено зниження проліферативної активності клітин, зростання частки аберантних ана-телофаз (рис. 2) і клітин із мікроядрами (рис. 3).

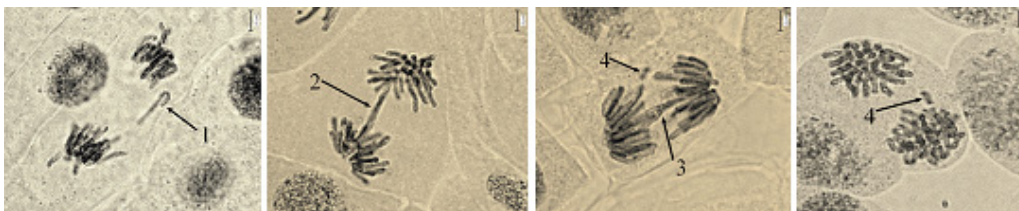


Рис. 2. Хромосомні аберації в ана-телофазних клітинах первинних корінців *Allium cepa* L. при експонуванні на ґрунтах урбоекосистеми Бурштина: 1 – відставання; 2 – хроматидний міст; 3 – хромосомний міст; 4 – парний та одиночний фрагменти. Заб.: ацетокармін. Мікрофото. Зб.: А-Г – 1000х.

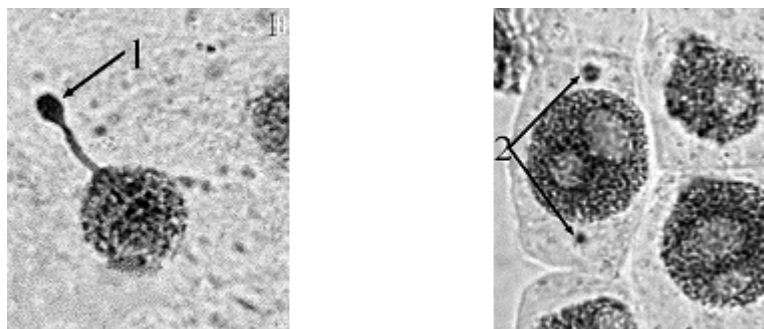


Рис. 3. Позануклеарні утворення в клітинах апікальної меристеми первинних корінців *Allium cepa* L. при експонуванні на ґрунтах урбоекосистеми Бурштина: 1 – формування мікроядра; 2 – сформовані мікроядра. Заб.: ацетокармін. Мікрофото. Зб.: А-Г – 1000х.

Таблиця 1

Облік цитогенетичних змін у меристемах первинних корінців *Allium cepa* L. при експонуванні їх на ґрунтах різнофункціональних територій Бурштинської урбоекосистеми та показники ушкодження біотестора: умовний (УПУ) та інтегральний (ІУПУ)

Функціональні урболандшафти	Мітотичний індекс, %	УПУ _{мі}	Рівень хромосомних аберацій, %	УПУ _{хл}	Мікроядерний індекс, %	УПУ-мя	ІУПУ	Оцінка мутагенного фону територій (за А.І. Горовою [13])
I	28,31±0,20 ^б	0,29	2,18±0,11 ^б	0,26	6,78±0,09 ^б	0,15	0,23	Насторожуючий
II	24,59±0,18 ^б	0,44	2,71±0,10 ^б	0,38	8,31±0,15 ^б	0,20	0,34	Конфліктний
III	21,31±0,24 ^б	0,58	1,25±0,06	0,04	11,38±0,09 ^б	0,30	0,31	Конфліктний
IV	15,81±0,12 ^б	0,81	3,67±0,16 ^б	0,60	33,59±0,75 ^б	1	0,80	Небезпечний
V	12,81±0,08 ^б	0,93	5,41±0,17 ^б	1,00	27,98±0,68 ^б	0,82	0,92	Небезпечний
VI	10,94±0,47 ^б	1,00	4,91±0,14 ^б	0,88	21,82±0,5 ^б	0,63	0,84	Небезпечний
VII	37,37±1,10	0,09	1,34±0,09	0,06	2,13±0,07	0,01	0,05	Сприятливий
Контроль	35,20±0,16	0	1,07±0,006	0	1,93±0,07	0	0	–

Примітка. Ймовірні зміни досліджуваних показників порівняно з контролем і фоновим значенням: а – P<0,05; б – P<0,01; в – P<0,001.

Результати обліку зміни цитогенетичних параметрів *Allium cepa* L. за дії ґрунтових чинників Бурштинської екосистеми представлені в табл. 1.

Таким чином, для всієї території Бурштинської екосистеми відзначено зростання рівня мутагенного фону. Неоднорідність цитогенетичного напруження ґрунтового сере-

довища в межах різнофункціональних урболандшафтів може бути наслідком впливу урбогенних, специфічних для кожної зони полютантів, на фоні загального техногенного забруднення, спричиненого експлуатацією БуТЕС. Крім того, окремі таксономічні одиниці міського ландшафту характеризуються чудовими мікрокліматичними, фізико-географічними, архітектурно-планувальними особливостями та ін., що може мати істотний вплив на процеси міграції та акумуляції забруднювачів у довкіллі [14, 27].

Отже, комплекс недиференційованих ґрунтових факторів комплексної зеленої зони міста (I) створює «насторожуючий» мутагенний фон території [13]. При цьому спостерігаються найвищі значення мітотичного індексу та мінімальна кількість аберантних анателофаз і клітин з мікроядрами порівняно з іншими дослідженими функціональними зонами урбоєкосистеми. У межах селітебних зон індивідуальної (II) та капітальної (III) забудов мутагенний фон класифікується як «конфліктний» [13]. Ґрунтові умови останніх спричинюють інгібування проліферативної активності меристематичних клітин *Allium cepa* L. відповідно на 12,78 і 16,06% та індукцію клітин з мікроядрами на 6,18 і 9,25% порівняно з фоновими значеннями. Кількість аберантних ана-телофаз достовірно перевищує відповідний фоновий показник, сягаючи 2,71%, при експонуванні тест-об'єкта на ґрунтах селітебної зони з індивідуальним типом забудови та статистично достовірно не відрізняється від фонові в житловій зоні багатоповерхової забудови. Останній факт можна пояснити тим, що рослинний організм частково елімінує ймовірні генетичні порушення за рахунок затримки клітинного циклу, що збільшує час на репарацію ушкоджень ДНК [2, 32]. Значні депресивні зміни мітотичної активності й інтенсивна індукція порушень спадкового апарату меристематичних клітин *Allium cepa* L. спостерігаються при експонуванні тест-об'єкта на ґрунтових зразках із аграрних (IV) і придорожніх зон (V) Бурштинської урбоєкосистеми, а також ПП Бутс (VI). Зазначені цитогенетичні зміни відповідають «небезпечному» рівню мутагенного фону середовища [13].

З метою встановлення характеру зв'язку між цитогенетичними показниками тест-об'єкта і ступенем забруднення ґрунту важкими металами побудовано рівняння лінійної кореляційно-регресійної залежності. При цьому маркери цитогенетичного напруження середовища розглядали як залежні змінні (X), а концентрації важких металів – як аргументи функцій (табл. 2).

На основі наведених рівнянь можна зробити висновок про наявність тісних лінійних кореляційних залежностей між аналізованими параметрами [18, 31]. При цьому жодна з результативних ознак не визначається впливом лише одного регресора, а являє собою функцію багатьох змінних. Проте стосовно кожного цитогенетичного параметру можна виділити найбільш значущу факторну ознаку. Так, мітотичний індекс апікальних меристем *Allium cepa* L. перебуває у залежності, наближеній до функціональної, зі значенням концентрації Pb; мікроядерний індекс – Cd, а рівень хромосомних аберацій – Cu.

Множинний кореляційний аналіз, який відображає характер багатовимірною кореляційного зв'язку між досліджуваними величинами [31], показав існування статистично достовірної ($P < 0,05$) залежності між зміною цитогенетичних параметрів тест-об'єкта, концентрацією рухомих форм важких металів у ґрунті та їхньою кислотністю (рис. 4).

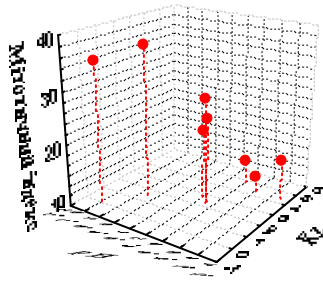
При цьому немає відомостей щодо здатності рН середовища зумовлювати його цито- чи генотоксичність. Проте кислотність можна розглядати як важливий опосередкований чинник цитогенетичного напруження ґрунтів. Зокрема, впливаючи на рухомість важких металів, рН середовища значною мірою визначає їхню фітотоксичність і, можли-

Таблиця 2

Рівняння лінійної кореляційно-регресійної залежності окремих цитогенетичних показників *Allium cepa* L. від вмісту рухомих форм важких металів у ґрунтовому субстраті

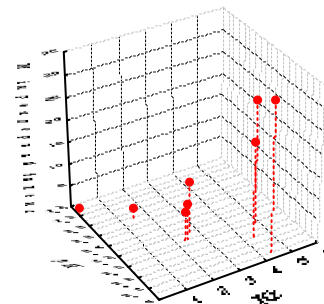
Незалежна змінна (X) – полютант	Кореляційна залежність	Коефіцієнт кореляції Пірсона (r)
Значення мітотичного індексу (Y)		
Pb	MI=37,037-5,69 X (Pb)	-0,96
Cu	MI=35,307-10,69 X (Cu)	-0,90
Fe	MI=40,518-4,503 X (Fe)	-0,92
Ni	MI=41,352-8,185 X (Ni)	-0,87
Cd	MI=34,207-32,58 X (Cd)	-0,83
Значення мікроядерного індексу (Y)		
Pb	МЯІ=-1,724+6,6170 X (Pb)	0,92
Cu	МЯІ=-0,5081+13,124 X (Cu)	0,91
Fe	МЯІ=-2,665+4,4196 X (Fe)	0,75
Ni	МЯІ=-4,464+8,4779 X (Ni)	0,74
Cd	МЯІ=-1,350+46,537 X (Cd)	0,98
Рівень хромосомних аберацій (Y)		
Pb	ХА=0,6379+0,8662 X (Pb)	0,92
Cu	ХА=0,6904+1,8128 X (Cu)	0,96
Fe	ХА=0,4129+0,6051 X (Fe)	0,78
Ni	ХА=0,2893+1,1051 X (Ni)	0,74
Cd	ХА=1,1415+4,7342 X (Ni)	0,76

$$r_x(y, z) = 0,91$$



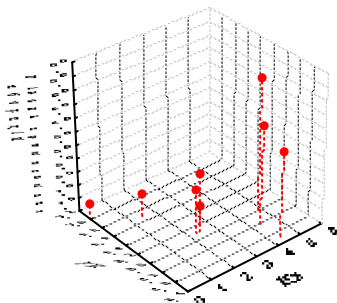
а

$$r_x(y, z) = 0,88$$



б

$$r_x(y, z) = 0,91$$



в

Рис. 4. Діаграми розсіювання значень окремих цитогенетичних показників *Allium cepa* L.: мітотичного індексу (а); мікроядерного індексу (б); рівня хромосомних аберацій (в) залежно від рН та коефіцієнта сумарного забруднення ґрунтового субстрату.

во, активізує цито- та генотоксичну дію. Також кислотність ґрунту може впливати на здатність окремих важких металів утворювати геохімічні асоціації, що, як наслідок, може зумовлювати ефекти адитивності чи нівелювання мутагенної дії важких металів [1].

Таким чином, можна стверджувати, що цито- і генотоксичність ґрунтового середовища в межах Бурштинської екосистеми значною мірою визначається показником сумарного забруднення ґрунтів важкими металами та їхньою кислотністю (рис. 4).

Отже, комплекс проведених фізико-хімічних і цитогенетичних досліджень із встановлення якості ґрунтів Бурштинської урбоекосистеми вказують на їхню значну антропогенну трансформацію. Встановлено, що в межах досліджуваної урбоекосистеми має місце зміна концентрацій рухомих форм важких металів, інтегрального показника забруднення та рН ґрунтового середовища порівняно з відповідними фоновими значеннями. Результати *Allium cepa* – тесту засвідчують виражений цито- і генотоксичний ефект недиференційованих ґрунтових факторів у межах різнофункціональних зон міста: зниження проліферативної активності клітин, зростання частки аберантних ана-телофаз і клітин із мікроядрами. При цьому відзначено неоднорідність цитогенетичного напруження різнофункціональних урболандшафтів екосистеми. Цей факт ми схильні пояснювати впливом специфічних для кожної зони поллютантів на фоні загального техногенного забруднення, спричиненого діяльністю БуТЕС.

Виявлено наявність тісних лінійних кореляційних залежностей між цитогенетичними показниками тест-об'єкта і вмістом рухомих форм важких металів у ґрунті. Встановлено, що підсилення металевого пресингу на едафотопи на фоні зміни рН ґрунту в напрямі кислої реакції зумовлює зростання цитогенетичного напруження середовища.

Перспективою продовження цих досліджень є встановлення рівня генетичного ризику для біоти від урботехногенних факторів, які діють у межах Бурштинської урбоекосистеми.

1. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
2. Алов И. А. Цитофизиология и патология митоза. М.: Медицина, 1972. 264 с.
3. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Гидрометеоздат, 1970. 327 с.
4. Безсонова В. П. Пасивний моніторинг забруднення навколишнього середовища з використанням трав'янистих рослин // Укр. ботан. журн. 1991. Т. 48. С. 77–80.
5. Бессонова В. П., Грицай В. В., Юсупова Т. И. Использование цитогенетических критериев для оценки мутагенности промышленных поллютантов // Цитология и генетика. 1996. Т. 30. № 5. С. 70–76.
6. Богуславська Л., Тихомиров А. Вплив іонів важких металів на мітотичний індекс апікальної меристеми кореня кукурудзи (*Zea mays* L.) // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2005. Вип. 40. С. 160–165.
7. Буторина А. К., Калаев В. Н. Анализ чувствительности различных критериев цитогенетического мониторинга // Экология. 2000. № 7. С. 206–210.
8. Голубець М. А. Вступ до геосоціосистемології. Львів: Поллі, 2005. 199 с.
9. Голубець М. А. Екосистемологія. Львів: Поллі, 2000. 316 с.
10. Голубець М. А., Марискевич О. Г., Козловський М. П. та ін. Екологічна ситуація на північно-східному макросхилі Українських Карпат. Львів: Поллі, 2001. 162 с.
11. Горова А., Куліна С. Оцінка токсичності ґрунтів Червоноградського гірничопромислового району за допомогою ростового тесту // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2008. Вип. 48. С. 189–194.

12. *Горова А. І., Стрельченко Є. Д., Руденко С. С.* Цитогенетична оцінка мутагенної дії хлориду кадмію і хлориду алюмінію та модифікуючої дії селеніту натрію у корневих меристемах *Pisum sativum* L. // Цитологія і генетика. 1999. Т. 33. № 3. С. 52–56.
13. *Горовая А. И., Бобырь Л. Ф., Скворцова Т. В.* и др. Методические аспекты оценки мутагенного фона и генетического риска для человека и биоты от действия мутагенных экологических факторов // Цитология и генетика. 1996. Т. 30. № 6. С. 78–86.
14. Городская среда Харькова: географический анализ загрязнения, самоочищения земель, возможные влияния на здоровье / Под ред. И.Г. Червнева. Харьков: Харьк. ун-т, АН ТКУ, 1994. 81 с.
15. *Довгалюк А. И., Калиняк Т. Б., Блюм Я. Б.* Оценка фито- и цитогенетической активности тяжелых металлов и алюминия с помощью корневой апикальной меристемы лука // Цитология и генетика. 2001. Т. 35. № 1. С. 3–9.
16. *Жовинский Э. Я., Кураева И. В.* Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. К.: Наук. думка, 2002. 216 с.
17. *Козловський В., Романюк Н., Терек О.* та ін. Важкі метали у ґрунтах та рослинах заплави річки Тиса // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2005. Вип. 40. С. 35–50.
18. *Лакин Г. Ф.* Биометрия: Уч. пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд. М.: Высш. шк., 1990. 350 с.
19. *Медведев В. В.* Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. Харьков: Антиква, 2002. 421 с.
20. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. М.: Гидрометиздат, 1981. 110 с.
21. Наказ МОЗ України № 116 від 13.03.2007 р. Про затвердження методичних рекомендацій "Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів".
22. *Паньків З.* Забруднення важкими металами ґрунтів міста Бурштин Івано-Франківської області // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. географ. 2007. Вип. 34. С. 189–192.
23. *Парпан В. І., Ганжа Д. Д., Шпарик Ю. С., Парпан Т. В.* Забруднення техногенними полютантами лісових екосистем в Івано-Франківській області // Наук. праці ЛАН України. 2004. Вип. 3. С. 91–95.
24. *Паушева З. П.* Практикум по цитологии растений. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1988. 272 с.
25. *Пендерецький О. В.* Екологічна оцінка впливу на довкілля крупних енергетичних об'єктів (на прикладі Бурштинської ТЕС) // Вісн. ХІСП. Екологія, техногенна безпека і соціальний прогрес. Вип. 1(6). Харків, 2004. С. 62–71.
26. *Пендерецький О. В.* Екологія Галицького району / За ред. О.М. Адаменко. Івано-Франківськ: Нова зоря, 2004. 198 с.
27. *Петин В. Г., Жураковская Г. П., Комарова Л. Н., Рябова С. В.* Зависимость синергизма факторов окружающей среды от их интенсивности // Экология. 1998. №5. С. 383–389.
28. *Ревага О.* Індукція хромосомних аберацій рідкими відходами виробництва Стебницького ДГХП «Полімінерал» у *Allium*-тесті // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2006. Вип. 41. С. 46–53.
29. *Случик В. М.* Комплексна оцінка мутагенного фону, зумовленого малоінтенсивними факторами хімічного виробництва (експериментально-популяційне дослідження): Автореф. дис. ... канд. біол. наук. К., 1996. 26 с.

30. *Fiskesjo G.* The Allium-test – an alternative in environmental studies the relative toxicity of metal ions // *Mutat. Res.* 1988. N 197. P. 243–260.
31. *Pearson K. M.* On the generalized probable error in multiple normal correlation // *Biometrika.* 1968. N 6. P. 59–68.
32. *Rank J., Nielsen M.* A modified Allium-test as a tool in the screening of the genotoxicity of complex mixtures // *Hereditas.* 1993. N 118. P. 49–53.

A CYTOGENETIC ESTIMATION OF THE BURSHTIN URBOECOSYSTEM SOILS STATE

M. Mylenka

*Vasyl Stefanyk Precarpathian National University
57, Shevchenko St., Ivano-Frankivsk 76000, Ukraine
e-mail: mulenka.m@gmail.com*

Cytotoxic and clastogene ability of the undifferentiated ground factors of the probed territory by the model system *Allium cepa* L. was found. One show up through inhibition of prophilirative activity of cell and induction of chromosomal aberrations. The estimation of degree of physical and chemical transformation of soils was given within the limits of different by functions urbolandscapes of Burshtyn ecosystem by such criteria as maintenance of mobile forms of heavy metals (Pb, Cu, Fe, Ni, Cd, Zn) and acidity. Close cross-correlation connection between the change of cytogenetic parameters of the test object and analysable indexes of quality of soil was determined.

Key words: soil, heavy metals, acidity, biotesting, urboecosystem, mitotic activity, chromosomal aberration.

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ БУРШТИНСКОЙ УРБОЭКОСИСТЕМЫ

М. Миленка

*Прикарпатский национальный университет имени Василия Стефаника
ул. Шевченко, 57, Ивано-Франковск 76000, Украина
e-mail: mulenka.m@gmail.com*

С помощью модельной системы *Allium cepa* L. определена цитотоксическая и кластогенная способность недифференцированных почвенных факторов исследуемой территории, выраженная ингибцией пролиферативной активности клеток и индукцией хромосомных aberrаций. Дана оценка уровня физико-химической трансформации почв в пределах разнофункциональных урболандшафтов Бурштинской экосистемы по таким критериям, как содержание подвижных форм тяжелых металлов (Pb, Cu, Fe, Ni, Cd, Zn) и кислотность. Установлена тесная корреляционная связь между изменением цитогенетических параметров тест-объекта и анализированными показателями качества почв.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, кислотность, биотестирование, урбоэкоцистема, митотическая активность, хромосомные aberrации.

Стаття надійшла до редколегії 12.01.09

Прийнята до друку 06.02.09