

**Міністерство освіти і науки України**  
**Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди**  
**Факультет природничої, спеціальної і здоров'язбережувальної освіти**  
**Поморська академія у Слупську «Інститут біології і наук про землю»**  
**Вроцлавський університет, Польща,**  
**Грайфсвальський університет (м. Грайсфальд, Німеччина),**  
**Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II (м. Берегове),**  
**Факультет державної політики, Сілезький університет в Опаві (Чехія),**  
**Національний природний парк «Гомільшанські ліси»,**  
**ГО «Українське ентомологічне товариство»**

*До 300-річчя з дня народження Г. С. Сковороди*

**III МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**  
**«ПРИРОДНИЧА НАУКА Й ОСВІТА:**  
**СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ»**

**22-23 вересня**  
**(електронне видання)**

Затверджено редакційно-  
видавничою  
радою Харківського національного  
педагогічного університету  
імені Г. С. Сковороди  
протокол № 10 від 19.10.2022 р.

**Харків – 2022**

**Редакційна колегія:**

Бойчук Ю. Д., д. пед. н., професор, член-кореспондент НАНПУ України; Іонов І. А., д. с.-госп. н, професор, член-кореспондент НААН України; Комісова Т. Є., к.б.н., доцент, Леонтєв Д. В., д.б.н., професор; Чаплигіна А.Б. д.б.н., професорка, Маркіна Т. Ю., д.б.н., професорка; Твердохліб О. В., к.б.н., доцент; Галій А. І., к.б.н., доцент., Науменко Н.В. к.пед.н., доцент.

III Міжнародна науково-практична конференція «**Природнича наука й освіта: сучасний стан і перспективи розвитку**», (22-23 вересня 2022 р.),збірник тез. – Х. : ХНПУ імені Г. С. Сковороди, 2022. – 175 с.

Затверджено редакційно-видавничою радою Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди  
Протокол № 10 від 19 жовтня 2022 р.

У збірці представлено матеріали науково-практичної конференції метою якої було обговорення і пошук розв'язання актуальних проблем та узагальнення нових теоретичних і прикладних результатів природничої науки і освіти, шляхи організації ефективного міжнародного наукового співробітництва. У представлених матеріалах висвітлено наукові і прикладні результати природничої науки і освіти, що присвячені питанням сучасної біології, спеціальної психології та педагогіки здоров'язбереження.

Для біологів, екологів, хіміків широкого профілю, фахівців у галузі спеціальної та інклюзивної освіти, викладачів, аспірантів і здобувачів закладів вищої освіти

©Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди

ОРНИТОФАУНА ПОЛІГОНУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В УРОЧИЩІ СВИНЕНЬКЕ (ЧЕРНІВЕЦЬКА ОБЛАСТЬ) Д.І. Юзик, А.В. Юзик .....	49
ДО ГНІЗДУВАННЯ <i>PHYLLOSCOPUS SIBILATRIX</i> У СОСНОВОМУ ЛІСІ НПП “ТОМІЛЬШАНСЬКІ ЛІСИ” О.О. Ярис .....	53
<b>СЕКЦІЯ «ПОПУЛЯЦІЙНІ ТА СИНЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ».....</b>	<b>55</b>
ПОПУЛЯЦІЯ <i>SUS SCROFA</i> В ЧЕРНІГІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ О.Г. Волошин <sup>1</sup> , Ю.О. Карпенко, Н.О. Волошина .....	55
<b>СЕКЦІЯ «БІОТЕХНОЛОГІЯ, АГРОЕКОЛОГІЯ ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ» .....</b>	<b>58</b>
ТВАРИННІ ВІДХОДИ ЯК ДЖЕРЕЛО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ В.О. Груздова., Ю.В. Колошко .....	58
МЕХАНІЗМ ТОЛЕРАНТНОСТІ РОСЛИН ДО ТОКСИЧНОЇ ДІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І.М. Журавльова, В.К. Ферлій .....	59
НАЙБІЛЬШ ПОШИРЕНІ ХВОРОБИ І ШКІДНИКИ РОСЛИН РОДИНИ ПАСЛЬОНОВІ SOLANACEAE Чепурна Н.П., Мухіна О.Ю. ....	62
<b>СЕКЦІЯ «ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ І ТВАРИН» .....</b>	<b>64</b>
ОЦІНКА ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОННИХ ЦИГАРОК НА СТАН РЕСПІРАТОРНОЇ СИСТЕМИ УЧНІВ СТАРШИХ КЛАСІВ Комісова Т.Є., Коваленко Л.П., Осинський М.І., Клименко О.І. ....	64
СТАН БУКАЛЬНОГО ЕПТЕЛІУ ДІТЕЙ РІЗНИХ ВІКОВИХ ГРУП О.О. Коритна, І.О. Ликова .....	66
МОТИВАЦІЯ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ ЯК КРИТЕРІЙ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ І.Ю. Кузьміна .....	68
ФІЗІОЛОГІЧНА РОЛЬ ІФР-1 У РОЗВИТКУ АРТЕРІАЛЬНОЇ ГІПЕРТЕНЗІЇ О.В. Пивоваров .....	70
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАСИВНОГО ПАЛІННЯ БАТЬКІВ НА ФІЗИЧНИЙ РОЗВИТОК ТА СТАН ІМУНІТЕТУ ЇХНІХ НАЩАДКІВ В.М. Ткаченко .....	71
PERSONAL ANXIETY IN ADOLESCENT AND ADOLESCENT AGE M.S. Fendrikova, S.N. Kots, V.P. Kots .....	75
ПРОКРАСТИНАЦІЯ ЯК ПИТАННЯ ЗНИЖЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ В.К. Ферлій, наук. кер. С.М. Коц, В.П. Коц .....	78
<b>СЕКЦІЯ «МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ТВАРИН ТА РОСЛИН».....</b>	<b>81</b>
АНАЛІЗ ЕКСТЕР'ЄРНИХ ТА РОБОЧИХ ЯКОСТЕЙ КОНЕЙ РИСИСТИХ ПОРІД ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЕКСПЕРТНОЇ ОЦІНКИ НА ФІЛІЇ "ОДЕСЬКИЙ ШОПДРОМ" ДП "КОНЯРСТВО УКРАЇНИ" С.Ю. Косенко, А.В. Буренко, В.С. Чебан .....	81

**МЕХАНІЗМ ТОЛЕРАНТНОСТІ РОСЛИН ДО ТОКСИЧНОЇ  
ДІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ**

**І.М. Журавльова, В.К. Ферлій**

*Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди  
e-mail: i0660088587@gmail.com*

**THE MECHANISM OF PLANT TOLERANCE TO THE TOXIC EFFECT OF  
HEAVY METALS**

**I.M. Zhuravleva, V.K. Ferlii**

**Annotation.** Mechanisms of plant protection against the toxic effect of heavy metals are considered. The tolerance of agricultural crops to heavy metals is determined by their biological characteristics. It is associated with the activation of a complex of external and internal protective mechanisms in plants. Also, the adaptation of cultures depends on the degree of toxicity of heavy metals.

**Key words:** *heavy metals, plants, contamination, translocation, tolerance.*

Проблема адаптації живих організмів до умов природного середовища набула особливої актуальності у зв'язку з посиленням впливу техногенного забруднення. Адаптацію розглядають як процес і результат підвищення стійкості рослин до дії зовнішніх і внутрішніх стресорів [1; 2] і як пристосування будови та функцій організму, спрямованих на збереження життєздатності у змінених умовах середовища [4]. Завдяки адаптації зростає толерантність, або знижується чутливість організму до повторної дії стресових чинників [5]. Забруднення атмосфери, води та ґрунтів важкими металами, як потужний екологічний фактор, суттєво лімітує життєдіяльність багатьох рослин і їх угруповань, що підтверджується фізіологічними та біохімічними змінами на всіх рівнях структурної організації – клітинному, організовому та популяційному. Важливого значення на рівні організму набувають дослідження морфо-фізіологічних реакцій, які з'являються під час адаптації рослин до дії поллютантів [10].

Загальна властивість рослин – толерантність розглядається як здатність зберігати життєдіяльність в умовах надлишку важких металів (ВМ) у ґрунті [7]. Багато дослідників намагалися визначити, що розуміється під терміном «толерантність» рослин. Цей термін відноситься як до видів, які ростуть в областях з високим рівнем забруднення, так і до окремих рослин, які здатні виживати при більш високому вмісті токсичних елементів в порівнянні з іншими. Толерантність до ВМ природних популяцій рослин переважно високоспецифічна та успадковується генетично. У формуванні стійкості рослин до ВМ можуть брати участь одночасно декілька типів механізмів, які мають адаптивний характер. В цілому толерантність вищих рослин до ВМ досягається двома шляхами:

1) виключенням надходження металів у клітину, в результаті чого рослина уникає токсичної дії ВМ на внутріклітинні процеси;

2) запуском внутріклітинних механізмів детоксикації ВМ [8].

Толерантність рослин до ВМ пов'язано з активізацією у них комплексу захисних механізмів, серед яких виділяють зовнішні, які не пов'язані з життєдіяльністю рослинного організму, що є наслідком властивостей ґрунту, які здібні зменшити потік іонів ВМ у тканини рослин і внутрішні, тобто ті, котрими володіє сама рослина, як то компартментація ВМ у кліткових стінках або вакуолях, зв'язування їх тіолвмісними білками, пептидами та органічними кислотами, вироблення альтернативних шляхів метаболізму, зміна структури ферментів. Толерантність сільськогосподарських культур

визначається як їх біологічними особливостями, так і ступенем токсичності ВМ [13].

Механізм толерантності рослин полягає у наступному [9]:

- компартментація ВМ у кліткових стінках або вакуолях, які пов'язують їх тіолвмісними білками, пептидами та органічними кислотами;
- зв'язування ВМ металотионеїнами и фітохелатинами, які за допомогою меркаптидних комплексів здійснюють детоксикацію;
- посилення екскреції ВМ із рослини при гутації і відторгнення вегетативних органів;
- розвиток в організмі рослин адаптивних змін, а саме: пошуки альтернативних метаболічних реакцій, зміна структури ферментів.

Як раніше підкреслювалось, першим потужним біологічним бар'єром на шляху транслокації ВМ у рослини є коріння, яке здатне блокувати більшу частину адсорбованих з ґрунтового розчину катіонів ВМ і тим самим перешкоджати їх надходженню у вегетативні, а потім генеративні органи рослин [6].

Інтенсивність надходження мікроелементів та ВМ у рослини через кореневу систему залежить від їх функцій. Макро- та мікроелементи, які входять до складу життєво важливих сполук (білки, ферменти) з більшим коефіцієнтом біологічного поглинання (КБП) споживаються з ґрунту рослинами вибірково та в більших кількостях, навпаки важкі метали, біологічне значення яких у рослинному організмі не достатньо доведено, мають КБП значно менше одиниці [1,5].

Механізм поглинання, специфічний для індивідуальних іонів, тобто може відбуватися конкуренція між спорідненими катіонами, наприклад, між Cu и Zn. Тому, накопичення важких металів, роль яких у рослинному організмі до кінця не виявлено, може бути результатом конкуренції з поглинанням необхідних елементів. Відомо, що Ca пригнічує надходження  $Cd^{2+}$  у проростки кукурудзи за рахунок зменшення його адсорбції коренями, а високі концентрації Zn – гальмують поглинання і транспорт  $Cd^{2+}$  в надземні частини рослин [3]. В той же час Cd може пригнічувати поглинання Mn, Cu коренями квасолі, Fe – капусти, Zn – коренями кукурудзи. Токсична дія важких металів на кореневу систему рослин проявляється в потовщенні коренів і зменшенні кількості корневих волосків і поглинаючої поверхні [10]. Наслідком порушення функції коренів є зниження здатності до поглинання ними поживних речовин з ґрунтового розчину, особливо P, K та Fe, бо у надходженні цих елементів значна роль належить дифузії, в результаті якої зменшується біопродуктивність сільськогосподарських рослин і спостерігаються ознаки токсикозу, які полягають у пригніченні ростових процесів, хлорозах і некрозах [7].

Потреба у високому рівні мінерального живлення і стійкість до високого вмісту токсичних елементів визначається генетично. В залежності від того, як збільшується вміст ВМ в окремих органах рослини при надходженні у надземну частину виділяють [9]:

- акумулятори — ВМ накопичуються у надземній частині за низьких та високих концентрацій у ґрунті; адаптація акумуляторів до високого вмісту важких металів включає генотипічну еволюцію і селекцію;
- індикатори — поглинання і транспорт важких металів у стебло регулюється так, що їх внутрішня концентрація відбиває зовнішню;
- екстрактори — вміст ВМ у стеблі залишається відносно постійним і низьким за широкого діапазону їх концентрацій у ґрунті до критичного рівня, після якого захисний механізм перестає спрацьовувати, і транслокація не обмежена.

Фізіологічна суть обмеження при надходженні ВМ у надземну частину полягає у тому, щоб знизити концентрацію ВМ у тих ділянках, де найактивніше проходять процеси біосинтезу, зокрема фотосинтезу, який гальмується кадмієм. Виявлено наступну причину гальмування фотосинтетичної фіксації  $CO_2$ , а саме, індукція кадмієм

закривання продихів, функція яких порушується в епідермісі листя. Крім того, кадмій безпосередньо впливає на реакції фотосинтезу у хлоропластах: змінює склад пігментів, відокремлює транспорт електронів, стримує фотофосфорилування [13].

Надходячи у зерно, ВМ сприяють зміні його біохімічних показників якості, що виявляється в накопиченні нітратів, підвищенні зольності внаслідок зміни елементного складу рослин, збільшенні вмісту сполук, які беруть участь у детоксикації ВМ у клітині рослин. Зокрема, збільшення білка у зерні пов'язано із захисною реакцією білкових сполук, а саме їх участю у детоксикації ВМ, які потрапляють у клітину [12]. Виходячи з накопиченого раніш теоретичного і фактичного матеріалу про механізми толерантності рослини до токсичної дії важких металів, їх вплив на елементний склад і біохімічні показники зерна слід відмітити, що при виборі критеріїв для оцінки стійкості сільськогосподарських культур, які вивчаються у польовому досліді, слід орієнтуватися крім величини врожаю, на відповідність вмісту ВМ у товарній частині нормам ГДК, а біохімічних показників якості – санітарно-гігієнічним нормам, оскільки саме рослинна продукція є сировиною для виробництва продуктів харчування людини і годівлі.

### Список використаних джерел

1. Гуральчук Ж. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії. *Логос*. 2006. Т. 208.
2. Дегодюк Е., Дегодюк С. Еколого-техногенна безпека України : навч. посіб. ЕКМО, 2006. 306 с.
3. Жеребна Л. Вплив високих рівнів забруднення свинцем та кадмієм чорноземів опідзолених і типових на надходження цих елементів у рослини ячменю і кукурудзи, урожай та його якість в умовах Лівобережного Лісостепу України : автореф. Харків, 2003. 23 с.
4. Коцюбинська Н. Загальні механізми адаптації рослин до негативних чинників різного походження. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть*. 2-ге вид. Київ, 2001. С. 60–67.
5. Самохвалова В., Фатєєв А., Мірошніченко М. Порогові рівні токсичності важких металів для сільськогосподарських культур. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 11. С. 61–65.
6. Серегин И., Иванов В. Роль тканей корня и побега в транспорте и накоплении кадмия, свинца, никеля и стронция. *Физиология растений*. 2008. Т. 55, № 1. С. 2–26.
7. Спосіб індикації та оцінки екологічного стану забрудненої важкими металами системи ґрунт – рослина за біохімічними показниками / В. Самохвалова та ін. *Біологія*. 2008. № 24. С. 83–90.
8. Феник С., Трофимьяк Т., Блюм Я. Механизмы формирования устойчивости растений к тяжелым металлам. *Успехи совр. биологии*. 1995. № 3. С. 261–275.
9. Яковишина Т. Толерантність сільськогосподарських культур до токсичної дії важких металів. *Загальна екологія та радіологія*. 2008. № 1. С. 87–95.
10. Conte S., Walker E. Transporters contributing to iron trafficking in plant. *Molecular Plant*. 2011. No. 4. P. 464–476.
11. McGrath S., Zhao F. Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. *Current Opinion in Biotechnology*. 2003. No. 14.
12. Rao D. Responses of bryophytes to air pollution. *Bryophyte ecology*. London, 1982. P. 445–471.
13. Song N., Zhong X. Development of a multi-species biotic ligand model predicting the toxicity of trivalent chromium to barley root elongation in solution culture. *PLoS One*. 2014. No. 9.