

Выводы

Исходя из полученных нами данных следует, что облучённые клетки дрожжей не влияют на уровень aberrантных метафаз в предварительно облучённых лимфоцитах периферической крови человека. Необлученные дрожжи при

совместном культивировании с облучённой культурой ЛПК способны значительно снижать уровень aberrантных метафаз в облучённых лимфоцитах.

Литература

1. Sawant S., Zheng W., Hopkins K., Randers-Pehrson G., Lieberman H., Hall E. The radiation-induced bystander effect for clonogenic survival // *Radiat. Res.* – 2002. – Vol. 157, № 4. – P. 361-364.
2. Yang G., Wu L., Chen L., Pei B., Wang Y., Zhan F., Wu Y., Yu Z. Targeted irradiation of shoot apical meristem of *Arabidopsis* embryos induces long-distance bystander/abscopal effects // *Radiation Research* – 2007. – Vol.167, №3. – P. 298-305.
3. Василенко О.П., Пронина О.В., Рушковский С.Р. Эффект “свидетеля” при совместном культивировании дрожжей с лимфоцитами периферической крови человека // Матер. междунар. конф. “Радиация и экосистемы”. – Гомель – 2008. – С. 263-267.
4. Vasylenko O.P., Pronina O.V., Rushkovsky S.R. Bystander effect in human lymphocytes incubated with irradiated mitochondrial DNA deficient yeast cells // *Radioprot.* – 2011. – Vol. 46, № 6. – P. 555-559.
5. Widel M., Przybyszewski W., Cieslar-Pobuda A., Saenko Y., Rzeszowska-Wolny J. Bystander normal human fibroblasts reduce damage response in radiation targeted cancer cells through intercellular ROS level modulation // *Mutat. Res.* – 2011. – Vol. 731. – P. 117-124.
6. Claridge-Mackonis E., Suchoverska N., Zhang M., Ebert M., McKenzie D.R., Jackson M., Cellular response to modulated radiation fields // *Phys. Med. Biol.* – 2007. – Vol. 52. – P. 5469–5482.

VASYLENKO O.P., RUSHKOVSKY S.R.

National Taras Shevchenko University of Kyiv

Ukraine, 01033, Kyiv, Volodymyrska str: 64, e-mail: helga.wasilenko@gmail.com

CHROMOSOMAL INSTABILITY IN IRRADIATED HUMAN PERIPHERAL BLOOD LYMPHOCYTES INCUBATED WITH YEAST CELLS *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

Aims. In our previous studies we have shown 3-4 times increasing of the aberrant metaphases level in intact human lymphocytes as a result of bystander effect (BE) induced by irradiated yeast cells. The question remains are damaged cells more sensitive to BE signals or not? The purpose of our study was investigation how cocultivation with *S. cerevisiae* affects the level of chromosomal instability in X-ray irradiated lymphocytes. **Methods.** The cultures of X-ray irradiated (1 Gy) human peripheral blood lymphocytes were experimentally contaminated with nonirradiated or X-ray irradiated yeast cells (haploid strains of *S. cerevisiae*, 10 Gy). Well spread human metaphases were scored for aberration metaphases (AM). **Results.** It was found that irradiated yeast cells had no effect on chromosomal stability level in irradiated lymphocytes. The statistically significant decreasing of the AM level was observed in irradiated lymphocytes incubated with non-irradiated yeast cells. **Conclusions.** Our findings suggest existence of “inverse BE” when non-irradiated cells can significantly reduce the level of chromosomal damages in irradiated ones.

Key words: bystander effect, lymphocytes, aberration metaphases.

ДЕРІЙ С.І., БІЛОНОЖКО В.Я., ПЕДЧЕНКО М.О.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Україна, 18031, м. Черкаси, бульвар Шевченка, 81, e-mail: Bilonogko52 @yandex.ru

ЗАСТОСУВАННЯ КРЕС-САЛАТУ (*LEPIDIUM SATIVUM L.*) ДЛЯ ОЦІНКИ ВМІСТУ ЙОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У МОДЕЛЬОВАНІЙ ВОДНІЙ КУЛЬТУРІ

Нині оцінка ступеня екологічної небезпеки традиційно здійснюється шляхом визначення у навколишньому середовищі окремих потенційно шкідливих речовин або впливів і порівняння

отриманих результатів із законодавчо установленими для них граничнодопустимими величинами. У той же час такий спосіб контролю має ряд істотних недоліків. Аналітичні методи, як

правило, трудомісткі, не завжди експресні, вимагають дорогого, іноді дефіцитного обладнання і реактивів, а також висококваліфікованого обслуговуючого персоналу. Але головний їхній недолік в тому, що ці методи не можуть гарантувати достовірної оцінки екологічної небезпеки, яким би широким не був спектр аналізованих речовин. Адже важливі не самі рівні забруднень і впливів, а ті біологічні ефекти, які вони можуть викликати і про які не може дати інформацію навіть найточніший хімічний чи фізичний аналіз. Тому поряд з фізико-хімічними методами необхідно використовувати методи біологічного контролю та діагностики – біоіндикації та біотестування, що дають об'єктивні інтегральні оцінки якості середовища і підстави для прогнозу стану екосистем [1,7].

До переліку основних забруднювачів на-

Матеріали і методика

Проби ґрунту відбирались в літньо-осінній період у десяти різних пунктах м. Черкаси з різною інтенсивністю автотранспортного та промислового впливу.

Пункт 1. Перехрестя вул. Шевченка – вул. Смілянська

Пункт 2. Вул. Смілянська біля «McDonald»

Пункт 3. Перехрестя вул. Благівісна – вул. Смілянська

Пункт 4. Перехрестя вул. Ільїна – вул. Смілянська

Пункт 5. Вул. Смілянська р-н ЖД вокзалу

Пункт 6. Вул. Смілянська біля ЧПК

Пункт 7. Перехрестя вул. 30 років Перемоги – вул. Смілянська

Пункт 8. Смілянське шосе р-н Автовокзалу

Пункт 9. Смілянське шосе в'їзд до міста Черкаси

В якості контролю був використаний ґрунт зібраний на сільськогосподарських полях при в'їзді до м. Черкаси по Смілянському шосе. Ділянка, з якої відбиралися проби, знаходилася на відстані не менше 150м від межуючих автомобільних доріг (вважають, що така відстань виключає аерогенне перенесення важких металів до ґрунту від основного джерела забруднення автотранспорту).

Відбір зразків ґрунту та приготування водної витяжки з ґрунту проводили за загальноприйнятими методиками.

Вміст елементів важких металів

Результати та їхнє обговорення

За методом атомно-абсорбційної спектроскопії в досліджуваних зразках ґрунту

вколишнього середовища включені солі важких металів, які здебільшого негативно впливають на живі організми, і на людину зокрема [2,3]. Джерелом надходження важких металів у це середовище є відходи більшості галузей народного господарства [5]. Тому актуальною сучасною екологічною проблемою є визначення стану забруднення ґрунтів і впливу металів токсикантів техногенного походження на рослинні організми [3]. Оскільки рослини є важливою ланкою в ланцюгах живлення екосистем, то йони важких металів будуть чинити хронічний токсичний вплив на всі живі компоненти екосистем [2].

Метою нашої роботи є біотестування рослиною-індикатором (*Lepidium sativum* L.) токсичності ґрунтового покриву техногенних зон міста Черкаси з різною інтенсивністю автотранспортного та промислового впливу.

(Cu^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+}) у ґрунті визначали у лабораторії хіміко-токсикологічних досліджень Черкаського обласного державного проектно-технологічного центру охорони родючості ґрунтів і якості продукції «Облдержродючість».

Досліди було закладено у пластикових стаканчиках об'ємом 200 мл у лабораторіях Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького. Повторність варіантів дослідів триразова. Насіння крес-салату пророщували рулонним методом. Рулони ставили у стаканчик з відповідною водною витяжкою та з витяжкою з додаванням гумісолу-супер. Через 15 діб після висівання провели такі дослідження:

- визначали схожість насіння рослин крес-салату;
- виміряли висоту рослини;
- обрахували кількість листків і описали їхню морфологію;
- виміряли довжину головного кореня та обрахували кількість бічних коренів.

Статистичну обробку результатів здійснили за допомогою комп'ютерної програми «Microsoft Excel» [4,6].

У всіх дослідах контролем слугували рослини, які вирощені на водній витяжці з умовно чистої проби ґрунту і у водній витяжці з умовно чистої проби ґрунту з додаванням гумісолу-супер.

визначили вміст рухомих форм купруму, цинку, плумбуму та кадмію.

Вміст рухомих форм йонів важких металів у досліджуваних пробах ґрунту не перевищував ГДК. Найбільшу концентрацію йонів купруму, цинку та свинцю спостерігали у зразках ґрунту з пунктів 1, 2, 4, 7. У пробах ґрунту з пунктів 1, 3, 7, 8 відмітили високий вміст йонів кадмію. Найменш забрудненими важкими металами виявилися проби ґрунту відібрані у пункті 9.

Аналізуючи одержані результати за схожістю насіння крес-салату, слід відмітити, що при збільшенні концентрації солей важких металів схожість насіння знижується. У варіантах з додаванням гумісол-супер також спостерігається зниження схожості насіння з підвищенням кон-

центрації важких металів, проте схожість насіння в порівнянні з попередніми варіантами була вищою. В контролі схожість насіння без гумісолу становила 97,2%, а з гумісолом - 99,0%. Найнижча схожість насіння (63%) спостерігалась у водній витяжці з ґрунту відібраного у пункті 1. З додаванням гумісолу-супер схожість насіння дещо зростала – 70,7%.

Найменший вплив на схожість насіння крес-салату чинили водні витяжки з ґрунту відібраного у пунктах 8 та 9. Якщо у варіанті 8 та 9 схожість становила 90,8 та 94,2%, то у варіанті 8 та 9 з додаванням гумісолу - 95,0 та 97,0% (рис. 1).

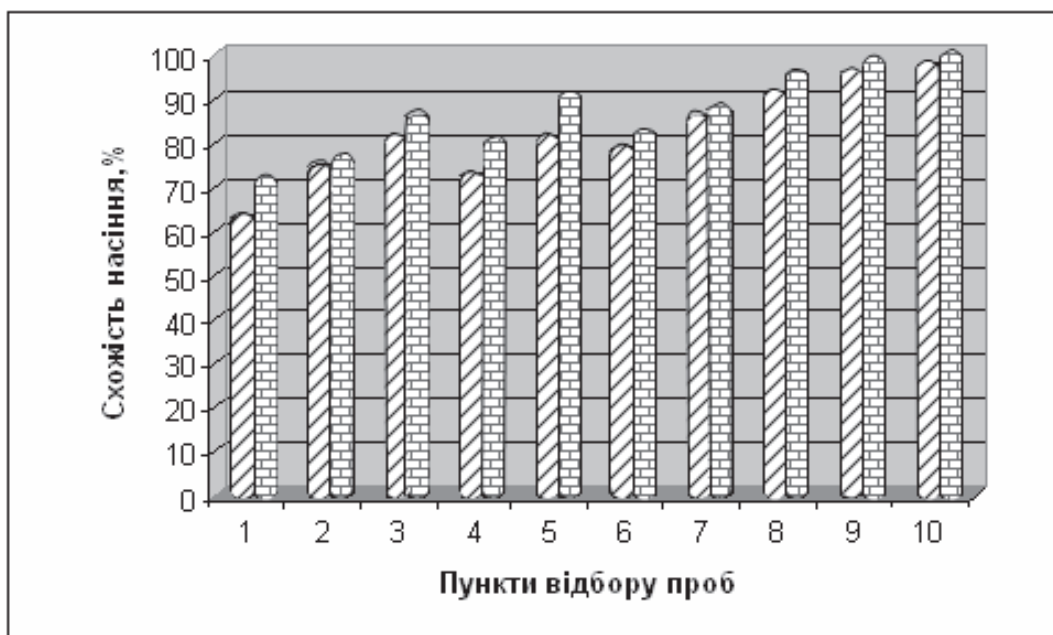
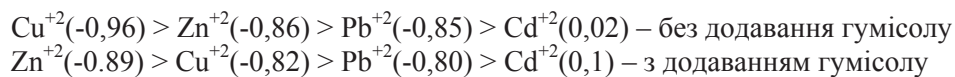


Рис. 1. Вплив йонів важких металів на схожість крес-салату (*Lepidium sativum* L.):

▨ – без гумісолу, ▤ – з гумісолом

Залежність між вмістом важких металів у водних витяжках досліджуваного ґрунту та схожістю насіння крес-салату вивчена за допомогою



Також для аналізу результатів за схожістю насіння крес-салату ми скористалися моделлю багаторядного алгоритму за методом групового врахування аргументів. За допомогою даної моделі ми виявили силу впливу окремого йону важкого металу, навіть якщо у водній витяжці досліджуваних зразків ґрунту входили іони Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} в різних концентраціях. Так, іони Cd^{2+} негативно впливають на схожість насіння крес-салату, сила впливу дорівнює 55,75%,

кореляційного аналізу, результати якого можна представити у такій послідовності:

негативна дія йонів Pb^{2+} становить 21,8%, йонів Zn^{2+} – 5,17%. Слід відмітити, що гумісол також сприяє підвищенню схожості насіння крес-салату, сила його впливу дорівнює 17,1%.

Розглянемо особливості росту стебла та кореневої системи крес-салату. Слід відмітити, що в контролі (водна витяжка з умовно чистої проби ґрунту) висота рослин на 15 день експерименту становила $5,01 \pm 0,2$ см, а в другому контролі (водна витяжка з умовно чистої проби

грунту з додаванням гумісолу) $5,44 \pm 0,15$ см. У рослин крес-салату зафіксовано достовірне пригнічення росту надземної частини рослини під дією водних витяжок ґрунту з пунктів 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 (в порівнянні з контрольними рослинами), яке відповідно становило 25,2%, 22,2%, 18,1%, 32,6%, 12%, 22,2%, 20%, 3,2%. Винятком була водна витяжка ґрунту з пункту 7, ріст рослин крес-салату був більшим за контрольні ($5,2 \pm 0,47$ см). В досліді з гумісолом висота була меншою ніж в контролі, але була більшою ніж у

$\text{Cu}^{+2}(-0,63) > \text{Zn}^{+2}(-0,61) > \text{Pb}^{+2}(-0,38) > \text{Cd}^{+2}(-0,22)$ – без додавання гумісолу
 $\text{Zn}^{+2}(-0,85) > \text{Pb}^{+2}(-0,74) > \text{Cu}^{+2}(-0,61) > \text{Cd}^{+2}(-0,17)$ – з додаванням гумісолу.

Водні витяжки ґрунту майже в однаковій мірі впливають на довжину головного кореня і на ріст надземної частини крес-салату. Мінімальний вплив спостерігали у витяжках з пунктів 7 та 9, довжина головного кореня рослин крес-салату становила $5,72 \pm 0,35$ см і $5,52 \pm 0,22$ см. Максимальний – у пункті 1, в якому довжина головного кореня була меншою на 48,5% за контрольні рослини ($6,62 \pm 0,16$ см). У варіанті досліді 8 довжина головного кореня більша чим у контрольних рослин на 4,3%. У варіантах досліді з гумісолом довжина головного кореня у рослин, які знаходилися у водних витяжках досліді

$\text{Cu}^{+2}(-0,72) > \text{Zn}^{+2}(-0,71) > \text{Pb}^{+2}(-0,65) > \text{Cd}^{+2}(0,14)$ – без додавання гумісолу
 $\text{Zn}^{+2}(-0,56) > \text{Pb}^{+2}(-0,52) > \text{Cd}^{+2}(0,47) > \text{Cu}^{+2}(-0,46)$ – з додаванням гумісолу

Одним із завдань наших досліджень було визначення кількісних показників переходу важких металів із забрудненого середовища в рослину і впливу гумісолу-супер на цей перехід. Аналізуючи отримані результати хімічного аналізу рослин крес-салату слід відмітити, що в контролі вміст йонів важких металів у рослин на 15 день експерименту не перевищував ГДК хімічних речовин у рослинній продукції і становив для Cu^{+2} – $1,06 \pm 0,09$ мг/кг, Zn^{+2} – $7,12 \pm 0,18$ мг/кг, Pb^{+2} – $0,49 \pm 0,06$ мг/кг, Cd^{+2} – $0,01 \pm 0,002$ мг/кг. В другому ж контролі (водна витяжка з умовно чистої проби ґрунту з додаванням гумісолу) – Cu^{+2} – $0,17 \pm 0,06$ мг/кг, Zn^{+2} – $1,07 \pm 0,16$ мг/кг, Pb^{+2} – $0,29 \pm 0,04$ мг/кг, Cd^{+2} – $0 \pm 0,001$ мг/кг. У витяжках з ґрунту з пунктів 1, 2, 3, 6 вміст йонів купруму у рослин крес-салату перевищував ГДК в середньому в 1,5 рази. В досліді з гумісолом вміст йонів купруму у рослин

варіантах досліді без гумісолу. Найкраще нейтралізував негативний вплив йонів важких металів гумісол у варіанті досліді 4, 6, 8, висота у цих рослин більша на 27%, 14,6%, 12,7% ніж у варіанті без гумісолу.

Застосування кореляційного аналізу для встановлення залежності між вмістом важких металів у водних витяжках досліджуваного ґрунту та висотою рослин крес-салату, дало можливість розташувати важкі метали за ступенем впливу в такій послідовності:

джуваних проб ґрунту, була нижчою ніж у контрольних рослин з гумісолом в середньому на 35,2%. Винятком було перевищення довжини головного кореня у витяжці з пункту 8 – на 26,3%. У витяжці з пунктів 4 та 8 з додаванням гумісолу спостерігалось збільшення довжини головного кореня порівняно з варіантами без гумісолу на 30,9% та 30,25%.

З використанням кореляційного аналізу ми розташували важкі метали в певній послідовності залежно від їхнього вмісту у водних витяжках досліджуваного ґрунту та довжиною головного кореня рослин крес-салату:

крес-салату був в межах норми. Гумісол зменшував перехід Cu^{+2} з забрудненого середовища в рослини на 40,6 – 90,4%. Вміст йонів цинку у рослини крес-салату майже в усіх пунктах, окрім пункту 8, перевищував ГДК в 1,8 – 3,9 рази. Додавання гумісолу зменшувало перехід на 39,5 – 84,9% (рис. 2б.). А от вміст йонів плумбуму навіть з додаванням гумісолу перевищував ГДК в усіх варіантах досліді. Додавання гумісолу зменшувало його перехід в рослини лише на 41,9% (рис. 2в.).

Перевищення ГДК йонів кадмію зафіксували у рослин, які були вирощені на водних витяжках з ґрунту з пунктів 1, 2, 3, 4, 8 без додавання гумісолу та пункті 1 з додаванням гумісолу (рис. 2г.). Гумісол зменшував перехід йонів кадмію з забруднених водних витяжок ґрунту до рослин в середньому на 44,5%.

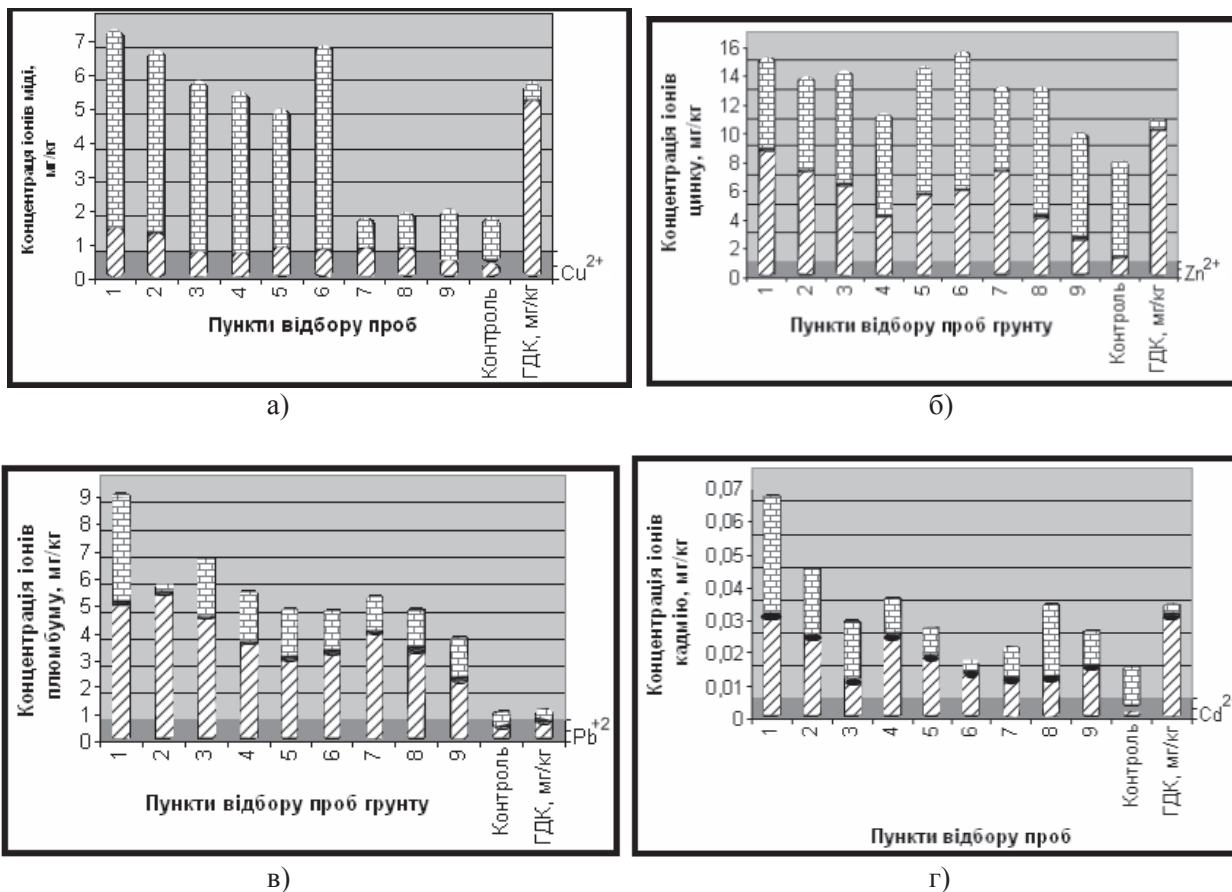


Рис.2 Вміст іонів купруму (а), цинку (б), плумбуму (в) та кадмію (г) в рослинах крес-салату (*Lepidium sativum L.*):

▨ - без гумісолу, ▩ - з гумісолом

Висновки

1. Ґрунти досліджуваних територій міста Черкаси містять відносно високий вміст рухомих форм важких металів, хоч і менший ніж ГДК. Не дивлячись на це, їх комплексна дія має помітний вплив на морфометричні показники надземної та підземної частини крес-салату (*Lepidium sativum L.*).

2. Фітотоксична дія іонів важких металів у витяжках з ґрунту проявилася в зниженні схожості насіння крес-салату, тоді як додавання до відповідних витяжок з ґрунту гумісолу пом'якшувало цей негативний вплив важких металів. Негативна сила впливу іонів Cd²⁺ стано-

вить 55,75%, Pb²⁺ – 21,8%, а іонів Zn²⁺ – 5,17%.

3. Йони важких металів у витяжках з ґрунту пригнічували ріст надземної частини проростків крес-салату в середньому на 20,5% та підземної частини – на 29%. Додавання гумісолу до витяжок з ґрунту покращувало ріст рослин в середньому на 6,6%, а головного кореня - на 8,3%.

4. Перехід іонів важких металів в системі «ґрунт–рослина» можна розташувати у наступний ряд: Pb²⁺ > Zn²⁺ > Cd²⁺ > Cu²⁺. Гумісол-супер зменшував перехід іонів важких металів у рослини, а саме Cu²⁺ в 6,3 рази, Zn²⁺ в 2,4 рази, Cd²⁺ в 1,8 раз, Pb²⁺ в 1,4 рази.

Література

1. Дідух Я.П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів. АН України. Ін-т ботаніки ім. М.Г. Холодного. — Київ: Наук. думка, 1994. — 280 с.
2. Илькун Г.М. Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1991. – 151 с.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
4. Коваленко С.О., Стеценко А.І., Хоменко С.М. Статистичний аналіз експериментальних даних за допомогою Excel. Навчальний посібник. – Черкаси: видавничий відділ Черкаського державного університету ім. Богдана Хмельницького, 2002. – 114 с.
5. Корнелюк Н.М., Мислюк О.О. Антропогенні фактори аеротехногенного забруднення м. Черкаси важкими

металами. // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2007 – № 4 – <http://eko.org.ua/ua>.

6. Плохинский Н.А. Математические методы в биологии. Учебно-методическое пособие. – М: изд-во Москв. ун-та, 1978. – 265 с.
7. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсева и др.; под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

DERIY S.I., BILONOGKO V.Y., PEDCHENKO M.O.

*Cherkasy National University after B. Khmelnytsky
Ukraine, 18031, Cherkasy, Shevchenko Boulevard, 81*

THE USING OF LEPIDIUM SATIVUM FOR THE ESTIMATION OF HEAVY METAL IONS CONTENTS IN A MODELED WATER CULTURE

Aims. Bio-testing of soil toxicity of Cherkasy technogenic areas with different intensity of motor transport and industry impact by plant indicator (*Lepidium Savitum* L.). **Methods.** Soil samples were taken in summer-autumn period in ten different points of Cherkasy with different intensity of motor transport and industry impact. The content of heavy metal elements (Cu²⁺, Cd²⁺, Zn²⁺, Pb²⁺) in soil was determined in the laboratory of chemical toxicological research. Garden cress seeds were grown with roll method. Results were processed statistically with the help of “Microsoft Excel” computer program. **Results.** Bio-testing of soils with increased content of heavy metals was implemented by plant indicator in some technogenic areas of Cherkasy with different intensity of motor transport and industry impact. **Conclusions.** Combined effect of heavy metals has a significant influence upon the morphometric parameters of garden cress (*Lepidium Savitum* L.) above-ground and under-ground parts. Adding Humisol to soil extract mitigated the negative impact of these compounds on mentioned parameters and decreased the transition of heavy metal ions to plants.

Key words: heavy metals, morphometric parameters, bio-indexation.

ДРАГАВЦЕВ В.А.

*Агрофизический институт Россельхозакадемии
Россия, 195220, г. Санкт-Петербург, Гражданский проспект, 14, e-mail: dravial@mail.ru*

О ПУТЯХ СОЗДАНИЯ ТЕОРИИ СЕЛЕКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЙ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ И УРОЖАЯ РАСТЕНИЙ

В период 1984-2012 гг. группой исследователей была создана теория эколого-генетической организации количественных признаков (ТЭГОКП) [1,2] и развиты теоретически и экспериментально 24 следствия из нее [3,4,5,6]. Главное положение теории: при смене лимитирующего рост и развитие фактора внешней среды меняются спектр и число генов, детерминирующих один и тот же количественный признак (КП). Показано, что признаки «интенсивность транспирации» и «интенсивность фотосинтеза» в течение суток детерминируются поочередно двумя и тремя разными спектрами генов соответственно [7]. Механизм этого явления сейчас стал вполне очевиден. Известно [8], что общее количество генов, экспрессируемых в клетках человека, около 24000, из которых 11000 экспрессируются в клетках любого типа. Если этот принцип справедлив для растений, то очень легко объяснить результаты следующих опытов.

Если два сорта пшеницы – один с геном Lr (устойчивости к бурой ржавчине), другой – без этого гена высеять рядом и заразить бурой ржавчиной, то у первого сорта только продукт одного гена Lr – фитоантисипин – будет «подпирать» признаки продуктивности, а у второго сорта эти признаки будут развиты очень слабо. При скрещивании этих сортов на фоне бурой ржавчины в поколении F₂ мы получим расщепление по признакам продуктивности 3:1 – результат влияния продукта только одного гена, хотя параллельно с ним экспрессируются тысячи других генов. На фоне без ржавчины моногенная детерминация признаков продуктивности исчезает, их наследование традиционно описывается гипотезой полигении. Таким образом, лим-фактор среды «заставляет» влиять на признак продукты тех генов, которые обеспечивают наибольшую адаптивность данного генотипа к данному лим-фактору.

Кэксер [9] в своем докладе на симпозиуме