

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 581.1

Х.Х. Алобайди¹, Е.Б. Башмакова², В.П. Холодова²

¹Российский университет дружбы народов (г. Москва)

²Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН (г. Москва)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ РОДА *Brassica* НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ОНТОГЕНЕЗА К ИЗБЫТКУ МЕДИ

Материалы опубликованы в рамках проекта ФЦП «Организационно-техническое обеспечение проведения международной научной школы «Перспективные направления физико-химической биологии и биотехнологии» (ГК № 14.741.12.0153 от 07 июня 2011 г.).

Исследована устойчивость растений 3 видов рода Brassica (B. juncea L., B. niger и B. alba) к избыточной концентрации ионов меди в среде. Отсутствие токсичного влияния различных концентраций меди (10, 25, 50, 100, 200 и 300 мМ) оценивалось по прорастанию семян и росту корня проростков. Установлена высокая устойчивость проростков B. alba к токсичным концентрациям сульфата меди, что делает этот вид перспективным для фиторемедиации.

Ключевые слова: растения р. *Brassica*; *B. alba*; *B. juncea*; *B. niger*; фиторемедиация; медь.

Введение

Медь – эссенциальный элемент, являющийся кофактором таких ферментов, как супероксиддисмутаза и лакказы, и входящий в состав важнейших функциональных белков, например пластоцианина. Вместе с тем в избыточных концентрациях в среде ионы меди оказывают негативное действие на растения [1–3], занимая одно из первых мест по токсичности среди тяжелых металлов. Основными источниками загрязнения почв медью являются, с одной стороны, горнодобывающая и перерабатывающая промышленность, а с другой – агропромышленное производство, использующее препараты меди для борьбы с болезнями и вредителями. В связи с этим остро стоит задача очистки почв сельскохозяйственного назначения и городских территорий от избытка меди [4]. Известно, что эффективными для фиторемедиации являются растения, обладающие выраженной устойчивостью к меди и хорошо развитой надземной биомассой. К такого рода растениям относятся представители рода *Brassica*. Таким образом, целью работы являлась оценка устойчивости трех видов горчицы, потенциально перспективных для фиторемедиации с избыточным содержанием меди в почве.

Материалы и методики исследования

Работа выполнена на растениях 3 видов рода *Brassica*, из которых *B. juncea* L. культивируется в России преимущественно в условиях аридных зон, семена *B. niger* и *B. alba* дикого типа получены из Багдадского региона Ирака. Для определения влияния меди на прорастание семена дезинфицировали слабозловым раствором перманганата калия и после промывки дистиллированной водой помещали на фильтровальную бумагу в стерильные чашки Петри, содержавшие в контроле дистиллированную воду, в опытных вариантах – сульфат меди (CuSO_4) в концентрациях 10, 25, 50, 100, 200 и 300 μM . Семена проращивали при 20–22°C; через трое суток с момента постановки эксперимента подсчитывали число проросших семян и измеряли длину корня проростка. Статистическая обработка данных проведена с помощью пакета прикладных программ StatSoft STATISTICA 6.0. Результаты экспериментов представлены в виде средних арифметических со стандартными ошибками. Статистическая значимость различий $p < 0,05$.

Результаты исследования и обсуждение

Установлено, что повышенные концентрации меди негативно влияли на прорастание семян всех исследованных видов *Brassica*, полная потеря всхожести семян происходила при 300 μM CuSO_4 . Различия в реакции видов на присутствие меди в среде проявлялись уже при 10 μM : прорастание *B. niger* и *B. juncea* заметно подавлялись, но растения вида *B. alba* по всхожести и длине корня практически не отличались от проростков в контрольном варианте. Однако отсутствие значительной разницы по всхожести семян для разных видов от контрольного варианта не позволяло подробно изучить механизм влияния избытка меди на рост и развитие проростков растений рода *Brassica*. Для уточнения полученных значений и более подробной оценки был проведен пересчет действия меди по отношению к прорастанию в контрольном варианте каждого из видов (рис. 1). Высокую устойчивость *B. alba* можно отметить не только при 10 μM , но и при 100 и 200 μM CuSO_4 . *B. niger* при умеренных концентрациях меди (25 и 50 μM) не уступал по устойчивости *B. alba*, но присутствие меди в среде в количестве 100–200 μM значительно сильнее снижало прорастание *B. niger* по сравнению с двумя другими видами.

Таким образом, повышенные концентрации сульфата меди в среде заметно снижали длину корней проростков всех трех видов. При этом, учитывая значительно более быстрый рост корней проростков *B. juncea* и *B. niger* по отношению к *B. alba*, для улучшения восприятия при сравнении экспериментальные данные представлены в виде относительных величин в % от контрольных показателей для каждого из видов (рис. 2). Представленные в таком виде показатели роста и развития растений отчетливо иллюстрируют, что растения вида *B. alba* на ранних этапах своего развития менее всего восприимчивы к избыточным концентрациям меди в среде: значимое снижение их роста от-

мечено только с 50 мкМ CuSO_4 , и даже при максимальной из использованных концентраций рост корня снизился до 40% от контроля, тогда как у растений видов *B. juncea* и *B. niger* – не превышал 15–20% от контроля.

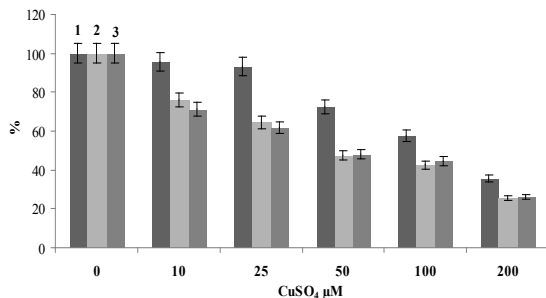


Рис. 1. Действие CuSO_4 на прорастание семян (% проросших семян от контроля для каждого варианта): 1 – *B. alba*; 2 – *B. juncea*; 3 – *B. niger*

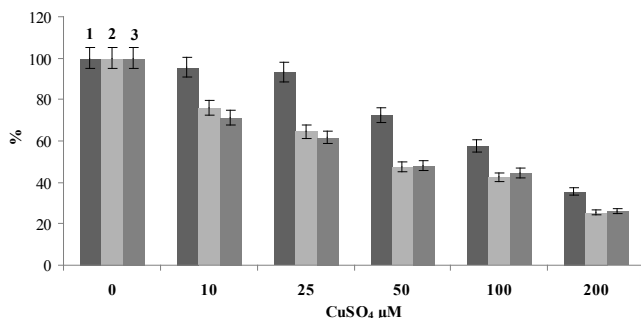


Рис. 2. Действие CuSO_4 на рост корня проростка. Обозначения см. на рис. 1

Заключение

Таким образом, представленные результаты позволяют заключить, что на начальном этапе онтогенеза проростки *B. alba*, в отличие от проростков *B. juncea* и *B. niger*, показали высокую устойчивость к токсичным концентрациям CuSO_4 , что делает этот вид перспективным для использования в целях фиторемедиации.

Литература

1. Иванова Е.М., Холодова В.П., Кузнецов Вл.В. Биологические эффекты высоких концентраций солей меди и цинка и характер их взаимодействия в растениях рапса // Физиология растений. 2010. № 6. С. 864–873.
2. Kholodova V., Volkov K., Kuznetsov V.I. Plants under Heavy Metal Stress in Saline Environments // Soil Heavy Metals. Series «Soil Biology». 19, Heidelberg, Dordrecht. London ; New York : Springer-Verlag, 2010. P. 163–183.

3. Куликова А.Л., Холодова В.П., Кузнецов В.В. Актин вовлекается в ранние ответные реакции растений на действие тяжелых металлов и ассоциирует с молекулярными шаперонами в условиях стресса // Доклады АН. 2009. Т. 424. С. 426–429.
4. Xiong Z-T., and Wang H. Copper toxicity and bioaccumulation in Chinese cabbage (*Brassica pekinensis* Rupr.) // Wiley Periodicals, Inc. Environ Toxicol. 2005. № 20. С. 188–194.

Поступила в редакцию 17.06.2011 г.

Tomsk State University Journal of Biology. 2011. № 4 (16). P. 92–95

Khalid Hashem Alobadi¹, Elena B. Bashmakova¹, Valentina P. Kholodova²

¹Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

²Timiryazev Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Science, Moscow, Russia

A COMPARATIVE ANALYSIS OF RESISTANCE OF THREE SPECIES OF THE GENUS *Brassica* TO EXCESS COPPER CONCENTRATION AT THE INITIAL STAGE OF ONTOGENESIS

The main sources of soil contamination with copper are on one hand, mining and processing industry, and on the other hand, the agro-industry, using copper drugs to combat diseases and pests. In connection with this problem is acute treatment of soil for agricultural purposes and urban areas of excess copper.

*The purpose of this study was to search for plants that have expressed resistance to copper and a well-developed aerial biomass. This species of plants are members of the genus *Brassica*. This study assessing the sustainability of an excess of Cu in 3 kinds of mustard which are potentially promising for phytoremediation. Work was performed on 3 species of plants genus, *Brassica B. juncea*, *B. niger*, and *B. alba*. We have studied the germination of seeds depending on the concentration of copper (10, 25, 50, 100, 200 and 300 μM). Seeds were germinated at 20–22 °C; for 3 days, counted the number of germinated seeds and measured the length of seedling roots. Elevated concentrations of copper negatively affected the germination of all *Brassica* species studied, a complete loss of germination occurred at 300 μM CuSO_4 . Differences between species became obviously already at 10 μM while *B. alba* did not differ from controls, but germination of *B. niger*; and *B. juncea* significantly suppressed. However, a strong difference in seed germination of different species in the control variants, without the influence of copper, not strictly allowed comparing the effect on them of excess copper. For this conversion was carried out of the copper in relation to germination in the control of each species. High stability of the *B. alba* can be noted not only at 10 μM , but at 100 and 200 μM CuSO_4 . *B. niger* at moderate concentrations of copper (25 and 50 μM) did not shows the stability of *B. alba*, but the 100–200 μM CuSO_4 significantly more reduced germination of *B. niger* in comparison with the other two species. Elevated concentrations of CuSO_4 significantly decreased the length of seedling roots of all three species. In this case, given the much more rapid growth of seedling roots *B. juncea* and *B. niger* in relation to *B. alba*, to compare the relative values are presented as % of control for each species.*

*Thus, the presented results suggest that early in ontogeny seedlings of *B. alba*, in contrast to *B. juncea* and *B. niger*, showed high resistance to toxic concentrations of CuSO_4 , which makes this species a promise for use in phytoremediation.*

Key words: *B. alba*; *B. juncea*; *B. niger*; phytoremediation; copper.

Received June 17, 2011