

кість хвоїнок на відрізку осевого пагона довжиною 10 см за дії викидів цементного заводу зростала на 40 % у порівнянні з контролем. Таке ущільнення місць утворення хвої є результатом зменшення приросту пагонів у довжину. Подібне явище спостерігали у хвойних за дії несприятливих чинників середовища. Таким чином, незважаючи на те, що Миколаївської цементний завод припинив розповсюдження клінкерного пилу у навколишнє середовище у листопаді 2014 року, ущільнення хвої на пагонах ялини звичайної, що росте поблизу заводу, свідчить про тривалу негативну післядію викидів цементного заводу.

Wiche O.¹, Tischler D.¹, Klimkina I.², Kovrov O.², Heilmeier H.¹

CITRIC ACID AND THE SIDEROPHORE DFO-B AS SOIL AMENDMENTS AFFECT THE BIOAVAILABILITY OF GERMANIUM AND RARE EARTH ELEMENTS

¹TU Bergakademie Freiberg, Institute for Biosciences
Leipziger Str. 29, 09599 Freiberg, Germany

² National Mining University, Department of Ecology
K. Marks Av., 19, Dnipro, 49005, Ukraine
e-mail: oliver.wiche@ioez.tu-freiberg.de

The bioavailability of toxic and other target elements is a most determining factor for phytoremediation (especially phytoextraction) and phytomining. It depends, among others, on mineral and organic phases of the soil, pH and redox potential. Soil amendments like organic acids or strongly chelating compounds, which, e.g., change soil pH or can form stable complexes with the target elements, have been used in the past in order to increase the mobility of the target elements in the soil. These additives, however, may lead to leaching of toxic elements from the soil, possibly causing serious environmental problems to water bodies. Therefore less dangerous alternatives are necessary which use the natural capacity of plants to change availability of elements in their root environment. Here we report on the effect of citric acid, a major component of root exudates, and desferrioxamine B (DFO-B), a naturally occurring microbial siderophore, on the bioavailability of Ge and the rare earth elements (REEs) cer (Ce), samarium (Sm) and dysprosium (Dy) in soils and their uptake into reed canary grass (*Phalaris arundinacea*).

The mobilization capacity of citric acid and DFO-B for Ge and the REEs was tested in a soil dissolution experiment using 1 and 10 mM citric acid and 0.1 mM DFO-B, and deionized water and deionized water adjusted with HNO₃ to pH 3.7 (corresponding to the 10 mM citric acid treatment) as references. The effect of citric acid and DFO-B on the uptake of Ge and REEs by *P. arundinacea* grown in sand culture was investigated 48 and 96 hours after applying treatment solutions containing Ge, Ce, Sm and Dy, in the presence or absence of citric acid or DFO-B by harvesting plants for analysis of Ge and REEs. The effects of citric acid and DFO-B on the accumulation of Ge and REEs in soil-grown *P. arundinacea* were investigated by growing plants for eight weeks in pots, applying nutrient solutions (N, S, K, Ca, Mg) with 1 mM citric acid, 10 mM citric acid, 100 µM DFO-B, or only nutrients as reference. Trace elements were analyzed with ICP-MS after micro-wave digestion. Addition of 10 mM citric acid significantly enhanced desorption of Ge, Ce, Sm and Dy from soil and uptake into soil-grown plants, indicating a higher bioavailability of the target elements in the presence of carboxylic ligands. The application of DFO-B enhanced the dissolution and uptake of REEs; however, there was no effect on Ge. In sand-grown plants, the uptake of Ge and REEs was significantly

decreased in the presence of citric acid and DFO-B, indicating a discrimination of the formed complexes.

This study with a grass species grown on different substrates clearly shows that citric acid and the microbial siderophore DFO-B can enhance phytoextraction of Ge and REEs due to the formation of soluble complexes that increase the mobility of elements in the rhizosphere of soil-grown plants. However, as demonstrated by the sand-culture experiment, uptake of organo-complexes of Ge and REEs is discriminated. Therefore further biological processes in the rhizosphere of soil-grown plants may contribute to chelant-enhanced phytoextraction.

Якимчук Р.

МУТАЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ, ІНДУКОВАНА ЗАБРУДНЕННЯМ ҐРУНТУ ПРОМИСЛОВИМИ ВИКИДАМИ

Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини
вул. Садова, 2, м. Умань, 20300, Україна
e-mail: peoplenature@rambler.ru

Yakymchuk R. MUTATION VARIABILITY OF WINTER WHEAT, INDUCED BY SOIL CONTAMINATION OF INDUSTRIAL DISCHARGES. Genetic consequences of heavy metal contamination for winter wheat of the area affected by industrial discharges were studied. The frequency of visible mutations exceeds control indicators by 2.1-4.9 times. A typical spectrum of their types: late maturity, high and short, long, dense, loose spike – can be used as an indicator of environmental contamination with heavy metals.

Однією з передумов аналізу і прогнозування стану забруднення територій промислових центрів є ретельний контроль за концентрацією іонів важких металів. Крім їх прямої токсичної дії, появи фізіологічних і функціонально-морфологічних відхилень, зростання загальної захворюваності характерні й віддалені ефекти, що торкаються основних функцій живих систем – відтворення й біопродуктивність, генеративні властивості та смертність. Тому актуальним є вивчення генетичних наслідків забруднення навколишнього середовища важкими металами викидів підприємств з точки зору індукованих цими впливами порушень генераційних функцій генетичного апарату й реєстрацій у низці послідовних поколінь рівня видимих мутацій.

Рослини озимої пшениці сортів Альбатрос одеський і Зимоярка вирощено у 2012-2013 рр. за 5 км від Бурштинської ТЕС по осі перенесення повітряних мас та в межах промислових зон ВАТ «Полтавхіммаш», ДБК «Спеціалізований завод по термічній переробці твердих побутових відходів» м. Харків, ЗАТ «Луганські акумулятори», КП «Лубниводоканал» та поблизу вул. Б. Хмельницького м. Костянтинівка. В поколіннях M_2 і M_3 визначали частоту і спектр мутантних форм за відношенням кількості родин із мутантними рослинами до вивчених родин покоління M_2 .

Хронічна дія мутагенів ґрунту, зокрема й важких металів, прилеглої до Бурштинської ТЕС території викликала в поколіннях M_2 - M_3 озимої пшениці сорту суттєве зростання рівня видимих мутацій, що в 3,9 рази перевищував спонтанні показники. Перевищення у ґрунті промислової зони ВАТ «Полтавхіммаш» фонового вмісту іонів свинцю і цинку спричинило зростання частоти мутацій у рослин сортів Альбатрос одеський і Зимоярка в 4,9 та 2,1 рази, відповідно. Підвищеним вмістом важких