Влияние высоких концентраций CoCl_2 , Co(II) - и Co(III) ЭДТА на редокс-метаболизм и дыхание растений пшеницы

© Г.И. Хаматдинова¹, К.М. Сигова¹, В.В. Федяев^{1,2}, М.И. Гарипова¹, Р.Г. Фархутдинов¹

¹Башкирский государственный университет

Россия, Республика Башкортостан, 450076 г. Уфа, улица Заки Валиди, 32.

²Уфимский Институт биологии Российской академии наук

Россия, Республика Башкортостан, 450054 г. Уфа, проспект Октября, 69.

*Email: vadim.fedyaev@gmail.com

ЭДТА-комплексы кобальта (Co) оказывали меньше токсического воздействия на рост, редокс-метаболизм и дыхание растений пшеницы Казахстанская 10 по сравнению с CoCl_2 .

Ключевые слова: *Triticum aestivum*, кобальт, токсичность, антиоксидантная система.

Кобальт (Co) в высоких концентрациях оказывает токсическое влияние на большинство видов растений. Негативные эффекты Co и его соединений в основном зависят от физико-химических свойств образующих с кобальтом комплексов [1,3]. Co в составе ЭДТА-комплексов может находиться в двух степенях окисления – II и III. По литературным данным, Co(III) ЭДТА токсичен и термодинамически более стабилен по сравнению с Co(II) ЭДТА [8]. В настоящее время мало данных о фитотоксическом воздействии Co. Исследование фитотоксичности Co, для таких растений как ячмень, масличный рапс и томаты, выявило его негативное влияние на рост и биомассу побегов [1,3]. Помимо воздействия на биомассу, высокие концентрации Co снижают водный потенциал и скорость транспирации у растений [5]; нарушают фотосинтез, ингибируя синтез пигмента хлорофилла [4]; приводят к повышению активности антиоксидантных ферментов, что указывает на индукцию окислительного стресса [9]. Цитотоксичность, вызываемая у растений повышенными уровнями Co, включает ингибирование митоза и повреждение хромосом, нарушение эндоплазматического ретикула и дезорганизацию флоэмы в кончиках корней [1].

Одним из основных эффектов повреждающего действия тяжелых металлов для растений является повышение содержания активных форм кислорода (АФК), что приводит к окислительному стрессу. Результатом этого процесса является разрушение мембран, утечка ионов, перекисное окисление липидов и расщеплению цепей ДНК [6]. Защитные механизмы, позволяющие растениям преобразовывать АФК в менее токсичные продукты, включают повышение уровней метаболических промежуточных соединений и антиоксидантных ферментов [2,7].

Целью нашей работы было определение влияния высоких концентраций соединений кобальта на состояние про-/антиоксидантной системы растений пшеницы.

В качестве материалов исследования были использованы растения пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Казахстанская 10. Для получения проростков семена стерилизовали раствором гипохлорита натрия (использовался 5 %-й раствор коммерческого отбеливателя «Белизна»). Растения пшеницы выращивали методом гидропоники при освещении.

щении. Соединения кобальта (CoCl_2 , Co(II)ЭДТА и Co(III)ЭДТА) в концентрации 250 мкМ вносили в питательный раствор Хогланда-Арнона без добавления источника железа и микроэлементов. Измерения необходимых параметров проводили на 10-суточных растениях. Co(II)ЭДТА получали добавлением равного молярного (0,5 М) количества растворов CoCl_2 , $6\text{H}_2\text{O}$ и ЭДТА. Co(III)ЭДТА синтезировали по методу Taylor и Jardine [8]. Определение морфометрических (сырая и сухая масса, длина корней и побегов) и биохимических показателей, оценка активности ферментов пшеницы под влиянием высоких концентраций соединений кобальта было проведено ранее описанными методами [10].

Повышенная концентрация CoCl_2 вызывала снижение ростовых параметров у растений пшеницы. В то же время ЭДТА-комплексы с той же концентрацией Co , оказывали меньше повреждающего действия на сухую массу и длину корней и побегов.

Под воздействием CoCl_2 увеличивалось содержание супероксид-аниона и пероксида водорода, в то же время активность супероксиддисмутазы, гваяколпероксидазы и каталазы уменьшалась. Под воздействием Co(III)ЭДТА на корни растений наблюдалось высокое содержание АФК и низкая активность вышеперечисленных ферментов. Co(II)ЭДТА оказывал на растения меньшее токсического воздействия, чем Co(III)ЭДТА .

Измерение скорости дыхания у корней и побегов растений показало усиление потребления кислорода под влиянием CoCl_2 , по сравнению с контрольной группой растений. В присутствии ЭДТА-комплексов кобальта изменение данного параметра наблюдалось в меньшей степени.

Таким образом, определение морфометрических и биохимических параметров позволяет оценить степень токсичности минеральной и ЭДТА-комплексов кобальта на растения пшеницы Казахстанская 10. Показано снижение токсичности кобальта в ряду CoCl_2 , Co(III) - и Co(II)ЭДТА , а также различие реакции растений на воздействие этих комплексов.

Литература

1. Akeel A., Jahan A. Role of cobalt in plants: its stress and alleviation // Contaminants in agriculture. Cham: Springer. 2020. P. 339-357.
2. He J. et al. Net cadmium flux and accumulation reveal tissue-specific oxidative stress and detoxification in *Populus× canescens* // Physiologia Plantarum. 2011. V. 143. №. 1. P. 50-63.
3. Li H.F., Gray C. et al. Phytotoxicity and bioavailability of cobalt to plants in a range of soils // Chemosphere. 2009. V. 75. P. 979–986.
4. Mysliwa-Kurdziel B., Prasad M. N. V., Strzałka K. Photosynthesis in heavy metal stressed plants // Heavy metal stress in plants. Springer, Berlin, Heidelberg. 2004. P. 146-181.
5. Nagajyoti P. C., Lee K. D., Sreekanth T. V. M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review // Environmental chemistry letters. 2010. V. 8. P. 199-216.
6. Shahid M. et al. Heavy-metal-induced reactive oxygen species: phytotoxicity and physicochemical changes in plants // Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 232. 2014. P. 1-44.

7. Tang K. et al. Changes of resveratrol and antioxidant enzymes during UV-induced plant defense response in peanut seedlings // *Journal of plant physiology*. 2010. V. 167. №. 2. P. 95-102.
8. Taylor D.L., Jardine P.M. Analysis of cobalt (II) EDTA and cobalt (III) EDTA in pore water by ion chromatography // *Journal of Environmental Quality*. 1995. V. 24. P. 789-792.
9. Tewari R. K. et al. Modulation of oxidative stress responsive enzymes by excess cobalt // *Plant Science*. 2002. V. 162. P. 381-388.
10. Федяев В.В., Фархутдинов Р.Г., Массалимов И.А., и др // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2018. Т. 8, N 2. С. 55–62.

Effect of high concentrations of CoCl₂, Co (II) - and Co (III) EDTA on redox metabolism and respiration of wheat plants

G.I. Khamatdinova¹, K.M. Sigova¹, V.V. Fedyaev^{1,2}, M.I. Garipova¹, R.G. Farkhutdinov¹

¹*Bashkir State University*

32 Zaki Validi Street, 450076 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.

²*Institute of Petrochemistry and Catalysis, Russian Academy of Sciences*

69 Prospekt Oktyabrya, 450054 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.

**Email: vadim.fedyaev@gmail.com*

EDTA complexes of cobalt (Co) had less toxic effect on the growth, redox metabolism, and respiration of Kazakhstanskaya 10 wheat plants compared to CoCl₂.

Keywords: *Triticum aestivum*, cobalt, toxicity, antioxidant system.