

Рішення Львівської обласної ради від 16 червня 2015 року № 1370.

33. Mirek Z., Zarzycki K., Wojewoda W., Szela Z. Red list of plants and fungi in Poland. Czerwona lista roślin i grzybów Polski. Krakow: Instytut Botaniki im. W. Szafera, 2006. 99 p.

34. Kolanowska M. Niche conservatism and the future potential range of *Epipactis helleborine* (Orchidaceae) // 34. PLoS One. 2013. Vol. 8, № 10. e77352. DOI: 10.1371/journal.pone.0077352.

35. Light M.H.S., MacConaill M. Appearance and disappearance of a weedy orchid, *Epipactis helleborine* // Folia Geobotanica. 2006. Vol. 41, № 1. P. 77–93. DOI: 10.1007/BF02805263.

36. Сенатор С.А., Саксонов С.В. Причины дизъюнкций ареалов растений в Самарско-Ульяновском Поволжье (в порядке дискуссии) // Теоретические проблемы экологии и эволюции. Теория ареалов: виды, сообщества, экосистемы. V Любимцевские чтения. Тольятти, 2010. С. 180–189.

TRENDS OF SOME RARE FLORA SPECIES POPULATIONS IN THE SOUTHERN URALS FOOTHILLS (ORENBURG REGION)

© 2019

Safonov Maksim Anatolievich, doctor of biological sciences, professor,
head of General Biology, Ecology and Methods of Biology Teaching Department
Orenburg State Pedagogical University (Orenburg, Russian Federation)

Abstract. The results of long-term (1994–2018) studies of the distribution and abundance of rare plant species in the foothills of the Southern Urals in order to identify their spatial and temporal trends are discussed. Some species retains its low numbers; in some species the number of populations and their amount were reduced, and some, probably, entirely disappeared from the flora. It is a new species in the local flora – *Bupleurum aureum*, but its low number does not allow to assess objectively its status and the necessary measures of protection. Spreading of *Epipactis helleborine* is also sporadic. The population of *Veratrum lobelianum* is gradually spreading to the South due to mesophytization of the climate and changes in pasture load on meadow and meadow-steppe ecosystems. The populations of the *Cicerbita uralensis* and *Lathyrus litvinovii* are in the critical condition. Thus, the change in environmental conditions leads to the fact that simultaneously with the reduction of the rare fraction, some species that previously had a small number, begin resettlement, contributing to the change in the appearance of the vegetation cover of the southern Urals foothills.

Keywords: populations; flora; dynamics; rare and small species; *Bupleurum aureum*; *Cicerbita uralensis*; *Epipactis helleborine*; *Lathyrus litvinovii*; *Lilium martagon*; *Polypodium vulgare*; *Veratrum lobelianum*; Southern Urals; Orenburg Region.

УДК 615.9 : 577.4

DOI 10.24411/2309-4370-2019-11118

Статья поступила в редакцию 25.12.2018

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ БЕНЗОТРИАЗОЛА НА НЕКОТОРЫЕ МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ *ALLIUM FISTULOSUM*

© 2019

Селезнева Екатерина Сергеевна, кандидат биологических наук,
доцент кафедры зоологии, генетики и общей экологии
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва
(г. Самара, Российская Федерация)

Аннотация. Увеличение антропогенного пресса привело к необходимости проведения модельных экспериментов, позволяющих оценить возможность организмов адаптироваться к ксенобиотикам. Исследование негативного воздействия обычно проводят в лабораториях с использованием животных в качестве тест-объектов, между тем интереснее изучать толерантность и адаптивные возможности у растительных организмов, потому что, в отличие от животных, они не способны покинуть некомфортную для существования местность. Чтобы получить объективный ответ в экспериментах, необходимо выбирать тест-объекты, относящиеся к родственным видам, широко распространенным в экосистемах, а ксенобиотики – из тех, которые широко используются и способны попадать в окружающую среду. В модельных экспериментах использовали *Allium fistulosum* L., на который воздействовали бензотриазолом для изучения возможности развития у растений адаптивного ответа к антропогенным поллютантам. Растения предадаптировали к токсичной дозе бензотриазола в концентрации 0,1 мг/мл, путем воздействия спиртовыми растворами бензотриазола в концентрации 0,0001 мг/мл или 0,001 мг/мл, причем время предварительного воздействия было различным: от 1 суток до 4 суток, затем тест-объекты проращивали в растворе высокой концентрации. Было поставлено 3 контроля: семена проращивали в течение пяти суток во всех трех используемых концентрациях бензотриазола, а также в растворителе, которым служил 0,5% изопропиловый спирт. Возможность адаптивной реакции оценивали, используя два морфо-физиологических показателя: всхожесть семян и среднюю длину корней на пятые сутки эксперимента. Проведенные эксперименты показали, что раствор бензотриазола в концентрации 0,1 мг/мл ингибирует прорастание семян и рост корней по сравнению с контролем (проращивание в 0,5% изопропиловом спирте), а в концентрации 0,0001 мг/мл – стимулирует. Воздействие низкими концентрациями достоверно создает предадаптацию к токсичной дозе, но ответы достоверно различаются по эффективности.

Самарский научный вестник. 2019. Т. 8, № 1 (26)

сти в зависимости от длительности преадаптации и концентрации вещества. Наибольший эффект к токсическому действию бензотриазола создает преадаптация низкими концентрациями в течение 3 суток. Обсуждаются возможные механизмы преадаптации.

Ключевые слова: *Allium fistulosum* L.; длина корней; прорастание семян; экотоксичность; адаптивный ответ; экспериментальные адаптации; модельные эксперименты; бензотриазол; антропогенные поллютанты; ксенобиотики; ингибирование; стимулирование; толерантность; гормезис.

Введение

Загрязнение биосферы антропогенными ксенобиотиками с каждым годом увеличивается, что приводит как к распространению толерантных к поллютантам видов растений, так и к исчезновению высокочувствительных видов. Возник закономерный интерес к раскрытию механизмов устойчивости видов к ингибирующему воздействию токсикантов. В этом плане, как правило, исследуются виды-индикаторы, но, очевидно, необходимо исследовать также виды, которые повсеместно распространены в самых различных экосистемах, в частности представители рода *Allium*.

Род *Allium* L. (сем. Amaryllidaceae) – один из крупнейших родов однодольных растений, включающий ряд овощных культур. По объему производства наиболее экономически значимыми представителями рода являются лук репчатый (*A. cepa*), чеснок (*A. sativum*) и лук-порей (*A. porrum*) [1, с. 4]. Представители этого рода рекомендованы ВОЗ для анализа генотоксичности антропогенных ксенобиотиков [2, с. 86–97].

Для видов рода *Allium* наиболее характерны патентная и рудеральная составляющие стратегии жизни. Выживание видов (сохранение в составе фитоценоза) в неблагоприятных эколого-фитоценологических условиях чаще всего наиболее эффективно обеспечивают адаптивные механизмы патентной (нишевой) составляющей стратегии жизни [3, с. 93–109; 4, с. 68–73]. Именно поэтому целесообразно в модельных экспериментах использовать представителей этого рода.

Когда в экотоксикологии ставятся модельные эксперименты по анализу биологических ответов изучаемых тест-объектов, необходимо использовать широко и давно применяемые ксенобиотики. Бензотриазол относится к таким ксенобиотикам. Он используется в фармакологической промышленности для синтеза новых лекарственных препаратов [5, с. 375–385], в металлургии в качестве ингибиторов коррозии [6], в химической промышленности в различных синтезах [7, с. 409–548] и как супрамолекулярные лиганды [8, с. 2515–2522]. Бензотриазол и его производные обнаруживаются в окружающей среде [9, р. 73–80; 10, р. 105–110]. Все вышесказанное делает его очень перспективным модельным поллютантом в экспериментах.

Целью исследования был анализ реакций *Allium fistulosum* L. на организменном уровне (всхожесть семян, рост корней) под действием спиртовых растворов бензотриазола в различных вариациях.

Материалы и методы

Объект исследования – *A. fistulosum* L. сорта Русский Зимний. Анализировали токсичность спиртовых растворов бензотриазола в концентрациях 0,0001; 0,001; 0,1 мг/мл. Растворителем служил 0,5% изопропиловый спирт.

Одновременно было поставлено 12 серий экспериментов. В каждой серии семена лука помещали на

фильтровальную бумагу в чашки Петри, пропитанную исследуемыми растворами в избранной концентрации по 20 штук в каждую. Таким образом, для каждой серии исследовали 60 семян.

1 серия. Семена в течение 5 суток проращивали в 0,5% растворе изопропилового спирта.

2 серия. Семена в течение 5 суток проращивали в спиртовом растворе бензотриазола в концентрации 0,0001 мг/мл.

3 серия. Семена в течение 5 суток проращивали в бензотриазоле в концентрации 0,001 мг/мл.

4 серия. 60 семян в течение 5 суток проращивали в бензотриазоле в концентрации 0,1 мг/мл.

5 серия. Семена проращивали в течение 1 суток в растворе бензотриазола 0,0001 мг/мл, затем переносили в чашки Петри с бензотриазолом в концентрации 0,1 мг/мл, где проращивались еще 4 суток.

6 серия. Семена проращивали 2-е суток в растворе бензотриазола 0,0001 мг/мл, затем растения переносили в чашки Петри с бензотриазолом в концентрации 0,1 мг/мл, где растения росли еще 3-е суток.

7 серия. Семена проращивали 3-е суток в растворе бензотриазола 0,0001 мг/мл, затем переносили в чашки Петри с бензотриазолом в концентрации 0,1 мг/мл, где растения росли еще 2-е суток.

8 серия. Семена проращивали в течение 4 суток в растворе бензотриазола 0,0001 мг/мл, затем переносили в чашки Петри с бензотриазолом в концентрации 0,1 мг/мл, где растения росли еще 1 сутки.

9 серия. Семена проращивали в течение 1 суток в растворе бензотриазола 0,001 мг/мл, затем переносили в чашки Петри с бензотриазолом в концентрации 0,1 мг/мл, где растения росли еще 4 суток.

10 серия. Семена проращивали в течение 2-х суток в растворе бензотриазола 0,001 мг/мл, затем переносили в чашки Петри с бензотриазолом в концентрации 0,1 мг/мл, где растения росли еще 3-е суток.

11 серия. Семена проращивали в течение 3-х суток в растворе бензотриазола 0,001 мг/мл, затем переносили в чашки Петри с бензотриазолом в концентрации 0,1 мг/мл, где растения росли еще 2-е суток.

12 серия. Семена проращивали в течение 4 суток в растворе бензотриазола 0,001 мг/мл, затем переносили в чашки Петри с бензотриазолом в концентрации 0,1 мг/мл, где растения росли еще 1 сутки.

Подсчитывали всхожесть семян в процентах и среднюю длину корней на 5-й день роста. Достоверность различий между сериями экспериментов рассчитывали с помощью двухфакторного дисперсионного анализа [11, с. 155–208].

Результаты и обсуждение

Растения, в отличие от животных, не способны активно избегать чужеродных соединений и поэтому вырабатывают стратегии выживания, позволяющие справиться с токсическим воздействием, развивая адаптивный ответ. Это один из широко известных эффектов малых доз, проявляющийся в том, что предварительное воздействие на клетки или организмы повреждающего агента в малых дозах увели-

чивает их устойчивость к повторному воздействию этого же, а иногда и другого агента в больших дозах [12, с. 59–67].

Мы поставили ряд серий экспериментов, где кратковременно воздействовали на лук низким дозами раствора бензотриазола, а потом переносили растения на высокую дозу 0,1 мг/мл этого же соединения. Исследовали две очень низкие дозы, а в качестве доказательств адаптивного ответа исследовали такие параметры, как всхожесть и длину корней. Чтобы оценить адаптивный ответ, результаты срав-

нивали с сериями экспериментов, в которых растения росли в течение пяти суток либо в трех исследованных концентрациях, либо в растворе.

На рис. 1 представлены суммированные результаты экспериментов по выяснению возможности создания преадаптации растений к токсичной дозе бензотриазола в концентрации 0,1 мг/мл его же низкими дозами. Биологический ответ оценивали по такому физиологическому показателю, как всхожесть, подчитывая изменение прорастания семян в различных сериях эксперимента.

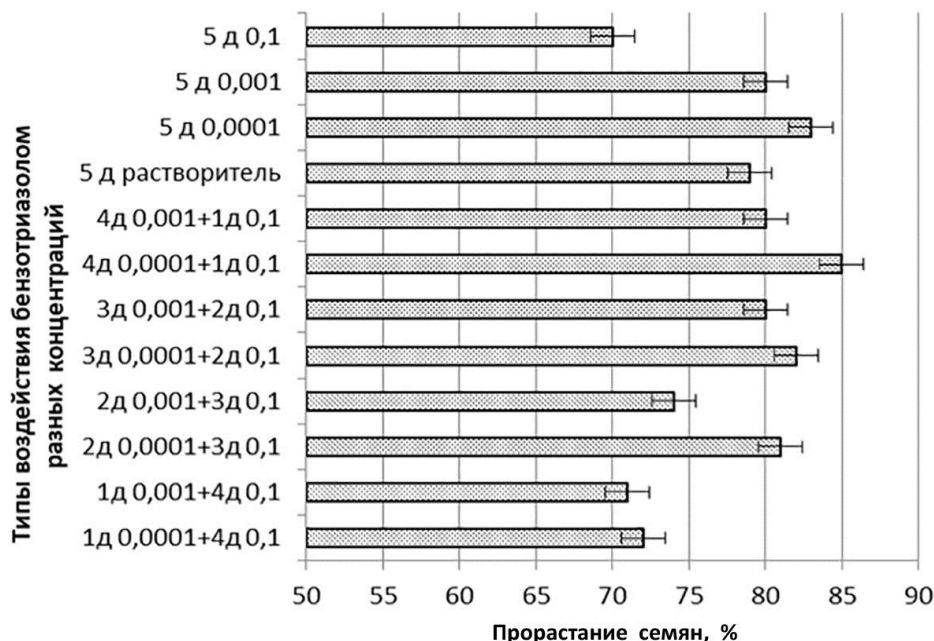


Рисунок 1 – Влияние на всхожесть семян *A. fistulosum* бензотриазолом в разных концентрациях в различных сочетаниях (первая цифра в обозначениях на оси ординат говорит о длительности предварительного воздействия, «+» показывает длительность последующего воздействия высокой дозой)

Как видно из представленных результатов, преадаптация низкой дозой в течение суток оказывается недостаточной для развития адаптивного ответа, и процент проросших семян не отличается от такового при действии бензотриазола в концентрации 0,1 мг/мл в течение 5 суток. Преадаптация в течение двух суток обеими низкими концентрациями вызвала адаптивный ответ, но эффективнее была преадаптация концентрацией 0,0001 мг/мл, так как процент проросших семян не отличался от такового в контроле, когда семена проращивали в 0,5% изопропиловом спирте. Проращивание растений в течение 5 суток на растворе бензотриазола в концентрации 0,0001 мг/мл показало стимулирующий эффект, так как число проросших семян было выше, чем в растворе – изопропиловом спирте, то есть мы явно имеем дело с гормезисом.

Обычно при исследовании феномена гормезиса используют животных, и работ, проводимых на растениях, немного, но в последние годы возрос интерес к этому явлению. Были выявлены в реакциях древесных растений, используемых в качестве индикаторов, парадоксальные ответы на загрязнение окружающей среды автомобильными выхлопами, когда невысокие дозы стимулировали некоторые физиологические процессы [13, с. 432–437; 14, с. 396–398; 15, с. 76–78]. Было показано, что предпосевное γ -облучение семян ячменя влияет на развитие растений в течение всего вегетационного периода, стиму-

лируя хозяйственно ценные признаки. Конкретная реализация эффекта гормезиса зависела от факторов среды, в которой происходило развитие растений [16, с. 823–826].

Наблюдаемые в области малых доз биологические эффекты обусловлены особенностями реализации ответной реакции клетки и организма, являющиеся результатом разворачивания во времени генетической программы, выбор конкретного варианта которой определяется интенсивностью и характером внешнего воздействия. В нашем случае это длительность воздействия. Преадаптация в течение 3-х суток в обоих растворах низкой концентрации с последующим переносом растений в раствор бензотриазола с высокой концентрацией давало им возможность развития адаптивного ответа. Такой результат позволяет заключить, что именно при трехсуточной длительности создания преадаптации следует изучать механизмы этого процесса.

Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ показал, что преадаптации разными дозами достоверно отличаются друг от друга ($p < 0,050$), а длительность преадаптации является важным фактором для развития адаптивного ответа ($p < 0,02$).

Всхожесть семян – это интегральный физиологический показатель состояния растения, зависящий от многих показателей: целостности семенной кожуры, веса семени, влажности и т.п. Поэтому необходимо исследование адаптивного ответа, являющегося

частным случаем гормезиса, на более конкретные параметры состояния растения, например рост корней лука. Многие исследователи используют корни как тест-объекты анализа биологического действия токсикантов [17, с. 944–952], поэтому мы измеряли среднюю длину корней во всех сериях эксперимен-

тов и сравнивали полученные результаты между собой с целью выявления способности у низких доз бензотриазола создать преадаптации к токсическому действию его высокой дозы (0,1 мг/мл) для ростовых процессов. Результаты проведенных экспериментов показаны на рис. 2.

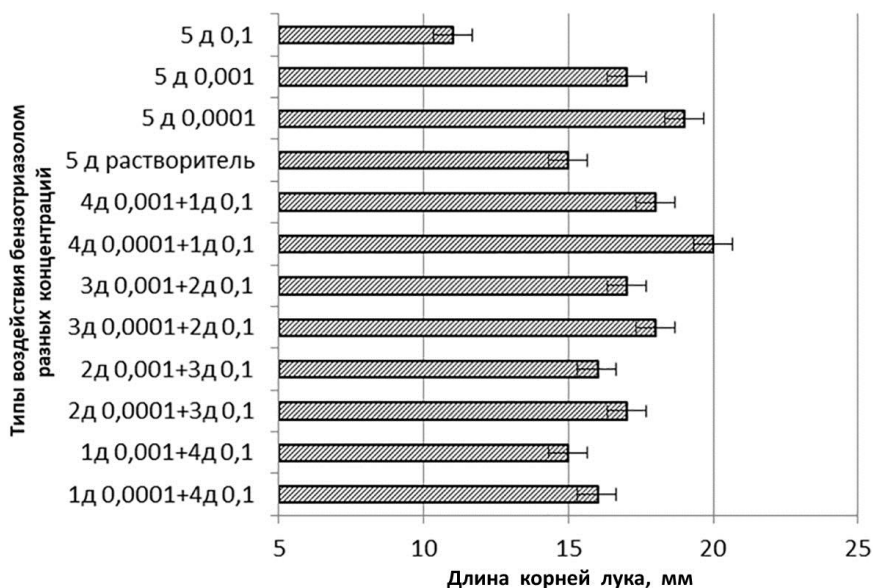


Рисунок 2 – Влияние на среднюю длину корней *A. fistulosum* бензотриазолом разных концентраций в различных сочетаниях (первая цифра в подписи на оси ординат говорит о времени предварительного воздействия, «+» показывает последующее воздействие и длительность высокой дозой)

Известно, что у растений переход в состояние стресса на организменном уровне заключается в интеграции сигналов на уровне апикальных меристем и усилении их формообразовательных и акцепторных свойств [18, с. 6]. Рост корней является суммарным итогом нескольких процессов: митотической активности в клетках корневой меристемы, процессов, идущих в зоне растяжения и т.д. Именно поэтому на этом уровне адаптивный ответ будет очень выраженным.

Преадаптация низкими дозами для роста корней, выявленная для всхожести семян, имеет те же закономерности.

Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ показал, что на развитие адаптивного ответа, выражающегося в стимуляции ростовых процессов, достоверно влияет и концентрация нетоксических доз ($p < 0,01$), и продолжительность их воздействия ($p < 0,02$). Наиболее ярко адаптивный ответ наблюдается при воздействии низкими дозами в течение трех суток. Из представленных результатов видно, что при этой длительности воздействия обе концентрации дают сходный ответ.

По-видимому, высокая концентрация бензотриазола, выбранная нами, активирует защитные системы поддержания параметров гомеостаза, необходимые для выживания. При более низких концентрациях наблюдается «переключение» механизмов, обеспечивающих более тонкую регуляцию состояния организма, в результате чего наблюдается адаптивный ответ. Сходные процессы выявлены при радиационном гормезисе [19, с. 406–411; 20, с. 77–80].

Возможно, что за счет механизмов сверхкомпенсации явление гормезиса чаще будет наблюдаться у высокотолерантных к антропогенным ксенобиотикам растений.

Выводы

1. Выявлена способность низких концентраций бензотриазола вызывать адаптивный ответ у *A. fistulosum* проявляющийся как в показателях всхожести семян, так и ростовых процессах – средней длине корней тест-объекта.

2. Доказано, что оптимальное время для создания преадаптации к токсическому действию бензотриазола является воздействие низкими дозами в течение трех суток.

3. Обнаружено явление гормезиса при воздействии на *A. fistulosum* дозой бензотриазола в концентрации 0,0001 мг/мл.

Список литературы:

1. Филюшин М.А. Анализ полиморфизма геномов *Allium sativum* и родственных видов секции *Allium*: автореф дис. ... канд. биол. наук. М., 2017. 20 с.
2. Руководство по краткосрочным тестам для выявления мутагенных и канцерогенных химических соединений. Гигиенические критерии окружающей среды. № 51. Женева: ВОЗ, 1982. 212 с.
3. Чадаева В.А., Шагапсов С.Х. Анализ стратегий выживания видов рода *Allium* L. российской части Кавказа // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11, № 4. С. 93–109.
4. Чадаева В.А. Биоиндикационное значение и роль видов рода *Allium* L. (Alliaceae) в поддержании устойчивости экосистем // Ботанический вестник Северного Кавказа. 2016. № 2. С. 68–73.
5. Suma B.V., Natesh N.N., Madhavan V. The benzotriazole in medicinal chemistry: a review // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. 2011. Vol. 3. P. 375–381.
6. Агафонкина М.О. Ингибирование коррозии черных и цветных металлов в нейтральных средах 1, 2, Самарский научный вестник. 2019. Т. 8, № 1 (26)

3-бензотриазолом и его композициями с солями карбоновых кислот: автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 2011. 20 с.

7. Katritzky A.R., Lan X., Yang J.Z., Denisko O.V. Properties and synthetic utility of N-substituted benzotriazolides // *Chemical Reviews*. 1998. Vol. 98, № 2. P. 409–548.

8. Wang L., Zhao L., Xue R.Y., Lu X.F., Wen Y.H. et al. Construction of interesting organic supramolecular structures with synthon interaction in 1H-benzotriazole and hydroxybenzoic acid crystals // *Science China Chemistry*. 2012. Vol. 55. P. 2515–2522.

9. Nukaya H., Shiozawa T., Tada A., Terao Y., Ohe T., Watanabe T., Takahashi Y., Asanoma M., Sawanishi H., Katsuhara T., Sugimura T., Wakabayashi K. Identification of 2-[2-(acetylamino)-4-amino-5-methoxyphenyl]-5-amino-7-bromo-4-chloro-2H-benzotriazole (PBTA-4) as a potent mutagen in river water in Kyoto and Aichi prefectures, Japan // *Mutat. Res.* 2001. Vol. 492. P. 73–80.

10. Shiozawa T., Suyama K., Nakano K., Nukaya H., Sawanishi H., Oguri A., Wakabayashi K., Terao Y. Mutagenic activity of 2-phenylbenzotriazole derivatives related to a mutagen, PBTA-1, in river water // *Mutat. Res.* 1999. Vol. 442 (2). P. 105–110.

11. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

12. Горшкова Т.А. Некоторые закономерности адаптивного ответа растущих популяций *Saccharomyces cerevisiae* на действие ионизирующего излучения // *Радиация и риск*. 2006. Т. 15, № 1–2. С. 59–67.

13. Жуйкова Т.В., Безель В.С., Позолотина В.Н., Северюхина О.А. Репродуктивные возможности растений в градиенте химического загрязнения среды // *Экология*. 2002. № 6. С. 432–437.

14. Ерофеева Е.А. Глубина зимнего покоя и скорость выхода из него березы повислой в биотопах с различным уровнем автотранспортного загрязнения // *Вестник ННГУ им. Н.И. Лобачевского*. 2010. № 2 (2). С. 396–398.

15. Ерофеева Е.А. Влияние автотранспортного загрязнения на скорость выхода из состояния зимнего покоя и окончание вегетации у липы мелколистной // *Вестник ННГУ им. Н.И. Лобачевского*. 2011. № 2 (2). С. 76–78.

16. Чурюкин Р.С., Гераськин С.А. Проявление эффекта гормезиса у растений ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в контрастных условиях произрастания при γ -облучении семян // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52, № 4. С. 820–829.

17. Иванов В.Б. Использование корней как тест-объектов для оценки биологического действия химических соединений // *Физиология растений*. 2011. Т. 58, № 6. С. 944–952.

18. Нефедьева Е.Э. Физиолого-биохимические процессы и морфогенез у растений после действия импульсного давления на семена: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2011. 45 с.

19. Литвинов С.В. Влияние хронического облучения семян и проростков *Aradobsis thaliana* малыми дозами γ -радиации на рост и развитие растений // *Ядерная физика и энергетика*. 2014. Т. 15, № 4. С. 406–414.

20. Филиппова Г.В., Ксенофонтова К.И. Влияние предпосевного γ -облучения семян костреца безостого (*Bromopsis inermis* Leyss.) и люцерны серповидной (*Medicago falcate* L.) на выживаемость в условиях высокой щелочности почв Центральной Якутии // *Наука и образование*. 2009. № 2. С. 77–80.

ANALYSIS OF BENZOTRIAZOLE INFLUENCE ON SOME MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *ALLIUM FISTULOSUM*

© 2019

Seleznova Ekaterina Sergeevna, candidate of biological sciences,
associate professor of Zoology, Genetics and General Ecology Department
Samara National Research University (Samara, Russian Federation)

Abstract. The increase in anthropogenic pressure has led to the need for model experiments to assess the ability of organisms to adapt to xenobiotics. The study of negative effects is usually carried out in laboratories using animals as test objects, while it is more interesting to study tolerance and adaptive capabilities in plant organisms, because, unlike animals, they are not able to leave an area uncomfortable for existence. In order to obtain an objective response in experiments, it is necessary to choose test objects related to species that are ubiquitous in ecosystems, and xenobiotics that are widely used and able to enter the environment. *Allium fistulosum* L. was used in model experiments and was affected by benzotriazole to study the possibility of developing an adaptive response in plants to anthropogenic pollutants. Plants were preadapted to a toxic dose of benzotriazole at a concentration of 0,1 mg/ml, by exposure to alcohol solutions of benzotriazole at a concentration of 0,0001 mg/ml or 0,001 mg/ml, and the time of preliminary exposure varied from 1 day to 4 days, then test objects germinated in a solution of high concentration. There were three controls, where the seeds were germinated for five days in all three used concentrations of benzotriazole, as well as in a solvent, which was 0,5% isopropyl alcohol. The possibility of adaptive response was assessed using two morphophysiological indicators, these were the germination of seeds and the average root length on the fifth day of the experiment. Experiments have shown that a solution of benzotriazole at a concentration of 0,1 mg/ml inhibits seeds germination and roots growth compared with the control (germination in 0,5% isopropyl alcohol), while at a concentration of 0,0001 mg/ml it stimulates. Exposure to low concentrations reliably creates a preadaptation to the toxic dose, but the responses significantly differ in effectiveness depending on the duration of preadaptation and the concentration of the substance. The greatest effect on the toxic effect of benzotriazole is created by preadaptation in low concentrations over 3 days. Possible preadaptation mechanisms are discussed.

Keywords: *Allium fistulosum* L.; root length; seed germination; ecotoxicity; adaptive response; experimental adaptations; model experiments; benzotriazole; anthropogenic pollutants; xenobiotics; inhibition; stimulation; tolerance; hormesis.