

**УДК 504.53:581.1:633.1**

**ФІТОТОКСИЧНІСТЬ ЗАБРУДНЕНИХ  
ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ҐРУНТІВ М. МИКОЛАЄВА**  
*Н.Ю. Крижановська, О.Б. Паузер, І.П. Якуба*  
*Одеський Національний університет імені І.І. Мечникова*  
*irinayakuba@yahoo.com*

Исследовано содержание тяжелых металлов (Cd, Mn, Cu, Ni, Pb, Zn) в почвах на территории ряда предприятий г. Николаева. Доказано их фитотоксическое воздействие на проростки озимой пшеницы. Исследована корреляционная зависимость между содержанием тяжелых металлов в почве и содержанием хлорофилла, весом, ростом растений, содержанием аскорбиновой кислоты, сухого вещества и активностью пероксидазы в растениях.

*Тяжелые металлы, фитотоксичность, пшеница, корреляция.*

Важкі метали є одними з найнебезпечніших забруднювачів ґрунту, в зв'язку з тим, що шкідливий ефект даного забруднення триває десятиліттями [3, 9]. Ситуація із надходженням важких металів у ґрунт на території м.Миколаєв покращилась завдяки занепаду промисловості. Проте наслідок тривалого забруднення у минулому у вигляді фітотоксичності ґрунтів на території колишніх підприємств заважає формуванню зелених насаджень на цих територіях у майбутньому та становлять безпосередню загрозу для оточуючих приватних ділянок, де населення вирощує сільськогосподарські культури, і на які забруднений ґрунт потрапляє у вигляді пилу. Все це зумовлює необхідність постійного моніторингу вмісту важких металів в ґрунтах міста, особливо на територіях підприємств, та дослідження їх фітотоксичності, що й стало метою даного дослідження.

**Умови та методи досліджень**

Відбір проб ґрунту на визначення вмісту важких металів та їх фітотоксичності здійснювали у межах міста Миколаєва на 60 ділянках, розташованих на території різних промислових підприємств та об'єктів. Незабруднений ґрунт відбирали на полях Проектно-технологічного центру

Облдержродючість (Миколаївська Дослідна станція). Відбір здійснювали за стандартними методиками [7].

Ґрунт району досліджень – чорнозем південний залишково-слабкосолонцюватий важко суглинковий, різного ступеню еродованості. Вміст важких металів у ґрунті визначали методом атомно-адсорбційної спектрофотометрії [12]. Фітотоксичність забруднених ґрунтів визначали методом проростків [10], як тест об'єкт використовували м'яку озиму пшеницю сорту Херсонська безоста. У двотижневих проростків визначали: сиру вагу, висоту надземної частини, вміст пігментів спектрофотометрично у спиртовій витяжці за формулами Вінтерманс де Мотс, вміст сухої речовини ваговим методом, вміст білку спектрофотометрично за Лоурі, вміст аскорбінової кислоти титруванням за Прокошевим, активність пероксидази спектрофотометрично за Бояркіним [8]. За контроль брали рослини, що вирощували на ґрунті з Дослідної станції. Достовірність різниці з контролем використовували з використанням критерію Стьюдента, підчас рохрахунку коефіцієнтів кореляції обраховували 44 пари ознак [6] (з території окремого підприємства формували по 3–4 мішаних проби для вирощування пшениці).

### **Результати та їх обговорення**

На території м. Миколаєва розташований широкий спектр підприємств - забрудників території важкими металами. Незважаючи на те, що більшість підприємств на даний момент не функціонують, або займаються непрофільною діяльністю, значна акумулятивна здатність чорноземних ґрунтів [11] сприяє збереженню високого рівня забрудненості важкими металами, основна частина яких надходила у ґрунт протягом десятиліть, аж до дев'яностих років двадцятого сторіччя.

Згідно визначення валового вмісту важких металів на територіях підприємств міста спостерігається значне забруднення ґрунту. За кожним з визначених металів спостерігалось перевищення ГДК у тих чи інших місцях відбору (табл. 1).

Найбільше забруднення кадмієм спостерігалось у районі трансформаторного заводу: вміст металу в ґрунті на 25 % перевищував ГДК (табл. 1). Це пов'язане із рухом автомобільного транспорту у районі розташування підприємства та багаторічним використанням у виробництві кольорових металів.

Високий ступень забруднення марганцем відмічено на двох підприємствах міста: ТОВ СП Нібулон та Локомотивне депо – на 15 та 25 % перевищення ГДК відповідно (табл. 1). Ці показники є наслідком діяльності підприємств, пов'язаної з рухом залізничного транспорту та перевантаженням продукції важкої металургії.

Найбільший ступень забруднення міддю спостерігався на території МПО Заря-Машпроект та ТОВ СП Нібулон, де вміст елемента у тричі перевищує ГДК, що пов'язане із виробництвом турбінних двигунів, яке в свою чергу потребує великої кількості продукції кольорової металургії. У двічі перевищення ГДК за міддю спостерігалось у районах заводів Дормашина, Трансформаторного, Гідрореммаш, Суднобудівного заводу ім. 61 комунара, у районі локомотивного депо та ВО Миколаївзалізобетон (табл. 1), що може бути зумовлене використанням та перевантаженням на даних підприємствах різноманітної продукції металургійної та хімічної промисловості.

За вмістом нікелю відмічене перевищення ГДК тільки на території МПО Заря-Машпроект (табл. 1), де даний елемент входив до групи кольорових металів, що використовують під час виробництва турбінних двигунів.

Всі місця відбору проб забруднені свинцем у кількостях, які перевищують ГДК. Найбільший вміст свинцю в ґрунті визначено біля АТП 14828 – вміст елемента перевищує ГДК у 45 разів (табл. 1). Таке забруднення пояснюється розташуванням автодоріг та активним рухом автотранспорту, який є головним джерелом надходження свинцю у ґрунт.

Таблиця 1 – Вміст важких металів у ґрунті забруднених територій м.Миколаєва, мг/кг

Table 1 – Vmist vazhkih metaliv have rrunti zabrudnenih teritoriy m.Mikolaeva mg / kg

Місце відбору проб	Важкі метали					
	Cd	Mn	Cu	Ni	Pb	Zn
<b>ГДК за [1]</b>	<b>1,0</b>	<b>1500</b>	<b>55,0</b>	<b>85</b>	<b>30</b>	<b>115</b>
МПО “Заря-Машпроект”	0,50	874	<b>158</b>	<b>333</b>	<b>60</b>	<b>221</b>
Завод “Дормашина”	0,75	750	<b>122</b>	33	<b>199</b>	<b>250</b>
ЧСЗ	0,50	798	<b>79</b>	20	<b>65</b>	<b>131</b>
ТОВ СП “Нібулон”	0,50	<b>1684</b>	<b>182</b>	15	<b>55</b>	<b>223</b>
ВО “Миколаївзалізобетон”	0,75	615	<b>91</b>	13	<b>75</b>	<b>309</b>
Завод залізобетонних виробів	0,25	798	29	25	<b>112</b>	<b>186</b>
Дромобудівний комбінат	0,25	755	18	27	<b>59</b>	<b>164</b>
Локомотивне депо	0,00	<b>1738</b>	<b>100</b>	39	<b>59</b>	<b>164</b>
Завод мастильного та фільтровального обладнання	0,25	696	31	21	<b>90</b>	87
АТП 114828	0,50	388	29	9	<b>1340</b>	<b>301</b>
Трансформаторний завод	<b>1,25</b>	598	<b>106</b>	17	<b>180</b>	<b>161</b>
Завод “Гідрореммаш”	0,75	415	<b>129</b>	13	<b>171</b>	<b>261</b>
Суднобудівний з-д ім.61 Комунара	0,78	647	<b>91</b>	22	<b>169</b>	<b>474</b>

Примітка: жирним шрифтом виділено значення, які перевищують ГДК.

Забруднення великою кількістю цинку спостерігали у ґрунті всіх досліджених підприємствах, крім заводу мастильного та фільтровального обладнання (табл. 1). Це пояснюється потраплянням цинку у ґрунт зі стічними водами гальванічних цехів підприємств та накопиченням його у ґрунті.

За вмістом усіх металів найбільш забруднені ґрунти на території Локомотивного депо та ТОВ СП Нібулон, найменш забруднений ґрунт на території заводу мастильного та фільтровального обладнання.

Підвищені концентрації важких металів можуть призвести до загальних малоспецифічних фізіологічних та

біохімічних змін. В якості найбільш загальних прояв стресу, зумовленого надлишком важких металів, виділяють пошкодження мембран, зміну активності ферментів, інгібування росту коренів. Відмічені порушення ведуть до цілого ряду вторинних ефектів, таких як гормональний дисбаланс, дефіцит необхідних елементів, інгібування фотосинтезу, порушення переміщення фотоасимілятів, зміна водного режиму та ін., які, в свою чергу, збільшують гальмування росту рослин [2, 5, 13–15].

Типовим ефектом є індукція важкими металами хлорозу листків. Зниження концентрації хлорофілу у листках рослин може слугувати біоіндикаторною ознакою забруднення навколишнього середовища, оскільки воно відмічено у цілому ряді випадків для різних важких металів та інших сполук. У зв'язку із зазначеним, було досліджено вплив рівню забрудненості ґрунту дослідженого району важкими металами на вміст хлорофілу у проростках пшениці та зріст проростків із метою визначення фітотоксичності ґрунтів, зумовленої важкими металами.

Негативний вплив на вміст хлорофілу у проростках пшениці відмічено на ґрунті з МПО Заря-Машпроект – зниження кількості хлорофілів *a* і *b* та їх суми на 39, 20 та 29%, відповідно, на ґрунті з ЧСЗ – хлорофілу *a* і суми на 39 та 22 %, на ґрунті з ТОВ СП Нібулон – хлорофілу *a* і суми на 49 та 35 %, на ґрунті з Суднобудівного заводу ім. 61 Комунара – хлорофілу *a* і суми на 26 та 18 % (табл. 2).

Підвищення вмісту хлорофілу спостерігали у проростках, зрощених на ґрунті з заводу Дормашина – хлорофілу *b* і суми на 46 та 22 % та на ґрунті з заводу залізобетонних виробів – хлорофілу *b* на 31 % (табл. 2).

Майже на всіх досліджених ділянках ґрунт спричиняв інгібуючий вплив на накопичення сирової ваги проростками пшениці – на 27–60 %. Отримані за даним показником результати дозволяють впевнено стверджувати про фітотоксичність ґрунтів району дослідження, різною мірою забруднених важкими металами. На зріст рослин негативний вплив доведено для ґрунтів з територій МПО Заря-Машпроект, заводу Дормашина, ЧСЗ, ВО

Миколаївзалізобетон та заводу залізобетонних виробів, зниження висоти порівняно із рослинами, які зростали на незабрудненому ґрунті становило 33–54 %.

Таблиця 2 – Вміст хлорофілу у проростках пшениці, зрощеної на забрудненому важкими металами ґрунті, мг/г

Table 2 – Chlorophyll content in the wheat sprouts, growing on the soil, polluted with heavy metals, mg/g

Місце відбору	Хлорофіл а	Хлорофіл в	Сума хлорофілів
Проектно-технологічний центр Облдержродючість (Контроль)	0,329±0,012	0,399±0,010	0,730±0,014
МПО “Заря-Машпроект”	0,199 ±0,012***	0,320±0,030*	0,519±0,018**
Завод “Дормашина”	0,308±0,009	0,583±0,018**	0,891±0,027**
ЧСЗ	0,199±0,015***	0,372±0,034	0,571±0,047*
ТОВ СП “Нібулон”	0,168±0,016**	0,307±0,029	0,475±0,045*
ВО “Миколаївзалізобетон”	0,299±0,019	0,450±0,095	0,749±0,076
Завод залізобетонних виробів	0,279±0,018	0,523±0,042*	0,867±0,060
Домобудівний комбінат	0,388±0,072	0,215±0,100	0,603±0,107
Локомотивне депо	0,264±0,017	0,502±0,055	0,766±0,078
Завод мастильного та фільтрувального обладнання	0,307±0,013	0,365±0,026	0,672±0,027
АТП 14828	0,331±0,027	0,329±0,040	0,660±0,067
Трансформаторний завод	0,154±0,090	0,286±0,030*	0,660±0,067
Завод “Гідрореммаш”	0,346±0,013	0,413±0,019	0,759±0,034
Суднобудівний завод ім.61Комунара	0,245±0,018*	0,321±0,024	0,595±0,036*

Примітка. Тут і в таблицях 4 і 5 достовірна різниця із контролем – варіантом „Проектно-технологічний центр Облдержродючість (Миколаївська Дослідна станція)”: \* – для  $P \geq 95\%$ , \*\* – для  $P \geq 99\%$ , \*\*\* – для  $P \geq 99,9\%$ .

Забруднення важкими металами вплинуло на біохімічний склад проростків пшениці. У надземній частині

у всіх точках відбору вміст аскорбінової кислоти був або достовірно вищий за контроль, або мав тенденцію до підвищення (табл. 3).

Таблиця 3 – Біохімічні показники пшениці, вирощеної на забрудненому важкими металами ґрунті

Table 3 – Biochemical parameters of the wheat sprouts growing on the soil polluted with heavy metals

Місце відбору	Аскорбінова кислота, мг %	Вміст білка, мг/г	Суша речовина, %
Проектно-технологічний центр Облдерждерждочність (контроль)	13,87±0,46	30,00±0	10,2±0,1
МПО “Заря-Машпроект”	20,64±6,39	17,5±4,95*	11,6±0,5*
ЧСЗ	21,61±5,02	13,25±4,60*	11,8±0,3*
СОВ СП “Нібулон”	14,19±0,91	9,5±0,16*	9,8±0,3
ВО “Миколаївзалізобетон”	14,19±0*	8,00±0*	10,4±0,4
Завод залізобетонних виробів	24,51±0,91**	14,00±0*	15,0±0,7*
Домобудівний комбінат	32,25±0***	30,00±0	10,9±0,3
Локомотивне депо	17,09±6,84	12,00±6,36*	13,0±0,6*
АТП 14828	22,90±5,02	10,75±4,60*	11,6±0,5*
Трансформаторний завод	19,57±0,46**	35,00±3,54	9,7±0,5
Завод “Гідрореммаш”	23,54±2,28*	10,00±2,12*	10,3±0,4
Суднобудівний завод ім.61Комунара	14,84±3,65	20,00±2,12*	12,4±0,7*

Максимальне підвищення даного показника має місце у проростках на ґрунті з території Домобудівного комбінату – у 2,3 рази. Аскорбінова кислота є одним з відновників аскорбат-глутатіонового циклу. Підвищення її кількості свідчить про захисну реакцію рослин на забруднення. Кількість білка достовірно знижувалась на всіх ділянках відносно чистого ґрунту у 1,5–4 рази (табл. 3). Це свідчить про порушення біосинтезу білку. Вміст сухої речовини

підвищується на більшості забруднених ґрунтів на 14–34 %. Зростання кількості сухої речовини пов'язане із порушенням водоутримної здатності проростків в наслідок забруднення.

У надземній частині проростків визначили активність пероксидази – одного з ферментів, який приймає участь у репарації пошкоджень, спричинених окиснювальним стресом за впливу важких металів та інших чинників. Загальна та питома активність ферменту підвищувалась у рослинах, що зростали на ґрунті заводу залізобетонних виробів у 6 та 12 разів, відповідно (рис. 1). Загальна активність незначною мірою знижувалась у дослідних об'єктах на ґрунті підприємств „Нібулон”, Миколаївзалізобетон та Локомотивне депо. Питома активність у цих варіантах, а також на ґрунті заводу Гідрореммаш підвищувалась на 70–160 %.

Отримані дані хоча й дозволяють констатувати фітотоксичність ґрунтів, не можуть пояснити природу даної фітотоксичності: у поставленому досліді найбільше інгібування фізіологічних показників спостерігалось не у найбільш забруднених металами ґрунтах, а відсутність інгібування не на ґрунтах із найнижчим рівнем забруднення (табл. 1). Тобто реакція проростків може бути пов'язана не тільки із вмістом важких металів у ґрунті, а із кількістю органічних полютантів, пилу, силікатів та деградацією ґрунту. Також відомо, що поліелементне забруднення спричиняє сильніший фітотоксичний вплив, ніж окремі метали [4]. Тому для визначення наявності і природи впливу важких металів на фізіологічні та біохімічні показники було вирішено провести кореляційний аналіз вмісту металів у ґрунті та даних показників.



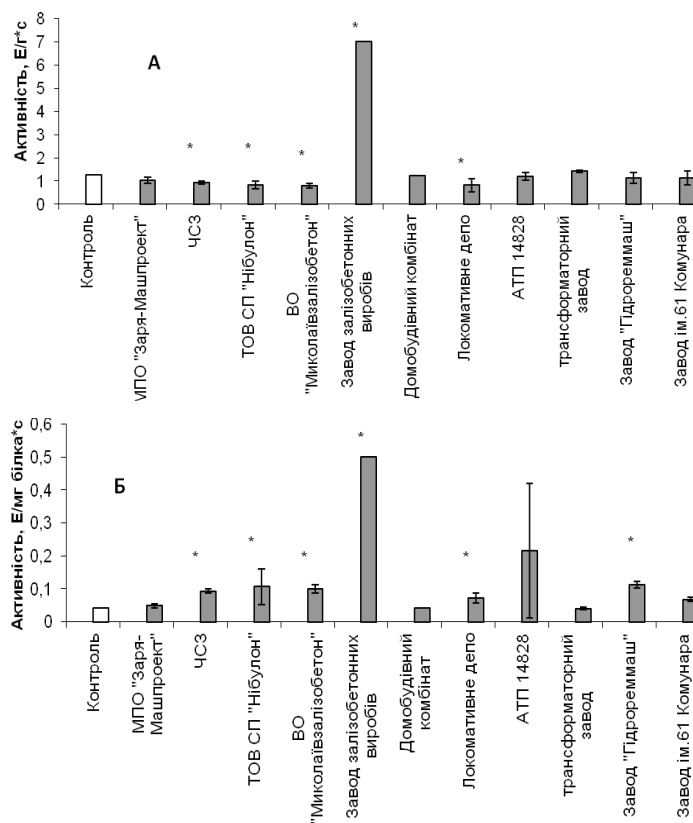


Рисунок 1 – Активність пероксидази у проростках пшениці на забруднених важкими металами ґрунтах: А – загальна, Б – питома

Figure 1 – Peroxidase activity in the wheat sprouts on the soil polluted with heavy metals: A – per gram of raw mass, B – per mg of protein

Кореляційний аналіз показав негативну кореляцію між вмістом кадмію, марганцю та міді у ґрунті із вмістом хлорофілу *a* і зрощених на даному ґрунті проростках пшениці (табл. 4). Це дозволяє виділити ці метали як такі, що знижують концентрацію хлорофілу в рослинах.

Зниження концентрації хлорофілу у рослинах під впливом важких металів може бути наслідком інгібування процесів біосинтезу пігменту. Останнє може бути зумовлене інгібуванням біосинтезу чи руйнування ферментів синтезу хлорофілу. Відомо, що кадмій інгібує дегідратазу  $\delta$ -амінолевулінової кислоти внаслідок реагування з SH-групами в активному сайті ензиму [13].

Можлива деградація хлорофілів під впливом важких металів. За даними літератури, надлишок марганцю та міді підсилює вільнорадикальні процеси у мембранах хлоропластів та призводить до окислення хлорофілу [2]. Отримані нами дані про зв'язок із вмістом хлорофілу та кадмію, марганцю і міді повністю узгоджуються із даними літератури про фітотоксичний вплив даних металів.

Відсутність зв'язку між вмістом нікелю, свинцю та цинку і вмістом хлорофілу свідчить про низьку фітотоксичність даних металів для проростків пшениці на чорноземі. Це узгоджується із даними літератури про низьку фітотоксичність нікелю та цинку, а також про найменшу небезпечність серед металів ґрунту, характерну для свинцю (з причини утворення останнім нерозчинних комплексів з гумусом та солями ґрунту) [1, 14].

З усіх визначених металів тільки для нікелю відмічено кореляцію за вагою – позитивну та ростом – негативну (табл. 4). Досі не визначено природу впливу нікелю на метаболізм рослин, проте деякі автори називають його серед необхідних мікроелементів [1, 14, 15]. Наші дані дозволяють припустити можливий позитивний вплив на накопичення біомаси та призупинення росту розтягуванням під впливом нікелю та привернути увагу до регуляторної ролі елемента у метаболізмі рослин.

Вміст аскорбінової кислоти має високу негативну кореляцію із забрудненням кадмієм, марганцем та міддю (табл. 4). Саме у цих варіантах спостерігається від'ємна кореляція із вмістом хлорофілу *a*. Інгібування процесів життєдіяльності під впливом Cd, Mn та Cu супроводжується виснаженням відновленої форми аскорбату у зв'язку з витратою на детоксикацію важких металів [5].

Таблиця 4 – Кореляційна залежність між вмістом металів в ґрунті і фізіологічними та біохімічними показниками проростків пшениці

Table 4 – Correlation between heavy metals content and physiological and biochemical parameters of the wheat sprouts

Пара корелюючих показників	Cd	Mn	Cu	Ni	Pb	Zn
Хлорофіл а	-0,344*	-0,393**	-0,587**	-0,279	0,272	0,113
Хлорофіл в	-0,157	0,095	0,065	-0,143	-0,120	-0,126
Сума хлорофілів	-0,312*	-0,147	-0,290	-0,261	0,034	-0,047
Вага	0,089	0,050	0,206	0,553**	-0,229	0,190
Висота	0,287	-0,139	0,122	-0,336*	0,140	0,240
Аскорбінова кислота	-0,370*	-0,391*	-0,600**	-0,007	0,179	0,039
Білок	0,458**	-0,059	-0,210	0,094	-0,210	-0,525**
Суха речовина	-0,637**	-0,066	-0,305*	0,026	0,046	-0,480**
Активність пероксидази (на мг білка)	-0,326*	-0,088	-0,335*	-0,137	-0,020	0,027

Примітка: достовірність кореляції \* – для  $P \geq 95\%$ , \*\* – для  $P \geq 99\%$  (критичні значення коефіцієнтів кореляції для дослідженої кількості пар показників  $r=0,304$  – для  $P \geq 95\%$ ,  $r=0,393$  – для  $P \geq 99\%$  )

Зміни вмісту білка у проростках має позитивну кореляцію із вмістом кадмію. Одночасно, кадмій від'ємно корелює із вмістом сухої речовини. Дані закономірності свідчать про зниження співвідношення вуглеводи/білок, до якого призводить зазначене вище інгібування фотосинтезу.

Зворотна картина спостерігається у варіанті із цинком: забруднення металом призводить до від'ємної кореляції із вмістом білку. На фоні зниження вмісту сухої речовини (від'ємна кореляція із сухою речовиною) та відсутності впливу на вміст хлорофілів та ріст рослин відмічена закономірність свідчить скоріше про позитивний вплив металу на метаболізм рослин. Це зумовлено низькою фітотоксичністю цинку у ґрунті та його роллю як мікроелементу [1].

Активність пероксидази негативно корелює із забрудненням кадмієм та міддю (табл. 4). Вплив важких металів на ферменти антиоксидантної системи залежить від концентрації металу та тривалості окислювального стресу [14]. У даному досліді кадмій та мідь проявили найбільшу фітотоксичну дію за біохімічними показниками. Тобто можна припустити, що спостережені порушення метаболізму настільки глибокі, що призводять до виснаження ресурсу надійності рослин та відмови систем репарації.

Загалом за результатами проведених досліджень для ґрунтів міста Миколаєва характерне забруднення кадмієм, марганцем, міддю, нікелем, свинцем та цинком. Досліджені ґрунти проявили фітотоксичну дію на проростки пшениці, що визначені за змінами за вмістом хлорофілу, вагою, висотою рослин, вмістом аскорбінової кислоти, сухої речовини та активністю пероксидази. На досліджених ґрунтах найбільшу фітотоксичну дію на фізіолого-біохімічні показники проявили кадмій та мідь.

Доцільно проводити подальший періодичний моніторинг фітотоксичності ґрунтів на досліджених підприємствах, а також розширити коло дослідних підприємств за рахунок об'єктів транспортної інфраструктури.

### **ВИСНОВКИ**

1. Ґрунти промислових підприємств міста Миколаєва характеризуються перевищенням ГДК за валовим вмістом кадмію, марганцю, міді, нікелю, свинцю та цинку.

2. Досліджені ґрунти проявили фітотоксичну дію на проростки пшениці за вмістом хлорофілу, вагою та висотою рослин, знижуючи дані показники на 18–29 %, 27–60 та 33–54 %, відповідно.

3. У проростках пшениці, вирощених на забруднених металами ґрунтах, підвищується вміст аскорбінової кислоти на 3–130 %, вміст сухої речовини на 14–34 %, знижується вміст білку у 1,5–4 рази, зростає питома активність

пероксидази на 70–160 % (на ґрунті заводу залізобетонних виробів у 12 разів).

4. Виявлено негативну кореляцію між вмістом хлорофілу у проростках та вмістом кадмію, марганцю і міді у ґрунті. Від’ємна кореляція спостерігається: між вмістом аскорбінової кислоти та забрудненням ґрунтів кадмієм, марганцем та міддю; між вмістом сухої речовини та кадмієм, міддю, цинком; між активністю пероксидази та забрудненням кадмієм і міддю.

#### **Література:**

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Алексеев Ю.В. – Л.: Агропромиздат, 1987.- 140 с.  
*Alekseev Y.V. Heavy metals in soils and plants / Alekseev Y.V.. – L.: Agropromizdat, 1987.- 140 с.*
2. Бессонова В.П. Влияние тяжелых металлов на фотосинтетический аппарат.- Днепропетровск: ДГУ, 1990. – 10 с.  
*Bessonova V.P. Influence of heavy metals on the photosynthetic apparatus / Bessonova V.P. – Dnipropetrovs'k: DGU, 1990. – 10 с.*
3. Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксичность чернозема / Вальков В.Ф., Колесников С.И., Казеев К.Ш. // *Агрохимия. – 1997. – № 6. – С. 50-55.*  
*Valkov V. F. Vliyanie zagryazneniya tyazhelyimi metallami na fitotoksichnost chernozema / Valkov V. F., Kolesnikov S. I., Kazeev K. Sh. // Agrohimiya. – 1997. – № 6. – S. 50-55.*
4. Герасимчук Л.О. Особливості впливу поліелементного забруднення Cu, Zn, Pb і Cd на фітотоксичність дерново-підзолистого ґрунту / Герасимчук Л.О. // *Вісник ХНАУ. - № 2, 2013. – С. 213–217.*  
*Gerasimchuk L.O. Osoblivosti vplivu polielementnogo zabrudnennya Su, Zn, Pb I Cd na fitotoksichnist dernovo-pidzolistogo Gruntu / Gerasimchuk L.O. // VIsnik HNAU. - № 2, 2013. – S. 213–217.*

5. Гуральчук Ж.З. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії / Гуральчук Ж.З. – К.: Логос, 2006. – 208 с.

*Hural'chuk Zh.Z. Fitotoksychnist' vazhkykh metaliv ta stiykist' roslin do yikh diyi / Hural'chuk Zh.Z. – K.: Lohos, 2006. – 208 s.*

6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Доспехов Б.А. – М.: Колос, 1973. – 336 с.

*Dospekhov B.A. Metodyka polevoho opita / Dospekhov B.A.. – M.: Kolos, 1973. – 336 s.*

7. Методическое руководство по ведению почвенно-экологического мониторинга. – Кишинев, 1994. – 153 с.

*Metodycheskoe rukovodstvo po vedenyyu pochvenno-ekolohycheskoho monytorynha. – Kyshyniv, 1994. – 153 s.*

8. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Аросимович, Н.П. Ярош: Под ред. А.И. Ермакова. – 3-е изд., перераб и доп. – Л.: Агропромиздат, Ленинградское отд-ние, 1989. – 430 с.

*Metodi byokhymycheskoho yssledovanyya rastenyy / A.Y. Ermakov, V.V. Arosymovych, N.P. Yarosh: Pod red. A.Y. Ermakova. – 3-e yzd., pererab y dop. – L.: Ahropromyzdat, Lenynhradskoe otd-nye, 1989. – 430 s.*

9. Новиков А.А. Приёмы санации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами / Новиков А.А., Кривоконова Е.Ю. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 3. – С. 17–19.

*Novykov A.A. Pryjomi sanatsyy pochv, zahryaznjonnikh tyazhjolimy metallamy / Novykov A.A., Kryvokoneva E.Yu. // Melyoratsyya y vodnoe khozyaystvo. – 2013. – № 3. – S. 17–19.*

10. Привалова Н.М. Определение фитотоксичности методом проростков / Привалова Н.М., Процай А.А., Литвиненко Ю.Ф., Марченко Л.А., Паньков В.А. // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 10 – С. 45–45.

*Pryvalova N.M. Opredelenye fyototoksychnosty metodom prorostkov / Pryvalova N.M., Protsay A.A., Lytvynenko Yu.F., Marchenko L.A, Pan'kov V.A. // Uspekhy sovremennoho estestvoznanyya. – 2006. – № 10 – S. 45–45.*

11. Прохорова Н.В. Аккумуляция тяжёлых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном

*и степном Поволжье / Прохорова Н.В., Матвеев Н.М., Павловский В.А.. – Самара: Изд-во Самарский университет, 1998. – 130 с.*

*Prokhorova N.V. Akkumulyatsyya tyazhelikh metallov dykorastushchymu y kul'turnimyu rastenyuyamy v lesostepnom y stepnom Povolzh'e / Prokhorova N.V., Matveev N.M., Pavlovskyy V.A.. – Samara: Yzd-vo Samarskyy unyversytet, 1998. – 130 s.*

12. РД 52.10.556-95 *Руководящий документ. Методические указания. Определение загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси. – М.: Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1996. – 56 с.*

*RD 52.10.556-95 Rukovodyashchyy dokument. Metodicheskiye ukazaniya. Opredelenye zahryaznyayushchykh veshchestv v probakh morskyykh donnikh otlozheniy y vzvesy. – M.: Federal'naya sluzhba Rossyy po hydrometeorolohyy y monytorynhu okruzhayushchey sredy, 1996. – 56 s.*

13. Серегин И.В. *Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения / Серегин И.В., Иванов В.Б. // Физиология растений. – 2001. – Т. 48. – С. 606–630.*

*Serehyn Y.V. Fyzyolohycheskiye aspekty toksycheskoho deystviyya kadmiyya y svyntsa na visshye rastenyuya / Serehyn Y.V., Ivanov V.B. // Fyzyolohyya rastenyuy. – 2001. – T.48. – S. 606–630.*

14. Серегин И.В. *Физиологическая роль никеля и его токсическое действие на высшие растения / Серегин И.В., Кожевникова А.Д. // Физиология растений. – 2006. – Т. 53, № 2. – С. 135–142.*

*Serehyn Y.V., Kozhevnykova A.D. Fyzyolohycheskaya rol' nykelya y eho toksycheskoe deystviye na visshye rastenyuya / Serehyn Y.V., Kozhevnykova A.D. // Fyzyolohyya rastenyuy. – 2006. – T.53, № 2. – S. 135–142.*

15. Сициков Д.В. *Глутатіонзалежна антиоксидантна система проростків гороху та кукурудзи за дії сполук нікелю / Сициков Д.В., Гришко В.М. // Укр. Біохім. журн. – 2003. – Т. 75, №4. – С. 432–439.*

*Syshchykov D.V. Hlutationzalezna antyoksydantna systema prorostkiv horokhu ta kukurudzy za diyi spoluk nikelyu / Syshchykov D.V., Hryshko V.M. // Ukr. Biokhim. zhurn. – 2003. – T. 75, № 4. – S. 432–439.*

**PHYTOTOXICITY OF THE SOILS POLLUTED BY  
HEAVY METALS IN CITY OF MYKOLAYIV**

*N.U Krizhanovska, O.B.Pauzer, I.P.Yakuba*

*Odesa I.I.Mechnikov National University*

*irinayakuba@yahoo.com*

The study is dedicated to the phytotoxicity of soils collected from some industrial objects in the city of Mykolayiv (Ukraine). These soils were analyzed to determine the content of Cd, Mn, Cu, Ni, Pb and Zn. Contamination with the heavy metals have been proved for the examined soils as the permissible upper critical level of one or more metals was exceeded in each soil sample.

Winter wheat sprouts were used to test the toxicity of the soil samples. The reference soil was taken from non-polluted agricultural land. The parameters of the sprouts were evaluated in two weeks after germination.

Soils from the industrial objects have been proved to cause phytotoxic effect on the wheat sprouts. Decreasing of the draw mass and shoot length were observed on the contaminated soil samples. The amount of chlorophyll in leaves also became 18-29% lower. Some soil samples caused 3-130 % increasing of the ascorbic acid content, and 14-34 % dry mass content. Contamination also resulted in lowering the content of protein up to 4 times and in 70-160 % growing peroxidase activity.

There is correlation between heavy metals' content in soil and some physiological and biochemical indices of the test-object plants. It points to the mechanisms of the phytotoxic effect of these metals. Negative correlation was proved between content of chlorophyll in wheat sprouts and content of cadmium, manganese and copper in the soil. Negative correlation is also observed between ascorbic acid content in plants and levels of cadmium, manganese and copper; between dry mass content and



142 *Питання біоіндикації та екології. – 2015. – Вип. 20, № 1. –*

levels of cadmium, copper and zinc; between levels of peroxidase activity in the sprouts and levels of cadmium and copper in the soil.