

MIGRATION FEATURES OF COPPER AND ZINC IN SOILS AND THEIR PHYTOTOXICITY

V.V. Datsenko, Candidate of Chemistry, Associate Professor
Kharkiv National Automobile and Highway University,
Ukraine

Features of copper and zinc migration in various types of soil depending on mechanical and physico-chemical properties of soil are experimentally modelled and considered in the study. Quantitative indicators of copper and zinc potential phytotoxicity, such as namely germination energy, simultaneous germination and duration of the test plants are defined. It was found that joint effect of copper and zinc is manifested both in inhibition of lettuce growth and determined, above all, by the nature of contamination, soil properties and biological specificity of the test plants.

Keywords: copper, zinc, galvanic sludge, soil, biological test culture.

Conference participant,
National championship in scientific analytics


ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ МЕДИ И ЦИНКА В ПОЧВАХ И ИХ ФИТОТОКСИЧНОСТЬ

Даценко В.В., канд. хим. наук, доцент
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина

В работе экспериментально смоделированы и рассмотрены особенности миграции меди и цинка в разных типах почв в зависимости от механических и физико-химических свойств почв. Определены количественные показатели потенциальной фитотоксичности меди и цинка: всхожесть, энергия, дружность и продолжительность прорастания тест-растения. Показано, что совместное воздействие меди и цинка проявляется как в ингибировании так и стимулировании ростовых процессов тест-растений и определяется уровнем и характером загрязнения, свойствами почвы и биологической спецификой самого тест-растения.

Ключевые слова: медь, цинк, гальваношлам, почва, тест-растение

Участник конференции,
Национального первенства по научной аналитике

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:pmc.v0i8.1554>

Отходы предприятий гальванических производств, так называемые гальваношламы (ГШ), содержащие тяжелые металлы (ТМ), представляют серьезную угрозу окружающей природной среде (ОПС) и здоровью человека, являясь источником биотического, механического, химического и иных видов загрязнения [1, 2]. Миграция химических элементов, содержащихся в складированных ГШ, происходит в результате физико-химических процессов под воздействием климатических и погодных факторов. При этом загрязнения могут распространяться с инфильтрацией атмосферных осадков через слой отхода в почву примыкающих участков. При оценке экотоксикологических эффектов промышленных отходов необходимо изучать их комплексное техногенное воздействие: с одной стороны, необходимы сведения о процессах миграции соединений из отходов в почвы, с другой стороны, важно исследовать влияние загрязнителей, проникающих вглубь почвы, на объекты ОПС [3-6].

Цель исследований – определить особенности миграции меди и цинка в почвах при загрязнении ГШ и установить их влияние на показатели активного роста и развития тест-растений.

Особенности миграции ТМ из ГШ в почву. В рамках лабораторных



Рис. 1. Экспериментальная модель почвенных слоев

экспериментов для изучения миграции в почве были выбраны металлы Cu и Zn, выбор которых был обоснован их наибольшими концентрациями в промышленных ГШ, а также высоким классом опасности [3]. Для установления особенностей миграции выбранных металлов на моделях почвенных горизонтов использовали образцы почв – дерново-оподзоленной связно-песчаной, луговой аллювиаль-

ной супесчаной, лугово-черноземной легкосуглинистой, чернозема типичного среднесмытого тяжелосуглинистого.

В качестве загрязнителей в условиях лабораторного эксперимента использовали модельный шлам, полученный путем нейтрализации сульфатного медно-цинкового раствора известью.

Для создания в лабораторных условиях модели почвенных слоев использовали пластиковые трубы с диаметром 35 см и высотой 100 см (рис. 1).

Всего в лабораторных экспериментах было задействовано 4 почвенных колонки с выбранными для исследования видами почв. Образцы почв засыпали в трубы, имитируя горизонты почв в естественных условиях. На верхней поверхности каждой почвен-

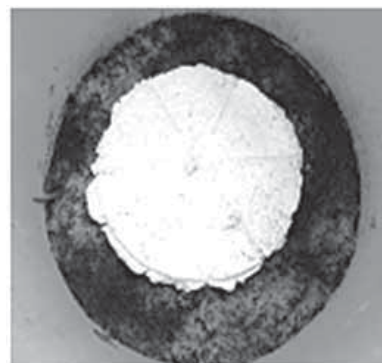


Рис. 2. Размещение ГШ на поверхности исследуемых почв

ной колонки помещали измельченный модельный сульфатный медно-цинковый шлам, который в течение 6 месяцев промывался дистиллированной водой в режиме, соответствующему естественному увлажнению (рис. 2).

Для установления особенностей миграции Cu и Zn отбирали образцы почв в разных слоях: 0-5 см, 10-15 см, 20-25 см, 50-75 см и 100 см.

Для изучения особенностей миграции меди и цинка и их распределения в почвенных слоях были рассмотрены коэффициенты накопления (K_c) элементов, показывающие во сколько раз увеличено содержание данного элемента в загрязненной почве по сравнению с незагрязненной. Коэффициент K_c рассчитан по отношению к содержанию соответствующего компонента в исходных фоновых образцах почв [5]

$$K_c = C/C_{\text{фон}}, \quad (1),$$

где C – содержание элемента в почве; $C_{\text{фон}}$ – содержание в контрольном образце (фон) почвы.

Полученные экспериментальные данные (табл. 1) исследования особенностей миграции меди и цинка из ГШ в рассмотренных типах почв показали, что техногенная миграция меди и цинка в системе «ГШ – почва» объясняется в первую очередь химическим составом ГШ, который определяет характер взаимодействия и прочность связи элементов в ГШ с минеральными и органическими компонентами почв.

Табл. 1.
Накопление подвижных форм меди и цинка и изменение pH водной вытяжки в почвенных слоях после загрязнения

Пока-затель	Глубина слоя почвы, см				
	0-5	10-15	20-25	50-75	100
Дерново-оподзоленная связнопесчаная					
pH	4,40	4,25	4,15	4,15	4,45
$K_c(\text{Cu})$	9,6	1,9	2,3	2,2	2,6
$K_c(\text{Zn})$	77,8	43,5	38,8	14,1	2,3
Луговая аллювиальная супесчаная					
pH	6,40	6,10	5,90	6,20	6,35
$K_c(\text{Cu})$	13,5	1,9	0,9	1,0	1,0
$K_c(\text{Zn})$	423,3	259,1	99,8	9,3	1,9
Лугово-черноземная легкосуглинистая					
pH	5,15	5,45	5,8	6,0	6,15
$K_c(\text{Cu})$	33,9	2,1	1,9	1,2	2,0
$K_c(\text{Zn})$	657,1	187,3	14,5	1,7	1,5
Чернозем типичный среднесмытый тяжелосуглинистый					
pH	7,65	8,10	8,10	8,25	8,30
$K_c(\text{Cu})$	5,2	0,8	0,8	0,7	1,0
$K_c(\text{Zn})$	73,5	2,4	0,5	0,8	0,6

Значительное увеличение содержания меди и цинка наблюдается по глубине во всех слоях исследуемых почв в условиях эксперимента. Максимальные накопления в верхнем слое (0-5 см) ($K_c(\text{Cu}) = 5,2-33,9$ и $K_c(\text{Zn}) = 73,5-657,1$) значительно превышают аналогичные показатели в нижних (50-100 см) ($K_c(\text{Cu})=1,0-2,6$ и $K_c(\text{Zn})=0,6-2,3$), что связано в первую очередь с техногенным поступлением из шлама. По интенсивности миграции меди и цинка из шлама и трансформации в верхний слой исследуемые почвы

можно расположить в ряд: чернозем типичный среднесмытый тяжело-суглинистый < дерново оподзоленная связнопесчаная < луговая аллювиальная супесчаная < лугово-черноземная легкосуглинистая.

Изучение изменения кислотности почв после загрязнения их ГШ (табл. 2) показало, что во всех слоях исследуемых почв относительно фоновых образцов происходит снижение уровня pH в 1,1-1,3 раза. Управляющим фактором выщелачивания меди и цинка из ГШ является реакция среды: в кислой и слабокислой среде

Табл. 2.
Показатель превышения вредности меди и цинка в исследуемых почвах после загрязнения в сравнении с их ПДК в почвах

ТМ	Показатель превышения вредности в соответствующем слое (см) почвы				
	0-5	10-15	20-25	50-75	100
Дерново-оподзоленная связнопесчаная					
Cu	7,18 ПДК	1,36 ПДК	1,68 ПДК	1,68 ПДК	1,97 ПДК
Zn	21,65 ПДК	12,1 ПДК	10,8 ПДК	3,93 ПДК	0,65 ПДК
Луговая аллювиальная супесчаная					
Cu	7,7 ПДК	1,1 ПДК	0,5 ПДК	0,6 ПДК	0,6 ПДК
Zn	33,5 ПДК	23,35 ПДК	7,9 ПДК	0,74 ПДК	0,15 ПДК
Лугово-черноземная легкосуглинистая					
Cu	3,29 ПДК	1,84 ПДК	1,69 ПДК	1,09 ПДК	1,81 ПДК
Zn	114,6 ПДК	32,65 ПДК	2,53 ПДК	0,3 ПДК	0,26 ПДК
Чернозем типичный среднесмытый тяжелосуглинистый					
Cu	36,57 ПДК	5,54 ПДК	5,75 ПДК	4,87 ПДК	7,08 ПДК
Zn	229,3 ПДК	7,53 ПДК	1,59 ПДК	2,39 ПДК	1,73 ПДК



Рис. 3. Экспериментальная модель для изучения фитотоксичности ГШ

ГШ способен создавать импактные, ударные техногенные нагрузки на почву. Динамика изменения уровня кислотности в исследуемых почвах с глубиной обусловлена внутрипочвенными процессами (химическими реакциями, сопровождающими выщелачивание шлама и трансформацию веществ в почве): рН в поверхностном слое (0-5 см) на 0,2-0,5 единицы ниже, чем в подповерхностном (10-15 см). Наибольшее накопление металлов наблюдается в лугово-черноземной среднесуглинистой ($K_c(\text{Cu})=34$ и $K_c(\text{Zn})=657$), где среда почвы имеет наиболее интенсивное уменьшение рН с 7,0 до 5,0. Отмечено, что в исследуемых почвах с повышением рН подвижность меди и цинка

снижается: подвижность Cu в кислых почвах выше, чем в нейтральных или щелочных, а Zn имеет максимальную подвижность в почвах, реакция которых нейтральная или приближается к ней. Наименьшая миграционная способность меди и цинка отмечена в черноземе типичном среднесмытом тяжелосуглинистом, слабощелочные условия которого усиливают переход Cu и Zn в неподвижное состояние и способствует закреплению почвенными частицами их соединений.

Для экологической и санитарно-гигиенической оценки загрязнения исследуемых почв медью и цинком после загрязнения медно-цинковым шламом были получены сравнительные данные о содержании меди и цинка в тестируемых почвах (С, мг/кг) с их предельно допустимыми концентрациями в почвах ($\text{ПДК}_n(\text{Cu}) = 3$ мг/кг; $\text{ПДК}_n(\text{Zn}) = 23$ мг/кг) (табл. 2).

Исследуемые почвы после загрязнения медно-цинковым шламом не зависимо от глубины слоя характеризуются низким уровнем загрязнения по Cu: в дерново-оподзоленной связнопесчаной 7,18-1,36 ПДК; в луговой аллювиальной супесчаной 7,7-0,5 ПДК; в лугово-черноземной легкосуглинистой 3,29-0,19 ПДК; в черноземе типичном среднесмытом тяжелосуглинистом 36,57-4,87 ПДК. По цинку характер загрязнения опре-

деляется типом почвы и в тяжелых гумусированных почвах степень загрязнения с увеличением глубины меняется от очень высокого (в черноземе типичном среднесмытом тяжелосуглинистом 229,3 ПДК) в верхнем слое, испытывающего техногенную нагрузку, до допустимого уровня в нижних (в лугово-черноземной легкосуглинистой 0,26 ПДК).

Определение степени токсичности образцов почв проводили по методике биотестирования [7], представляющей собой исследование реакции тест-объектов на действие загрязняющих веществ и позволяющей получить интегральную оценку степени их фитотоксичности. В качестве тест-объектов использовали семена кресс-салата и овса, а в качестве показателя токсичности – всхожесть, энергию, дружность и продолжительность прорастания семян в разных слоях почв загрязненных ГШ. Для изучения фитотоксичности медно-цинкового ГШ был заложен лабораторный модельный опыт (рис. 3): воздушно-сухую массу исследуемых слоев почв вносили в пластиковые сосуды высотой 15 см и диаметром 9 см, куда помещали 15 семян, предварительно замоченных в воде в течение суток, на глубину 1 см. В процессе проращивания семян поддерживали постоянную температуру +20 °С.

Проведенный сравнительный морфологический анализ позволил установить наличие зависимости между активностью роста и развития тест-растений (рис. 4) и содержанием ТМ в почве, превышающих их ПДК (табл. 2). Анализ проростков осуществляли на 30 сутки после выращивания. Величину показателя контрольных (L_0) и опытных ($L_{оп}$) семян вычисляли как среднее арифметическое (L_{cp}) из совокупности данных о длине надземной части или корней проростков [6]

$$L_{cp} = \frac{\sum L_i}{n}, \quad (2)$$

где L_i – длина максимальной надземной части или корня каждого проростка, см; \sum – сумма; n – общее количество проростков, взятых в опыт.

Изменения длины корневой и надземной частей тест-растений (рис. 4) в зависимости от превышения

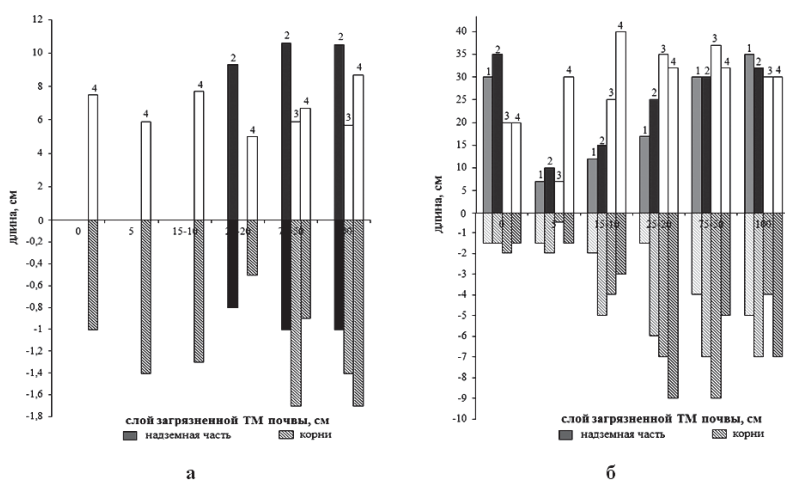


Рис. 4. Зависимости длины проростков кресс-салата (а) и овса (б) (продолжительность выращивания 30 сут) от слоя загрязненной ТМ почвы: 1 – дерново-оподзоленная связнопесчаная, 2 – луговая аллювиальная супесчаная, 3 – лугово-черноземная легкосуглинистая, 4 – чернозем типичный среднесмытый тяжелосуглинистый

показателя вредности (ПДК) металлов-токсикантов в почвах (кроме дерново-оподзоленной связнопесчаной для кресс-салата) указывают на отсутствие неблагоприятного фитотоксического воздействия: средняя длина надземной части и корневой системы ($L_{оп}$) сравнима, а в некоторых слоях даже превышает аналогичные показатели в контрольном образце (L_0).

Отмечено, что рост и развитие тест-растений не только имеют существенную зависимость от типа загрязненной почвы, но и определяются физиологией самих растений. Так для почвы дерново-оподзоленной связнопесчаной характерно достоверное ингибирование развития салата (рис. 4, а), где семена взошли только в нижних слоях тестируемой почвы (20-25, 50-75, 100 см), а на 20 сутки погибли все ростки. Для овса же наблюдается достоверная тенденция стимуляции роста в аналогичных условиях этой почвы (рис.4, б), а в нижнем слое (100 см) даже отмечено превышение длины ростков в 1,2 раза и корневой системы в 3,3 раза по сравнению с контрольными образцами. Это можно объяснить тем, что кресс-салат более чувствителен к присутствию ионов ТМ в почвах, чем овес, и ингибирующее действие этих ионов на кресс-салат не снижается со временем, как у овса. В результате этого, за счет истощения собственных ресурсов надежности, растения салата становятся ослабленными и погибают.

Среди показателей прорастания семян в условиях модельного загрязнения почв ТМ наиболее информативными оказались ростовые показатели [6] – всхожесть, энергия, дружность и продолжительность прорастания (рис. 5-8). Под всхожестью понимали число семян, проросших за 7 суток, выраженное в процентах от общего количества семян, взятых для проращивания, под энергией прорастания – количество семян, проросших за первые 3 суток проращивания в процентах от общего количества семян, взятых для проращивания. Для более точной характеристики скорости прорастания проводили ежедневный учет проросших семян и рассчитывали дружность и продолжительность прорастания. При этом дружность прорастания определяли по формуле

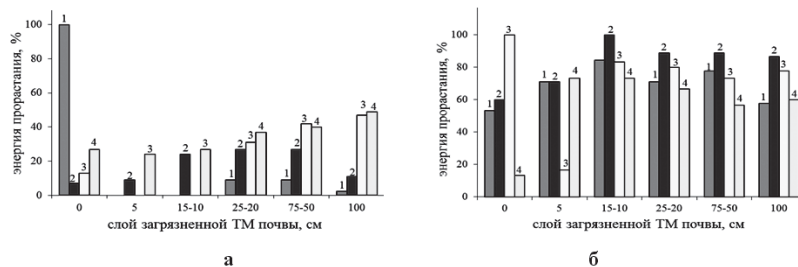


Рис. 5. Зависимость энергии прорастания семян салата (а) и овса (б) от слоя загрязненной ТМ почвы: 1 – дерново-оподзоленная связнопесчаная, 2 – луговая аллювиальная супесчаная, 3 – лугово-черноземная легкосуглинистая, 4 – чернозем типичный среднесмытый тяжелоуглинистый

$$D = \frac{P}{A}, \quad (3)$$

где D – дружность прорастания (средний процент семян, проросших за 1-е сутки прорастания), %; P – полная всхожесть, %; A – число дней прорастания.

Продолжительность прорастания – по формуле

$$C = \frac{(a \cdot 1) + (b \cdot 2) + (d \cdot 3) + \dots}{(a + b + d + \dots)}, \quad (4)$$

где C – продолжительность прорастания (средняя продолжительность прорастания одного семени), сутки; a – число семян, проросших за 1-е сутки; b – число семян, проросших за 2-е сутки; d – число семян, проросших за 3-и сутки и т.д.

Анализ показателей прорастания семян в условиях модельного загрязнения почв ТМ показал, что до 7 суток стимулирующий эффект меди и цинка на рост исследуемых тест-растений во всех вариантах эксперимента в среднем проявился сильнее, а токсичное действие – слабее. При

увеличении срока роста до 30 суток характер развития растений меняется. Для кресс-салата в этом периоде времени в среднем достоверно проявляется угнетающий эффект действия металлов. Для растений овса это воздействие в основном проявляется в стимулировании роста. Такие изменения в развитии растений в ходе выращивания, возможно, объясняются не только типом загрязненных почв и физиологией самих растений, но и влиянием ТМ на исследуемые тест-объекты. Т.к. известно, что Zn и Cu относятся к группе металлов средней степени поглощения растениями [4], то на начальных сроках развития семена тест-культур имели достаточный потенциал питательных веществ для подавления негативного влияния ТМ. Однако на более поздних сроках развития угнетающее действие металлов-токсикантов усиливается.

Диаграммы анализа энергии прорастания (рис. 5) для семян исследуемых тест-растений показывают достаточно высокие показатели во всех слоях загрязненных ТМ почв. В

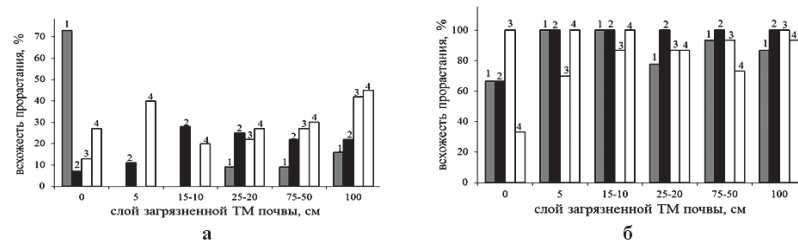


Рис. 6. Зависимость всхожести прорастания семян салата (а) и овса (б) от слоя загрязненной ТМ почвы: 1 – дерново-оподзоленная связнопесчаная, 2 – луговая аллювиальная супесчаная, 3 – лугово-черноземная легкосуглинистая, 4 – чернозем типичный среднесмытый тяжелоуглинистый

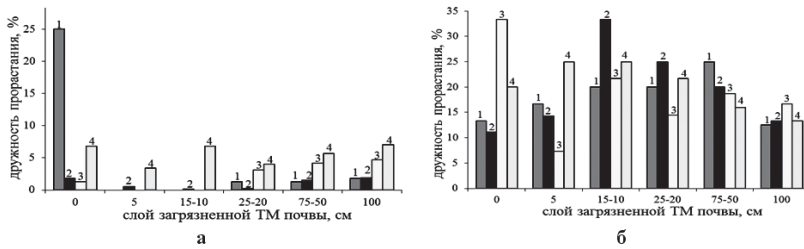


Рис. 7. Зависимость дружности прорастания семян салата (а) и овса (б) от слоя почвы, загрязненной ТМ: 1 – дерново-оподзоленная связнопесчаная, 2 – луговая аллювиальная супесчаная, 3 – лугово-черноземная легкосуглинистая, 4 – чернозем типичный среднесмытый тяжелосуглинистый

сравнении с контрольными образцами, превышение показателя энергии прорастания для семян овса (рис. 5, б) отмечено практически во всех тестируемых почвах (кроме лугово-черноземной легкосуглинистой). Для кресс-салата аналогичное превышение (рис. 5, а) отмечено в нижних слоях луговой аллювиальной супесчаной и чернозема типичного среднесмытого тяжелосуглинистого, где кратность превышения, соответственно, составляет 1,3-3,4 и 1,4-1,8.

Следует отметить, что энергия прорастания у семян овса значительно выше, чем у семян кресс-салата. Так в дерново-оподзоленной связнопесчаной кратность такого превышения составляет 9-23, в луговой аллювиальной супесчаной – 4-6, в лугово-черноземной легкосуглинистой и черноземе типичном среднесмытом тяжелосуглинистом – 2. Это может быть связано с более длительным периодом прорастания семян кресс-салата по сравнению с семенами овса.

Показатель всхожести семян (рис. 6) практически во всех вариантах те-

стируемых почв также достаточно высок для обеих тест-растений.

Отмечено наличие заметной зависимости между содержанием ТМ в почве, превышающих ПДК, активностью роста и развитием, энергией прорастания и всхожестью семян тест-растений. Так, при уменьшении показателя превышения ТМ в слоях тестируемых почв (табл. 1) проявляется стимулирование надземной и корневой систем проростков (рис. 4) исследованных тест-культур при повышении их энергии прорастания (рис. 5) и всхожести (рис. 6). Т.е., уменьшение концентрации металлов приводит к снижению токсического действия металлов на тест-растения. Это особенно заметно в нижних слоях почв (20-25, 50-75, 100 см), где содержание ТМ снижается, а всхожесть увеличивается в сравнении с контрольными образцами (кроме дерново-оподзоленной для кресс-салата). Таким образом можно отметить, что тестируемые почвы не являются фитотоксичными, а определенное превышение в них показателя вредности ПДК меди и цин-

ка в некоторой степени способствует стимулированию процессов роста и развития исследуемых растений.

В период наблюдений за ростом и развитием тест-растений при выращивании на загрязненных ТМ почвах установлено, что дружность (рис. 7) и продолжительность прорастания (рис. 8) семян этих растений имеют низкие показатели.

Для семян овса показатель дружности прорастания (рис. 7, б) в сравнении с контрольными образцами имеет достоверно высокие значения практически во всех почвах, кроме лугово-черноземной легкосуглинистой почвы. А для семян кресс-салата (рис. 7, а), наоборот, достоверное превышение в 2-4 раза наблюдается только в лугово-черноземной легкосуглинистой почве.

Продолжительность прорастания для семян кресс-салата в 2-4 раза выше в луговых и черноземных почвах в сравнении с контрольными образцами. Для семян овса аналогичное превышение отмечено в дерново-оподзоленной связнопесчаной в 2 раза и лугово-черноземной легкосуглинистой в 1,3 раза.

Отмеченные выше различия в развитии и росте исследуемых тест-растений (рис. 5-8), очевидно, зависят от физиолого-биохимических процессов, протекающих в самих растениях. Очевидно, что более высокие показатели всхожести, энергии, дружности и продолжительности прорастания у семян овса (рис. 5-8, б) в сравнении с аналогичными показателями у кресс-салата (рис. 5-8, а), объясняются более высокой сбалансированностью в них запасов питательных веществ и более высоким уровнем фитогормональных процессов. Кроме того установлено, что растения овса оказались менее чувствительными к токсическому действию меди и цинка, что возможно определяется их более высокой способностью переводить соединения ТМ в физиологически неактивное состояние.

В ходе проведения исследований установлена связь между ростовыми показателями (всхожесть, энергия, дружность и продолжительность прорастания) (рис. 5-8) исследуемых тест-растений и загрязненными ТМ почва-

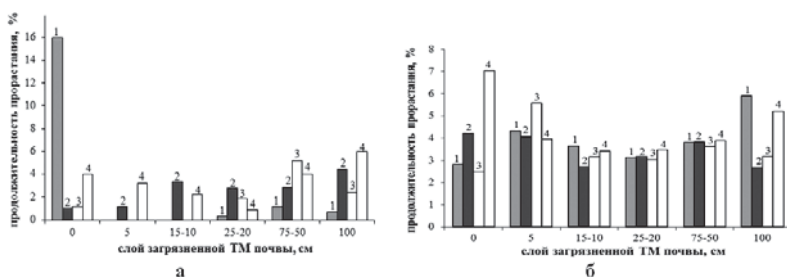


Рис. 8. Зависимость продолжительности прорастания семян салата (а) и овса (б) от слоя загрязненной ТМ почвы: 1 – дерново-оподзоленная связнопесчаная, 2 – луговая аллювиальная супесчаная, 3 – лугово-черноземная легкосуглинистая, 4 – чернозем типичный среднесмытый тяжелосуглинисты

ми (табл. 2). Однако эта зависимость прослеживается только в слоях одной отдельно взятой почвы, и не всегда имеет однозначное трактование для разных типов почв. Так, например, в верхних слоях (5, 10-15 см) почвы чернозема типичного среднесмытого тяжелосуглинистого с высоким содержанием Cu и Zn (табл. 2) показатели всхожести, энергии, дружности и продолжительности прорастания (рис. 5-8) значительно превышают аналогичные характеристики в других типах почв, где превышение вредности ТМ ниже. Объяснение может быть связано с физико-химическими свойствами самой почвы. Глинистые черноземные почвы по своим характеристикам относятся к почвам, которые содержат большой запас питательных веществ и обладают высокими адсорбционными свойствами, способными прочно связывать тяжелые металлы и, соответственно, предохранять от загрязнения растительную продукцию [5].

Проведенный сравнительный анализ показателей прорастания, роста и развития семян тест-растений со значениями превышения ПДК меди и цинка во всех тестируемых почвах показал, что чаще всего уменьшение концентрации металлов в слоях тестируемых почв приводит к снижению токсического действия металлов. Однако, не всегда эта зависимость однозначна. В некоторых вариантах опытов, как было отмечено выше, повышение показателя вредности меди и цинка в почвах приводит к улучшению роста растений. Расхождения результатов, возможно, объясняется дозой загрязнения почв ТМ. Известно, что в зависимости от концентрации металла, валентности его иона, растворимости и длительности воздействия, ТМ в малых дозах способствуют росту и развитию растений (являясь для них необходимым микроэлементом), однако их высокие концентрации способны подавлять рост растений, нарушая их жизненно важные функции [8]. Следовательно, проведенные нами исследования позволяют предположить, что средние значения показателей превышения меди и цинка в почвах приводят к эффекту стимуляции роста семян растений за счет улучшения режима питания.

Так же отмечено, что действие меди и цинка имеет различную направленность на активность развития тест-растения. По данным эксперимента, в пробах тестируемых почв, где ПДК(Cu) превышает ПДК(Zn) (табл. 2), наблюдается стимуляция роста и развития тест-растений. Так, однозначно высокие показатели прорастания тест-культуры отмечены в черноземных суглинистых почвах, где кратность превышения ПДК(Cu) над ПДК(Zn) составляет 2-7. Однако такая зависимость характерна не для всех тест-растений и прослеживается не во всех слоях почв. Неоднозначность корреляции между содержанием меди и цинка в почве, превышающих их ПДК и активностью роста тест-растений, возможно, связана в комплексном действии меди и цинка. При совместном воздействии этих двух металлов в неблагоприятных для растений дозах может происходить как усиление, так и ослабление их токсического эффекта. Синергическое действие цинка и меди определяется расположением этих элементов в соседних группах периодической системы. Причем, как утверждают авторы работ [8], особенно высокой фитотоксичностью обладает медь, и, усиление токсического эффекта меди, наблюдается в присутствии цинка.

References:

1. Kasimov A.M. Problemy obrazovaniya i nakopleniya promyshlennykh otkhodov v Ukraine [Problems of formation and accumulation of industrial wastes in Ukraine]., A.M. Kasimov i dr. *Ekologiya i promyshlennost'* [Ecology and Industry]. – 2011., No. 1., pp. 65-69.
2. Datsenko V.V. Opredeleniye toksicheskikh svoystv ingrediyyentov promyshlennykh gal'vanicheskikh otkhodov [Determination of the toxic properties of ingredients of industrial electroplating wastes] V.V. Datsenko *Ekologiya i promyshlennost'*. [Ecology and Industry]. – 2012., No. 2., pp. 102-106.
3. Datsenko V.V. Geokhimicheskiye osobennosti gorodskikh pochvennykh pokrovov [Geochemical characteristics of urban soil covers]., V.V. Datsenko,

YU.V. Svashenko, E.B. Khobotova *Voronezhskiy nauchno-tekhnicheskii vestnik [Voronezh Science and Technology Bulletin]* – 2014., No. 3 (9)., pp. 18-29.

4. Datsenko V.V. Vliyaniye gal'vanoshlama na raspredeleniye tyazhelykh metallov v pochvakh [Effect of the galvanic sludge on the distribution of heavy metals in soils]., V.V. Datsenko., *Problemi okhoroni navkolishn'ogo prirodnogo seredovishcha ta yekologichnoii bezpeki: zb. nauk. prats' [The problems of environmental protection and ecological safety: Collection of scientific papers].*, UkrNDÍEP [USRIEP]. – Kharkiv., Rayder, 2014. Issue. XXXVI., pp. 205-220.

5. Datsenko V.V. Migratsiya tyazhelykh metallov iz gal'vanoshlamov v pochvu [The migration of heavy metals from the galvanic sludge to soil]., V.V. Datsenko, Yu.V. Svashenko., *Ekonomika v promyshlennosti [Economy in the industry]*. – 2015., No. 2., pp. 35-41.

6. Datsenko V.V. Evaluation of heavy metal complex phytotoxicity., V.V. Datsenko, N.L. Khimenko., *Eurasian J Soil Sci.* – 2016. – 5 (3)., pp. 249-254.

7. Ol'khovich O.P., Musiêno M.M. Fitoindikatsiya ta fitomonitring [Phytoindication and Phytomonitoring]. – Kiiïv., Fitosotsiotsentr, 2005. – 64 p.

8. Gladkov Ye.A. Otsenka kompleksnoy fitotoksichnosti tyazhelykh metallov i opredeleniye oriyentirovochno dopustimyykh kontsentratsiy dlya tsinka i medi [Assessment of complex phytotoxicity of heavy metals and determination of approximate permissible concentrations for zinc and copper]., Ye.A. Gladkov., *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. – 2010., No. 6., pp. 94-99.

Литература:

1. Касимов А.М. Проблемы образования и накопления промышленных отходов в Украине / А.М. Касимов и др. // Экология и промышленность. – 2011. – №1. – С. 65-69.
2. Даценко В.В. Определение токсических свойств ингредиентов промышленных гальванических отходов / В.В. Даценко // Экология и промыш-

ленность. – 2012. – № 2. – С. 102-106.

3. Даценко В.В. Геохимические особенности городских почвенных покровов / В.В. Даценко, Ю.В. Свашенко, Э.Б. Хоботова // Воронежский научно-технический вестник. – 2014. – № 3 (9). – С. 18-29.

4. Даценко В.В. Влияние гальваношлама на распределение тяжелых металлов в почвах / В.В. Даценко // Проблемы охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. праць / УкрНДІЕП. – Х.: Райдер, 2014. Вип. XXXVI. – С. 205-220.

5. Даценко В.В. Миграция тяжелых металлов из гальваношламов в почву / В.В. Даценко, Ю.В. Свашенко // Экономика в промышленности. – 2015. – № 2. – С. 35-41.

6. Datsenko V.V. Evaluation of heavy metal complex phytotoxicity / V. V. Datsenko, N. L. Khimenko / Eurasian J Soil Sci. – 2016. – 5 (3). – P. 249-254.

7. Ольхович О.П., Мусієнко М.М. Фітоіндикація та фітомоніторинг. – Київ: Фітосоціоцентр, 2005. – 64 с

8. Гладков Е.А. Оценка комплекс-

ной фитотоксичности тяжелых металлов и определение ориентировочно допустимых концентраций для цинка и меди / Е.А. Гладков // Сельскохозяйственная биология. – 2010 – № 6. – С. 94-99.

Information about author:

1. Vita Datsenko – Candidate of Chemistry, Associate Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University; address: Ukraine, Kharkiv city; e-mail: dacenkovita14@gmail.com



INTERNATIONAL UNION OF COMMERCE AND INDUSTRY



Union of commercial enterprises, businessmen, scientists, public figures and politicians from different countries. The union combines the social and commercial elements of functioning.

- ▶ Promotion of international consolidation and cooperation of business structures
- ▶ Promotion of development of commercial businesses of various kinds
- ▶ Assistance in settlement of relations between businessmen with each other and with social partners in business environment
- ▶ Assistance in development of optimal industrial, financial, commercial and scientific policies in different countries
- ▶ Promotion of favorable conditions for business in various countries
- ▶ Assistance in every kind of development of all types of commercial, scientific and technical ties of businessmen of different countries with foreign colleagues
- ▶ Promotion of international trade turnover widening
- ▶ Initiation and development of scientific researches, which support the effective development of businesses and satisfy the economic needs of the society
- ▶ Expert evaluation of activities in the field of settlement of commercial disputes, establishment of quality standards and defining of factual qualitative parameters of goods and services
- ▶ Legal and consulting promotion of business
- ▶ Establishment and development of activities of the international commercial arbitration
- ▶ Exhibition activities
- ▶ Holding of business and economic forums

www.iuci.eu