

3. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат. 1987. 142 с.
4. Алексеева-Попова Н.В., Игошина Т.И., Косицин А.В., Ильинская М.Л. Устойчивость к тяжелым металлам (Pb, Zn, Cu) отдельных видов и популяций естественных фитоценозов из района медноколчеданных рудопро- явлений // Растения в экстремальных условиях минерального питания. Л.: Наука. 1983. С. 22–42.
5. Волынец А.П. Фенольные соединения в жизнедеятельности растений. Минск: Беларус.навука. 2013. 283 с.
6. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука. 1991. 151с.
7. Серегин И.В. Фитохелатины и их роль в детоксикации кадмия у высших растений // Успехи биол. наук. 2001. Т. 41. С. 283–300.
8. Серегин И.В., Иванов В.Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // Физиология растений. 2001. Т. 48(4). С. 606–630.
9. Day A., Ruel K. Lignification in the flax stem: evidence for an unusual lignin in bast fibers // Planta. 2005. V. 222. P.234–245.
10. Dietz K.J., Baier M., Kramer U. Free radicals and active oxygen species as mediators of heavy metal toxicity in plants // Heavy metal stress in plants. From molecule to ecosystems. Springer, Berlin. 1999. P.73–97.
11. Douchiche O., Rihouey C., Schaumann A. Cadmium-induced alterations of the structural features of pectins in flax hypocotyl. // Planta. 2007. V. 225. P.1301–1312.
12. Kopittke P.M., Asher C.J., Kopittke R.A., Menzies N.W. Toxic effects of Pb on growth of cowpea // Environ. Pollut. V. 150. 2007. P. 280–287.
13. Soleca D. Role of phenylpropanoid compounds in plant response to different stress factors // Acta Physiol.Plant. 1997. V. 19. P.257–268.
14. Zenk M.H. Heavy metal detoxification in higher plants // Gene.1996. V.179. P. 21–30.

Дроганова Т.С., Поликарпова Л.И.

Московский государственный областной университет,
РФ, Москва, ул. Радио, 10 а

**Изменение активности кислой фосфатазы живородки речной под
влиянием катионов никеля**

T. Droganova, L. Polykarpova
Moscow State Regional University,
Radio street, 10 a, Moscow, Russia.

The change in the activity of acid phosphatase of the river snail under the influence of nickel cations

Аннотация. Получены экспериментальные данные о влиянии катионов никеля Ni^{2+} на метаболические процессы пресноводных моллюсков живородка речная. Показана динамика изменения активности кислой фосфатазы живородки речной в ответ на острое токсическое воздействие катионов никеля Ni^{2+} , а также изменение активности этого фермента у подопытных животных в норме. Выявлены колебательные изменения активности фермента как в норме, так и при интоксикации. Показана возможность использования степени изменения активности кислой фосфатазы в качестве биомаркера токсического воздействия на гидробионтов.

Ключевые слова: токсическое воздействие, гидробионты, активность ферментов, кислая фосфатаза, тяжелые металлы, катионы никеля.

Abstract. The experimental data obtained on the influence of nickel cations- Ni^{2+} on the metabolic processes of river snail. The dynamics of changes in activity of acid phosphatase of the river snail shows in response to acute toxic effects of nickel cations- Ni^{2+} and also the change in activity of this enzyme in experimental animals in norm. Oscillatory changes in activity of the enzyme both in norm and during intoxication were revealed. The possibility of using the degree of changes in the activity of acid phosphatase as biomarker of toxic effects on aquatic organisms.

Key words: toxic effects, aquatic organisms, the activity of enzymes, acid phosphatase, heavy metals, nickel cations.

В настоящее время изучение токсического воздействия различных веществ на гидробионтов является актуальной темой в экологии. Чувствительность организмов к изменениям условий среды на метаболическом уровне положена в основу методов биоиндикации и биотестирования загрязнений антропогенного, абиотического и техногенного характера, которые используют совместно с методами оценки загрязнения природной среды.

Среди загрязнителей биосферы наибольший интерес представляют тяжелые металлы, вследствие биологической активности многих из них. Наряду с ртутью, кадмием, свинцом, кобальтом, медью и цинком, никель входит в число наиболее опасных металлов с точки зрения воздействия на окружающую среду – степень его рециркуляции составляет 19,1% (для меди 40,9, цинка 27,0, ртути 20,6%) [4; 6].

Важнейшими источниками загрязнения окружающей среды никелем являются сточные воды с предприятий горнорудной промышленности,

цветной металлургии, металлообрабатывающих, а также транспорт, ТЭС, работающие на мазуте и каменном угле и др. [1; 5]. Поступление никеля в водоемы, его подвижность и миграция связаны с физико-химическими свойствами его ионов и соединений, с различными химическими и биологическими факторами. Согласно литературным данным, активными адсорбентами никеля в пресных водах являются гидроксиды железа, марганца, алюминия, благодаря чему он способен накапливаться в донных отложениях. Наибольшее содержание отмечено в поверхностном слое ила. В воде никель находится в виде комплексных соединений с аланином и глицином [3].

Растворимость многих соединений никеля в воде обуславливает возможность накопления его гидробионтами, в результате чего концентрация в водоеме снижается. Отмечено, что из клеток выводится только 6% никеля, а 94% прочно связываются внутриклеточными структурами. Небольшие концентрации никеля в воде (около 0,03 мг/л, для сравнения, ПДК никеля для водной среды составляет 0,1 мг/л) снижают способность гидробионтов к воспроизведению, более высокое содержание приводит к гибели водорослей, ракообразных, моллюсков и рыб в течение нескольких суток [2; 3]. В связи с этим особый интерес представляет исследование влияния катионов Ni^{2+} на изменение активности кислой фосфатазы пресноводного моллюска живородка речная.

Подопытных животных собирали в Пестовском вдхр. (с. Тишково Пушкинского р-на Московской обл.), акклиматизировали к лабораторным условиям в аквариуме с постоянной аэрацией в течение 2-х недель, после чего подвергали воздействию токсиканта.

В качестве токсиканта использовали 6-водный хлорид никеля в концентрации 0,1 мг/л, что соответствует величине ПДК и около 10 ПДК_{рыб.} (ПДК_{рыб.} для фторид-иона равна 0,01 мг/л). Экспозиция опыта составляла 1, 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 и 96 ч. Контролем служили особи, отобранные из аквариума непосредственно перед опытом (при экспозиции, равной 0 ч), а также содержащиеся в воде без токсиканта при прочих равных условиях в течение тех же временных интервалов. На протяжении эксперимента моллюски сохраняли свою активность, гибели животных не наблюдалось.

По истечении экспозиции отбирали по 5-6 особей животных, препарировали их для извлечения пищеварительной железы, из которой получали экстракт водорастворимых белков. Концентрацию белка в полученных экстрактах определяли по методу Лоури [8]. Активность кислой фосфатазы (КФ) определяли фотометрически, используя в качестве субстрата *p*-нитрофенилфосфат [7]. За единицу активности фермента (Е) принимали такое его количество, которое катализирует накопление 1 моль продукта (для КФ) за 1 секунду. Выражали активность фермента в единицах на 1 мг белка (Е/мг белка).

Приняв контрольные значения активности кислой фосфатазы за единицу, мы построили график изменения активности фермента под воздействием катионов никеля, из которого можно заметить, что влияние токсиканта в целом вызывает значительное увеличение активности фермента (рис. 1).

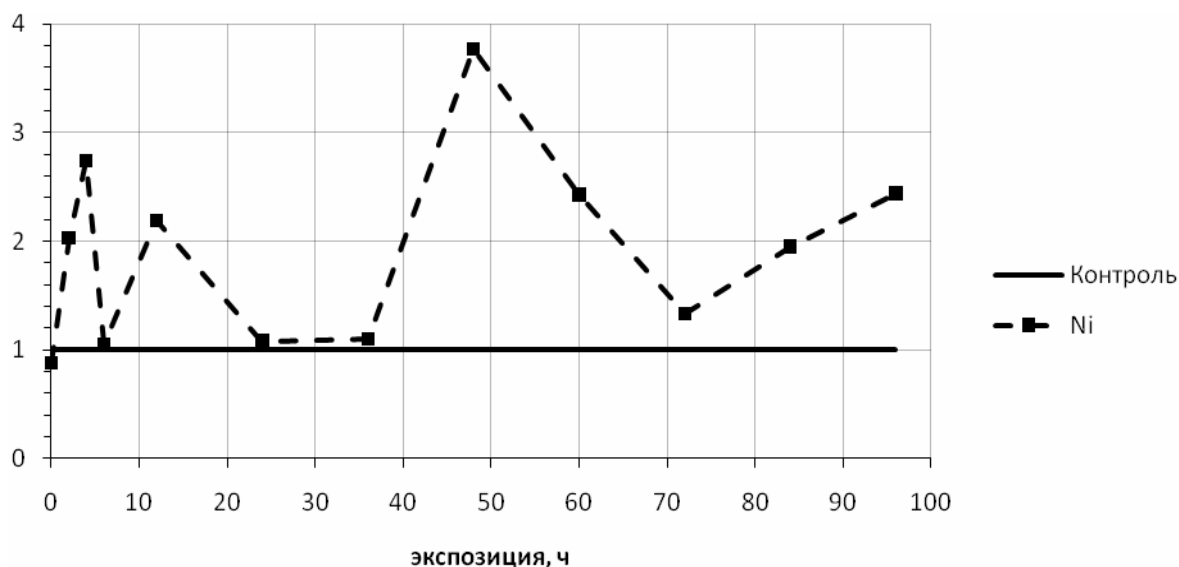


Рисунок 1 – Изменение активности кислой фосфатазы живородки речной под воздействием Ni²⁺ по отношению к контролю

Следует отметить, что на всем протяжении экспозиции наблюдается циклическое изменение активности кислой фосфатазы – после резкого всплеска (в 2-4 раза) происходит понижение активности до контрольных значений, после чего она вновь начинает расти. Периоды повышения активности находятся во временных интервалах от 0 до 2, от 4 до 12, от 36 до 48 и от 72 часов экспозиции до окончания эксперимента, таким образом, изменение активности фермента проходит 3 полных цикла. По истечении 12 часов экспозиции активность кислой фосфатазы снижается до контрольного значения к 24 часам, после чего не изменяется до 36 часов. Далее колебательная динамика изменения активности фермента возобновляется. Максимального значения активность кислой фосфатазы достигает при экспозиции 48 часов, превосходя контрольные показатели почти в 4 раза.

Подобная динамика активности кислой фосфатазы живородки речной соотносится с кривой адаптации по Селье и свидетельствует о формировании неспецифической адаптации к токсическому воздействию на биохимическом уровне.

Литература

1. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V–VIII групп: Справ.изд. / Под ред. В.А. Филова и др. Л.: Химия. 1989. 592 с.
2. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах. Л.: Химия. 1979. 160 с.
3. Линник П.И., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л. 1986. 272 с.
4. Манн А.У. Химия окружающей среды. М. 1982. С. 90–140.
5. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. М.: Мир. 1987. 286 с.
6. Фохт Х. Комплексный глобальный мониторинг Мирового океана. Т. 1. Л. 1985. С. 113–132.
7. Heinonen J.K., Lahti R.A. A new and convenient colorimetric determination to the assay of inorganic pyrophosphatase. // *Anal. Biochem.* 1981. Vol. 113. № 2. P. 313–317.
8. Lowry O.H., Rosenbrought N.J., Farr A.L., Rangel R.L. Protein measurement with the Folin Phenol Reagent. // *J. Biol. Chem.* 1951. Vol. 193. № 2. P. 265–275.

Загоскина Н.В.

ФГБУН Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН,
РФ, Москва, ул. Ботаническая, 35

Полифенолы высших растений: структура, биосинтез, экологическая роль

N. Zagoskina

Timiryazev Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Sciences;
Botanicheskaya str., 35, Moscow, Russia

Polyphenols in higher plants: structure, biosynthesis, ecological significance

Аннотация. Сообщается о структурном разнообразии полифенолов высших растений, их биосинтезе и накоплении в условиях действия стрессовых факторов (тяжелые металлы, низкие температуры, УФ-Б радиация). Отмечена важность экологической биохимии при изучении устойчивости/адаптации растений к изменяющимся условиям окружающей среды.

Ключевые слова: высшие растения, экологическая биохимия, полифенолы, структура, биосинтез, содержание, стресс.

Abstract. Reported about the structural diversity of polyphenols, biosynthesis and accumulation in plants under the influence of stressors (heavy metals, low temperature, UV-B radiation). Noted the importance of ecological biochemistry,