

18. Дідух Я. П. Гірські бори (Erico-Pinetea Horvat 1959) України / Я. П. Дідух // Рослинність хвойних лісів України (Київ, листопад 2003 р.): Матер. роб. нарад. – К.: Фітосоціоцентр, 2003. – 302 с.
19. Котов М. І. Вовчі ягоди кримські *Daphne taurica* Koton. та умови їх зростання / М. І. Котов // Досягнення ботанічної науки 1969. – К.: Наук. думка, 1972. – С. 56–58.

V. Rasevich

## BIOINDICATION ESTIMATION OF LEADING ECOLOGICAL FACTORS WHICH OPERATE WITHIN THE LIMITS OF GROUPMENTS WITH DIFFERENT SYNTAXONIC CHARACTER AT PARTICIPATION OF *DAPHNE SOPHIA* KALEN.

*On the basis of the classification of vegetation and sinphitoindikacion method the estimation of leading ecological factors which operate within the limits of groupments at participation of rarity and endemic specie Daphne sophia Kalen. was conducted. It is set that D. sophia coenopopulations happen within the limits of 5 classes of vegetation: Rhamno-Prunetea, Erico-Pinetea, Festuco-Brometea, Querco-Fagetea and Helianthemo-Thymetea. But the ecotopes of specie are presented small the amount of vegetation groupments with ecotonic character. That is why both a phytocenotic and ecological of amplitudes of specie, are narrows. Ekologo-coenotical optimum of D. sophia plants are in bushes groupments (Cl. Rhamno-Prunetea). It was succeeded to find out on the basis of phitoindikacion method, that taxonomical near species D. sophia and D. taurica don't divided after the groups of leading ecological factors.*

*Key words: bioindication, classification of vegetation, groupments of vegetation, D. sophia.*

УДК 616+631.95:631.445.2/.4+633

Риженко Н. О., Кавецький В. М.

## ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ФІТОТОКСИЧНОСТІ CD, CU, ZN, PB ЗА УМОВ МОНО- ТА МУЛЬТИМЕТАЛІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ

*Встановлено низхідний ряд фітотоксичності важких металів стосовно ячменю ярого: Cd>Cu>Zn>Pb, виявлено синергетичну дію суміші Cd, Pb, Zn, Cu. Найменш токсичні метали Pb та Zn у суміші мають більшу фітотоксичність, що вказує на наявність потенційованої їх дії в умовах мультиметалічного забруднення. Виявлено, що вплив найтоксичніших металів кадмію та міді на рослини зменшується в умовах мультиметалічного забруднення ґрунту, тобто має місце нигілятивна дія як прояв синергізму.*

### Вступ

Прогноз прояву токсичності важких металів (ВМ) на живий організм за їх сумісної дії є необхідною умовою дослідження поведінки цих поллютантів у системі «ґрунт-рослина», оскільки явище мультиметалічного впливу на складові екосистеми є найбільш типовим за умов імпаکتного і хронічного забруднень, а токсична дія металів може реалізуватись по-різному з точки зору кількісного та якісного ефекту залежно від

комбінації поллютантів у суміші. При цьому, як правило, має місце явище синергетичної дії (синергізму) – взаємодії елементів, при якому ефект є більшим або меншим, ніж сума впливу від дії окремих поллютантів; або збільшення чи зменшення сили впливу одного фактора за наявності в середовищі інших односпрямованих факторів [1–3].

При сумісному забрудненні солями ВМ їх токсична дія може бути:

- адитивною, або простою сумою токсичних ефектів окремих поллютантів у якісному та кількісному розумінні;
- потенційованою, або збільшеним ефектом у кількісному розумінні при умовно-якісній константі;
- нигілятивною, або зменшеним ефектом у кількісному розумінні при умовно якісній константі;
- дивергентною, або зменшеною, збільшеною (чи такою самою за рівнем руйнівних наслідків), але якісно іншою, тобто зміненою [4].

Термін «синергізм» означає явища потенціювання, нигіляцію і дивергенцію та разом з уточненням «адитивна дія» може позначати весь спектр дій.

Адитивна дія при сумісному імпакті за забруднення, як правило, дуже рідкісний випадок. Проста сумарна (кількісна) дія може бути таким чином зрозуміла, у разі нехтування якісною компонентою, або вважаючи, що якісні зміни у впливі не суттєві (якщо порівнювати якісні дії окремих поллютантів у суміші, що забруднюють). Адитивну дію доцільно розглядати як гіпотетичний випадок, який можна використовувати при аналітичних розрахунках, схематичних формалізаціях тощо.

Синергетична дія може проявлятися по-різному. На перших етапах впливу вона подібна до адитивної дії згідно із законами *L* системи (системи Лібіха). Потім виникають якісно-кількісні наслідки та зміни згідно із загальними та окремими законами функціонування системи «організм-середовище», а саме: закону сукупної дії факторів (закон фізіологічних дій); закону нерівноцінної дії (селективної дії) фактора на різні функції організму; правилу або закону фазових реакцій: тимчасовий гомеостаз (невизначена реакція) → гормезис (стимулювання) → інгібування → летальний кінець; закону Боуліча («все або нічого»); закону суб'єктивної кількісної оцінки збудника Вебера – Фехнера [2, 3, 5, 6].

В цій статті явище синергізму розглядали стосовно фітокомпоненту на рівні агродемпопуляції ячменю ярого, порівнюючи вплив селективної та сумісної дії солей Pb, Cd, Zn, Cu при встановленні залежності фітометричних показників (пригнічення росту та накопичення фітомаси культурою) від концентрації рухомих та потенційно рухомих форм ВМ у ґрунті.

### Матеріали і методи

Досліджувані ґрунти: дерново-середньопідзолистий супіщаний (рН сол. – 5,5, гідролітична кислотність 2,7 мг-екв./100 г, вміст гумусу, за Тюрнімом, 0,87 %, ступінь насиченості основами 58 %) та чорнозем типовий малогумусний (рН

сол. -6,2, ступінь насиченості основами 82,3 %, вміст гумусу 2,89 %) під посівом ячменю ярого. Дослідження проводились на базі Чернігівського інституту АПВ УААН.

За схемою вегетаційного дослідження передбачалося внесення солей ВМ у ґрунт за схемою: 1. Контроль; 2, 3, 4 – Cu: 5 ГДК (500 мг/кг ґрунту), 10 ГДК (1000 мг/кг), 15 ГДК (1500 мг/кг); 5, 6, 7 – Zn: 5 ГДК (1500 мг/кг), 10 ГДК (3000 мг/кг), 15 ГДК (4500 мг/кг); 8, 9, 10, 11, 12, 13 – Cd: 5 ГДК (15 мг/кг), 10 ГДК (30 мг/кг), 15 ГДК (45 мг/кг), 30 ГДК (90 мг/кг), 50 ГДК (150 мг/кг), 100 ГДК (300 мг/кг); 14, 15, 16, 17, 18 – Pb: 5 ГДК (150 мг/кг), 10 ГДК (300 мг/кг), 15 ГДК (450 мг/кг), 30 ГДК (900 мг/кг), 50 ГДК (1500 мг/кг).

Схема польового дослідження: 1. Контроль; 2. 0,5 ГДК солей Zn, Cd, Cu, Pb; 3. 1ГДК солей Zn, Cd, Cu, Pb; 4. 5 ГДК солей Zn, Cd, Cu, Pb.

Було використано такі солі:  $Pb(NO_3)_2$ ,  $ZnSO_4 \times 7H_2O$ ,  $CuSO_4 \times 7H_2O$ ,  $CdSO_4$ . Закладання та проведення польового дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик [7]. Екстракцію рухомих та потенційно рухомих форм Cd, Pb, Cu, Zn проводили 1Н НСІ з подальшим визначенням хроматографічним методом в тонкому шарі адсорбенту (№ 50-97 від 19.06.1997 р.) [8].

Для дослідження динаміки росту та накопичення фітомаси (загальної, генеративної) використовували середні значення висоти та фітомаси в межах однієї агродемпопуляції, яка в нашому випадку являє собою сукупність особин тест-культури на одиницю площі з певною концентрацією рухомих та потенційно рухомих форм металу або суміші поллютантів у ґрунті. Для оцінки суттєвої різниці ( $HSP_{5\%}$ ) у дослідках застосовували однофакторний дисперсійний аналіз.

### Результати та їх обговорення

Для виявлення синергетичної дії важких металів проводили порівняння фітотоксичності кожного елемента та суміші поллютантів. Для цього було встановлено діапазони токсикотолерантності за умов моно- та мультиметалічного забруднення стосовно ячменю ярого. Діапазон токсикотолерантності являє собою частину кривої толерантності Шелфорда та є діапазоном концентрацій певного металу (або суміші ВМ), верхньою межею якого є значення концентрації рухомих форм металу (суміші ВМ) в ґрунті, коли не відбувається пригнічення росту та накопичення фітомаси культурою (кінець оптимуму кривої толерантності), а нижньою межею є концентрація рухомих форм металу (суміші ВМ) в ґрунті, що призводить до загибелі рослин (песимум). Для порівняння токсичної дії металів у

Таблиця 1. Пороги фітотоксичності важких металів (за рухомими формами) стосовно ячменю ярого

Показник (поріг пригнічення)	Концентрація в ґрунті (рухома форма), мг/кг							
	Метали							
	Cd		Cu		Zn		Pb	
	Ф заг*	Ф гнр	Ф заг	Ф гнр	Ф заг	Ф гнр	Ф заг	Ф гнр
<i>Дерново-середньопідзолистий ґрунт</i>								
0 %	9,5	4	49	45	330	320	170	110
10 %	17	12	60	58	370	360	210	190
50 %	70	53	119	112	590	460	650	570
75 %	120	92	151	142	680	660	970	890
Летальні значення	156	137	185	177	770	750	1220	1170
<i>Чорнозем типовий малогумусний</i>								
0 %	13	12	55	50	380	340	200	180
10 %	21	20	71	65	440	400	280	220
50 %	78	65	135	128	650	610	700	610
75 %	130	110	185	160	750	720	990	910
Летальні значення	170	139	189	183	830	770	1270	1180

Примітка: Ф заг. – загальна фітомаса; Ф гнр. – генеративна фітомаса.

межах усього діапазону токсикотолерантності користувались 0 %, 10 %, 50 %, 75 %, 100 % порогами фітотоксичності (пригнічення фітомаси) (табл. 1).

Найбільш токсичним стосовно ячменю виявився кадмій, який мав найширший діапазон токсикотолерантності та найменший нижній поріг фітотоксичності (табл. 1). Найменшою фітотоксичністю характеризувався свинець: концентрація металу, що викликала загибель рослин, була найбільшою серед досліджуваних елементів. За значенням концентрації (отже, і за токсичністю) при 10 %, 50 %, 75 % досліджувані метали розташувались у такій же послідовності, що і при 0 і 100 % порогах фітотоксичності. Винятком був цинк, який характеризується високим значенням нижнього порога, що, очевидно, пов'язано із високою біофільністю цього елемента.

Розташування металів за значеннями порогів фітотоксичності для генеративної фітомаси (зерна) в ґрунті було аналогічним і для загальної фітомаси. Однак пороги фітотоксичності для генеративної фітомаси були меншими, оскільки ступінь чутливості зерна до стресового фактора більший порівняно із загальною фітомасою, що визначається законом алопатичної детоксикації: відновлення втраченого рівня накопичення генеративної фракції фітомаси до контрольного рівня відбуватиметься повільніше, ніж у решти фракцій.

Значення діапазонів токсикотолерантності на чорноземі типовому в межах кожного металу вищі, ніж на дерново-середньопідзолистому ґрунті, що пояснюється більшою геохімічною ємністю, а, як наслідок, і буферністю до металічного забруднення чорнозему.

Для дослідження токсичної дії суміші даної комбінації металів та порівнянні її з токсичністю

окремого металу (в тому числі явищ синергізму) користувались сумою концентрацій рухомих форм окремого металу, частка кожного з яких у суміші відома.

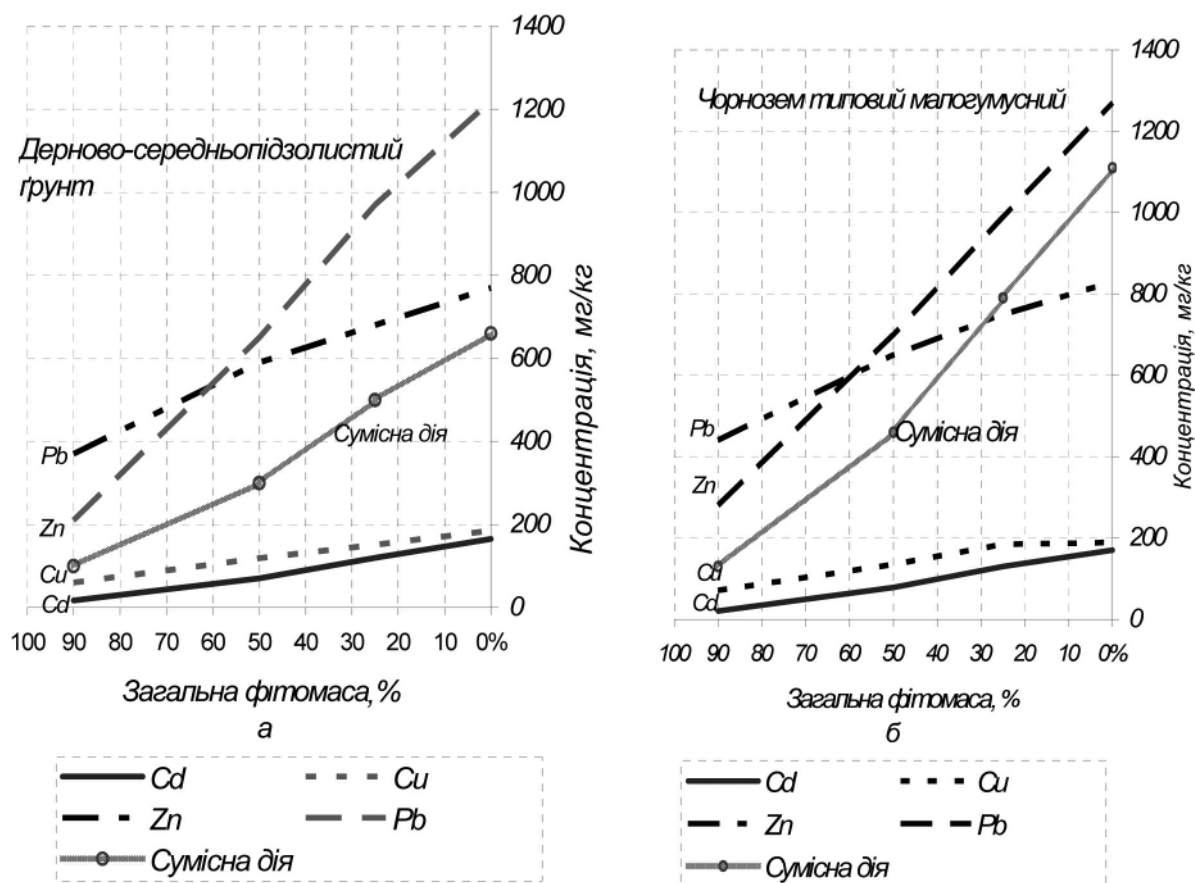
Були встановлені діапазони токсикотолерантності для суміші металів; щодо висоти та загальної фітомаси рослин, які становили 69,2–660,0 мг/кг на дерново-середньопідзолистому ґрунті, та 80–1110 мг/кг – на чорноземі типовому (табл. 2).

Як і у випадку селективного імпадного забруднення, діапазони токсикотолерантності генеративної фітомаси менші порівняно зі значенням діапазонів загальної фітомаси та висоти.

Таблиця 2. Пороги пригнічення росту та накопичення фітомаси в умовах мультиметалічного забруднення

Показник (поріг пригнічення)	Концентрація суми рухомих форм ВМ у ґрунті, мг/кг	
	Загальна фітомаса, висота	Генеративна фітомаса
<i>Дерново-середньопідзолистий ґрунт</i>		
0	69,2	40
10 %	100,0	55
50 %	300,0	240
75 %	500,0	425
Летальні значення	660,0	625
<i>Чорнозем типовий малогумусний</i>		
0 %	80,0	55
10 %	130,0	100
50 %	460,0	400
75 %	790,0	640
Летальні значення	1110,0	850

Завдяки більшій геохімічній ємності чорнозему, його пороги фітотоксичності, в тому числі й згубної дії для тест-культури, були більшими, ніж на дерново-середньопідзолистому ґрунті.



**Рисунок.** Вплив окремо та сумісно внесених ВМ на фітопродуктивність ячменю ярого в умовах дерново-середньопідзолистого ґрунту (а) та чорнозему типового мало гумусного (б)

Для визначення синергетичної дії порівнювали прямі залежності, побудовані за трьома точками діапазону токсикотолерантності (10, 50, 100 % порогами фітотоксичності) кожного металу та їх суміші (рисунок). Прямі залежності загальної фітомаси від концентрації суміші металів розташована між прямими, що показують залежність фітомаси від концентрації рухомих форм Cu, Cd та Pb, Zn на обох досліджуваних ґрунтах. Це свідчить про те, що у суміші ВМ вплив найтоксичніших металів кадмію та міді на рослини зменшується, тобто має місце нигілятивна, або дивергентна дія як прояв синергізму. Найменш токсичні метали для ячменю Pb та Zn у суміші мають більшу фітотоксичність, що вказує на наявність потенційованої їх дії в умовах мультиметалічного забруднення (рис.). Збільшення фітотоксичності цинку за мультиметалічного забруднення також можна розглядати як дивергентну дію, оскільки збільшений ефект може бути якісно іншим за характером дії у зв'язку із хімічною близькістю кадмію, що міститься у суміші та заміщує цинк у фізіологічних процесах як елемент-аналог.

## Висновки

Таким чином, було встановлено такий низхідний ряд фітотоксичності важких металів стосовно ячменю ярого:  $Cd > Cu > Zn > Pb$ .

Встановлена закономірність алопатичної детоксикації, яка полягає у інтенсивнішому пригніченні та повільнішому відновленні втраченого рівня накопичення фітомаси у генеративної фракції (зерні) порівняно із загальною фітомасою.

Встановлено, що в зв'язку із вищою геохімічною ємністю фітотоксична дія Cd, Cu, Zn, Pb при моно- та мультиметалічному забрудненні на чорноземі типовому малогумусному була меншою, ніж на дерново-середньопідзолистому ґрунті.

Виявлено синергетичну дію суміші Cd, Pb, Zn, Cu стосовно ячменю ярого. Найменш токсичні метали Pb та Zn у суміші мають більшу фітотоксичність, що вказує на наявність потенційованої їх дії в умовах мультиметалічного забруднення. Вплив найтоксичніших металів кадмію та міді на рослини зменшується, тобто має місце нигілятивна дія як прояв синергізму.

1. Экологический энциклопедический словарь. Дедю И. И. – К. – 408 с.
2. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). Реймерс Н. Ф. – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
3. Природопользование. Словарь-справочник. Реймерс Н. Ф. – М.: Мысль, 1990. – 638 с.
4. Экология и охрана природы: Словарь-справочник. Снакин В. В. – М.: Academia, 2000. – 384 с.
5. Система экотоксикологических исследований окружающей среды – основа обеспечения внутреннего динамического равновесия экосистем. Кавецкий В. Н., Багацкая Е. Н., Рыженко Н.А. // Современные проблемы токсикологии. – 2006. – № 2. – С. 59–65.
6. Фітотоксикологія: виникнення, методологія, основи. Рыженко Н. О. // Вісник ДАУ.– Житомир, 2006. – Вип. № 2 (17). – С. 60–68.
7. Екотоксичний моніторинг агрогеоценологічного покриття (концепція та критерії оцінки стану агроценозів). Кавецкий В.М., Козьякова Н.О. // Науковий вісник НАУ. – К., 2002. – Вип. 50. – С.290–293.
8. Методичні вказівки по визначенню Hg, Zn, Co, Cd, Cu, Ni в ґрунті, рослинах, у воді методом тонкошарової хроматографії. Кавецкий В. М., Кавецкий С. В. та ін. Методичні вказівки з визначення мікродоз пестицидів в харчових продуктах, кормах та навколишньому середовищі, збірник. – 1997. – Вип. 50–97. – С. 63–78.

N. O. Ryzhenko, V. M. Kavetsky

## ECOTOXICAL ASSESSMENT OF CD, CU, ZN, PB PHYTOTOXICITY AT THE CONDITION OF SINGLE AND COMBINE HEAVY METALS POLLUTION

*The article deals with the illustration of four possible types of synergism including exponentiation, nihilism, divergence and with the additively concludes all spectrum of pollutants joint action. It was established the descending raw of the heavy metals toxicity concerning to the spring barley: Cd>Cu>Zn>Pb. The synergism of Cd, Pb, Zn, Cu mix had been revealed. The least toxically metals Pb and Zn in the mix had more phytotoxicity that demonstrates their exponentiation in heavy metals mix. It had been determined decreasing of influence of most toxically metals Cd and Cu on plant evidenced of nihilism as a synergism demonstration.*

УДК 612-092.4: 57.084

Волошина Н. О.

## ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ НАНОЧАСТОК ОЛОВА НА ЯЙЦЯ ASCARIS SUUM (GOEZE, 1782).

*Наведено результати експериментальних досліджень щодо впливу аніоноподібних висококоординатних аквахелатів наночастинок олова на чисту культуру яєць Ascaris suum. Доведено, що наночастки олова мають виражений овоцидний ефект, характеризуються селективністю впливу на живі яйця нематоди та придатністю до багаторазового використання.*

### Вступ

Протягом тривалого часу вітчизняні та зарубіжні дослідники приділяли багато уваги вивченню питання стійкості збудників паразитарних хвороб (яйця та личинки гельмінтів, цисти та ооцисти кишкових найпростіших) до дії різних хімічних речовин [1]. Було встановлено значну стійкість яєць гельмінтів до дії концентрованих розчинів солей важких металів, кислот та лугів [2].

Проте результати численних досліджень з розробки ефективних хімічних методів дегель-

мінтизації виробничих та побутових об'єктів не набули широкого застосування в практиці боротьби та профілактики гельмінтозів [1].

Олово (Sn – Stanum) – потенційно токсичний мікроелемент. Неорганічні сполуки олова малотоксичні, органічні – токсичніші. Антагоністами олова є цинк та мідь.

Вперше інтерес до оловоорганіки виник в роки першої світової війни. Органічні сполуки олова використовували як фунгіциди та інсектициди для боротьби із шкідливими мікроорганізмами та комахами. В медицині хлорид олова застосову-