

DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-3-20

БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПШЕНИЦЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ МЕДИ И ЦИНКА

Е.С. Лукьянова, В.А. ФедотовФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, д.13

РЕЗЮМЕ. В настоящее время концентрация тяжелых металлов, таких как цинк и медь, в окружающей среде увеличивается, главным образом из-за деятельности человека. Цинк и медь являются важными элементами для ряда биохимических процессов в растениях. Биохимические параметры исследованы у 30-дневной пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в ответ на стресс от воздействия меди и цинка в высоких концентрациях. У растения наблюдалось замедление роста, снижение содержания хлорофилла, углеводов, белка. При высоких концентрациях меди и цинка содержание углеводов в листьях значительно снижалось (контроль – 2,56 мг/г, 1 г меди – 2,32 мг/г, 2 г меди – 1,52 мг/г, 5 г меди – 1,02 мг/г, 1 г цинка – 2,45 мг/г, 2 г цинка – 1,87 мг/г, 5 г цинка – 1,15 мг/г).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тяжелые металлы, зерновые, зерно, пшеница.

Для цитирования: Лукьянова Е.С., Федотов В.А. Биохимические изменения в пшенице под действием различных доз меди и цинка. Микроэлементы в медицине. 2024;25(3):46–48. DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-3-20.

ВВЕДЕНИЕ

Такие металлы, как кобальт, железо, марганец, медь и цинк, необходимы для жизнедеятельности растений, но требуются в очень малых или в следовых количествах и становятся токсичными при более высоких концентрациях. Тяжелые металлы, накапливаемые в избытке в тканях растений, могут вызывать изменения в физиологических процессах, таких как фотосинтез и биосинтез хлорофилла, а также целостность клеточных мембран (Asgharipour et al., 2011). Накопление металлов и их токсическое воздействие на пищевые цепочки может привести к серьезным экологическим проблемам.

Цинк является значимым элементом для многих биохимических процессов, таких как выработка хлорофилла, активация ферментов, а также важным фактором, ограничивающим устойчивое производство сельскохозяйственных культур на дефицитных почвах (Bouazizi et al., 2010). Токсичность цинка вызывает хлороз листьев, возможно, это связано с дефицитом железа или магния, поскольку эти три металла имеют одинаковые ионные радиусы. Медь также является одним из важнейших микроэлементов для роста растений (Dhankhar et al., 2011). Избыток меди может вызывать угнетение роста корней и нарушение проницаемости плазматической мембраны, что приводит к утечке ионов.

Ц е л ь и с с л е д о в а н и я – определение влияния меди и цинка на пшеницу в различных концентрациях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на сорте пшеницы Оренбургская 13. Изучали устойчивость пшеницы к меди и цинку при обработке почвы: при низких (1 г, то есть 150 ppm, 2 г, то есть 300 ppm) и при высоких (5 г, то есть 600 ppm) концентрациях в 8 кг почвы. В качестве контроля взята необработанная почва. Через 30 дней отбирали образцы для биохимических исследований. Анализы на тяжелые металлы проводили с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра. Содержание хлорофилла измеряли спектрофотометрическим методом при длинах волн 663, 646 и 470 нм. Общее количество белков определяли по методу Брэдфорда, используя бычий сывороточный альбумин в качестве стандарта. Светопоглощение регистрировали при 595 нм. Содержание углеводов в образцах устанавливали фенол-сернокислотным анализом.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучено воздействие тяжелых металлов (медь и цинк) на различные параметры пшеницы: высоту растений, содержание хлорофилла А и В, каротиноидов, белка, углеводов. Растения пшеницы поглощали меньше цинка по сравнению с медью. Концентрации цинка и меди составили 80 и 21 ppm соответственно в 5 г обработанной почвы. После 30 дней роста пшеницы скорость накопления ею цинка и меди была выше при более высоких концентрациях металлов.

С увеличением концентрации цинка в почве длина побегов увеличивалась более значительно, чем с повышением содержания меди (длина побега, контроль – 25,2 мм, 1 г меди – 26,2 мм, 2 г меди – 24,2 мм, 5 г меди – 22,7 мм, 1 г цинка – 27,6 мм, 2 г цинка – 25,8 мм, 5 г цинка – 24,9 мм). При увеличении концентрации цинка наблюдалось значительное увеличение длины побегов и корней. Но при более высокой концентрации не происходило существенного изменения длины побегов пшеницы из-за токсичности цинка и меди. Цинк способствовал увеличению высоты растений за счет увеличения расстояния между междоузлиями. Высота растений, количество листьев, число удлиненных междоузлий не изменялись при содержании меди в почве ниже 200 мг/кг, но значительно снижались при содержании этого элемента выше 400 мг/кг.

Различные абиотические стрессы снижают содержание хлорофилла в растениях. Растения пшеницы, обработанные медью и цинком, проявляли ингибирующий эффект в отношении содержания хлорофилла А и В, каротиноидов при высоких концентрациях этих элементов по сравнению с контролем. Медь более токсична, чем цинк, с точки зрения ингибирования хлорофилла (в среднем в 1,5-2 раза). Следовательно, снижение содержания хлорофилла может привести к нарушению процессов фотосинтеза. Содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях проростков пшеницы увеличивалось до 1 г цинка. Дальнейшее повышение уровня цинка снижало содержание хлорофилла и каротиноидов. Повышенное содержание хлорофилла и каротиноидов, очевидно, связано с тем, что цинк в низких концентрациях действует как структурный и каталитический компонент белков, ферментов для нормального развития биосинтеза пигментов.

Тяжелые металлы также влияли на накопление углеводов в листьях пшеницы. При высоких концентрациях меди и цинка содержание углеводов значительно снижалось (контроль – 2,56 мг/г, 1 г меди – 2,32 мг/г, 2 г меди – 1,52 мг/г, 5 г меди – 1,02 мг/г, 1 г цинка – 2,45 мг/г, 2 г цинка – 1,87 мг/г, 5 г цинка – 1,15 мг/г). Общее содержание растворимых сахаров в растениях, обработанных медью, ниже, чем в растениях, обработанных цинком. Наблюдаемое снижение общего содержания сахара при высоком содержании цинка может быть связано с его влиянием на ферментативные реакции, связанные с циклами катаболизма углеводов.

Результаты анализов показывают, что содержание белка снижается с увеличением концентрации меди и цинка (контроль – 25,8 мг/г, 1 г меди – 24,2 мг/г, 2 г меди – 16,4 мг/г, 5 г меди – 9,2 мг/г, 1 г цинка – 24,9 мг/г, 2 г цинка – 18,2 мг/г, 5 г цинка – 10,4 мг/г). Содержание белка в растениях, обработанных медью, ниже, чем в растениях, обработанных цинком, и в контрольных растениях. Содержание аминокислот и белка отмечалось высоким при более низких концентрациях цинка (10 и 25 мг/л), далее значения снижались с увеличением уровня цинка. Ингибирование избытка цинка в аминокислотах и белках может быть связано со связыванием металлов с сульфгидрильной группой белка и вызывать вредный эффект в обычной белковой форме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Присутствие меди и цинка в низких концентрациях (до 300 ppm) благоприятно для роста растений, но высокая концентрация меди и цинка в почве токсична, что приводит к торможению роста, повреждению структуры растений, снижению физиологических и биохимических показателей жизнедеятельности пшеницы. Результаты опытов убедительно показали, что при высоких концентрациях меди и цинка рост пшеницы снижался, содержание хлорофилла, белка, углеводов уменьшалось.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Asgharipour M.R., Khatamipour M., Razavi-Omrani M. Phytotoxicity of Cadmium on Seed Germination, Early Growth, Proline and Carbohydrate Content in Two Wheat Varieties. *Advances in Environmental Biology*. 2011; 5(4): 559–565.
- Bouazizi, H., Jouili, H., Geitmann, A. and Ferjani, E.E.I. Copper toxicity in expanding leaves of *Phaseolus vulgaris* L.: antioxidant enzyme response and nutrient element uptake. *Ecotox. Environ. Saf.* 2010; 73: 1304–1308.
- Dhankhar R. and Solanki R. (2011) Effect of copper and zinc toxicity on physiological and biochemical parameters in *Vigna mungo* (L.) Hepper. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 2(2), 553–565.

BIOCHEMICAL CHANGES IN WHEAT UNDER THE INFLUENCE OF DIFFERENT DOSES OF COPPER AND ZINC

E.S. Lukyanova, V.A. Fedotov

Orenburg State University,
13 Pobedy Ave, Orenburg, 460018, Russian Federation

ABSTRACT. Currently, the concentration of heavy metals such as zinc and copper in the environment is increasing, mainly due to human activity. Zinc and copper are important elements for a number of biochemical processes in plants. Biochemical parameters were studied in 30-day wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to Cu and Zn stress. The plant had a decrease in growth, the content of chlorophyll, carbohydrates, and protein. At high concentrations of Cu and Zn, the carbohydrate content in the leaves decreased significantly (control – 2.56 mg/g, 1 g of copper – 2.32 mg/g, 2 g of copper – 1.52 mg/g, 5 g of copper – 1.02 mg/g, 1 g of zinc – 2.45 mg/g, 2 g of zinc – 1.87 mg/g, 5 g of zinc – 1.15 mg/g). At high concentrations of Cu and Zn, the carbohydrate content in the leaves decreased significantly (control – 2.56 mg/g, 1 g of copper – 2.32 mg/g, 2 g of copper – 1.52 mg/g, 5 g of copper – 1.02 mg/g, 1 g of zinc – 2.45 mg/g, 2 g of zinc – 1.87 mg/g, 5 g of zinc – 1.15 mg/g).

KEYWORDS: heavy metals, cereals, grains, wheat.