

Российская академия наук
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
радиологии и агроэкологии»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОБИОЛОГИИ, РАДИОЭКОЛОГИИ И АГРОЭКОЛОГИИ

**Сборник докладов
Международной молодежной конференции**

Обнинск, 3-4 октября 2019 г.

Обнинск
2019

УДК 57.04
ББК 28.07
С 56

Редакционная коллегия:
О.А. Шубина, к.б.н. (*отв. ред.*),
Е.В. Гордиенко, О.А. Пронина, Р.А. Микаилова

С 56 **Современные проблемы радиобиологии, радиоэкологии и агроэкологии:** сборник докладов международной молодежной конференции, Обнинск, 3-4 октября 2019 г. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2019. – 342 с.: ил.

ISBN 978-5-903386-57-4

В сборнике представлены материалы молодежной конференции «Современные проблемы радиобиологии, радиоэкологии и агроэкологии» по следующим направлениям: радиационная биология, радиоэкология, агроэкология, техногенное и агрогенное загрязнение почв, ядерно-физические исследования и технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности, математическое моделирование, цифровые технологии.

Ответственность за соблюдение законов об интеллектуальной собственности, достоверность приведенных сведений несут авторы публикуемых докладов. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на сборник докладов обязательна.

Topic Issues of Radiobiology, Radioecology and Agroecology: Proceedings of the International Youth Conference, Obninsk, October 3-4, 2019, 2019. Obninsk: RIRAE, 2019. – 342 p.

The collection contains materials from the youth conference “Modern Problems of Radiobiology, Radioecology and Agroecology” in the following areas: radiation biology, radioecology, agroecology, technogenic and agrogenic soil pollution, nuclear-physics investigation and technology in agriculture and food industry, mathematical modeling, digital technologies.

Authors of published material are responsible for compliance with intellectual property laws and reliability of the information provided. Editorial opinion may not coincide with the opinion of the authors of the publications. When reprinting, a reference to the Proceedings is obligatory.

УДК 57.04
ББК 28.07

ISBN 978-5-903386-57-4

© ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2019
© Авторы, 2019

Список литературы

1. Цыб А.Ф., Будагов Р.С., Замулаева И.А. Радиация и патология / под общ. ред. А.Ф. Цыба. М.: Высш. шк., 2005. 341 с.

2. Прадедова Е.В., Ишеева О.Д., Салаяев Р.К. Классификация системы антиоксидантной защиты как основа рациональной организации

экспериментального стресса у растений // Физиология растений. 2011. Т. 58. № 2. С. 177-185.

3. Полесская, О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода / под ред. И.П. Ермакова. М: КДУ. 2007. 140 с

Биссвангер, Х. Практическая энзимология. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 328 с.

EVALUATION OF THE CATALASE ACTIVITY IN PLANT POPULATIONS (*CAPSELLA BURSA-PASTORIS*, *TARAXACUM OFFICINALE*, *DACTYLIS GLOMERATA*) GROWING UNDER CONDITIONS OF CHRONIC RADIATION EXPOSURE

Shesterikova E.M., Kazakova E.A., Volkova P.Yu.

Russian Institute of Radiology and Agroecology, 249032 Kaluga region, Obninsk, Kievskoe shosse 109 km, Russian Federation

The abstract provides the preliminary assessment of the catalase activity on species of herbaceous plants with different sensitivity to ionizing radiation subjected to chronic radiation exposure in the 30-km zone of the Chernobyl accident.

Keywords: *chronic radiation, antioxidant system, enzyme activity, catalase*

УДК 582.933:[581.55+581.151]:504.5:[539.16+546.3]

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА ПОДРОЖНИКА БОЛЬШОГО ИЗ ЗОН РАДИОАКТИВНОГО И ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Шималина Н.С.

Институт экологии растений и животных Уральского отделения РАН

620144 г. Екатеринбург, ул. 8 Марта 202, Российская Федерация

e-mail: nadia_malina@mail.ru

Исследована радио- и металлоустойчивость семенного потомства *Plantago major*, произрастающего в течение длительного времени в головной части Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа) и в зоне влияния Карабашского медеплавильного завода (КМЗ), а также на фоновых участках. Дозовые нагрузки на растения подорожника в зоне ВУРСа превышают фоновый уровень в 178–1455 раз, уровни токсической нагрузки в зоне КМЗ превышают фоновые значения в 5,2–41,8 раз. Во всех выборках наиболее чувствительными к провокационному облучению оказались ростовые характеристики. Семенное потомство подорожника большого из разных зон не различалось существенно по радио и металлоустойчивости, большинство выборок реагировали на провокационное воздействие сходным образом.

Ключевые слова: *Восточно-Уральский радиоактивный след, Карабашский медеплавильный завод, радиоактивное загрязнение, химическое загрязнение, Plantago major, адаптивный потенциал*

На Южном Урале, на небольшом расстоянии друг от друга существуют импактные территории с разными типами техногенного загрязнения – Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС) и зона влияния выбросов Карабашского медеплавильного завода (КМЗ). Подобные территории могут выступать в качестве полигонов для исследования реакций растений на техногенное загрязнение окружающей среды, а также механизмов их адаптации к разным воздействиям. Для более глубокого понимания механизмов действия разных факторов представляет интерес сравнить адаптивный потенциал растений к

«привычным» и «новым» для них стрессовым воздействиям.

Цель данной работы – оценка адаптивного потенциала семенного потомства подорожника большого, сформировавшегося в зонах радиоактивного и химического загрязнения.

Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС) образовался в результате аварии на ПО «Маяк» в 1957 г., реперный радионуклид – ^{90}Sr . В 1967 г. произошло дополнительное загрязнение зоны ^{137}Cs вследствие ветрового переноса радиоактивного ила и песка с берегов обмелевшего в результате засухи

оз. Карачай [Radioactive inventories..., 1997]. На территории ВУРСа были выбраны три площадки на удалении 5–16 км от эпицентра взрыва. Мощности поглощенных доз для материнских растений подорожника варьировали от 19,1 до 157,1 мкГр/ч. [Radionuclide uptake..., 2018]. Следовательно, дозовые нагрузки на растения в зоне ВУРСа превышают фоновый уровень в 178–1455 раз, что соответствует диапазону малых доз для растительных организмов [Are radiosensitivity data..., 2013].

Карабашский медеплавильный завод (КМЗ) был пущен в 1910 г., выбросы предприятия содержат большое количество сернистого ангидрида и пылевые частицы с сорбированными тяжелыми металлами (ТМ) [Комплексная..., 1992]. Накопленный в почвах запас поллютантов (Zn, Cu, Pb, Cd) на прилегающей к КМЗ зоне превышает фоновый уровень на 1–2 порядка величин [Сморкалов, Воробейчик, 2011]. В этой зоне были выбраны четыре площадки на разном удалении от завода, индексы токсической нагрузки (СІ) равны 5.2-41.8 [Оценка биологических..., 2017]. Четыре фоновые площадки находились вне зон техногенного загрязнения.

Семена подорожника собирали в каждой ценопопуляции в 2015 г. вдоль трансект протяженностью 1–1,5 км. Семена проращивали в четырёх повторностях методом рулонной культуры в течение 21 суток при +24°C [Современное состояние..., 2008]. Для оценки радиоустойчивости семена перед проращиванием облучали в дозах: 100, 200, 300, 400 Гр. Жизнеспособность семенного потомства оценивали по выживаемости проростков, доле проростков с настоящими листьями и длине корня. Адаптивный потенциал оценивали, сравнивая показатели

жизнеспособности после провокационного облучения с собственным контролем. Для проверки статистических гипотез использовали непараметрические критерии Краскела-Уоллиса (H) и Манна-Уитни (U) в программе STATISTICA 8.0 (StatSoft Inc., 2007). Различия между зонами по типам реакций на провокацию оценивали с помощью критерия χ^2 .

Ранее мы оценили качество семенного потомства, а также про- и антиоксидантный статус *Plantago major* из зон с разным типом загрязнения. В зоне радиоактивного загрязнения у проростков были отмечены большое содержание MDA и высокая активность SOD [Шималина и др., 2018], а в зоне химического загрязнения – низкая активность SOD, CAT и высокая активность РОХ по сравнению с фоновыми растениями [Оценка биологических..., 2017]. Изменчивость выживаемости семенного потомства подорожника внутри ценопопуляций была настолько высока, что выявить определенной связи данного показателя с уровнем техногенной нагрузки не удалось. При этом проростки из выборок, приуроченных к наиболее загрязненным участкам в зоне влияния КМЗ, имели самые короткие корни [Оценка биологических..., 2017].

На рис. 1 представлены данные по выживаемости проростков после острого облучения. Диапазон реакций на разные дозы во всех выборках был велик, тенденция к стимуляции выживаемости при дозах 100 и 200 Гр наблюдалась в выборках ВУРС-10, Фон-1 и Фон-4, однако различия не были статистически значимы (U -тест, $p > 0,05$). Парадоксальная стимуляция выживаемости в выборках Фон-1 и КМЗ-1 при дозе 400 Гр также оказалось незначимой (U -тест, $p = 0,31–0,39$).

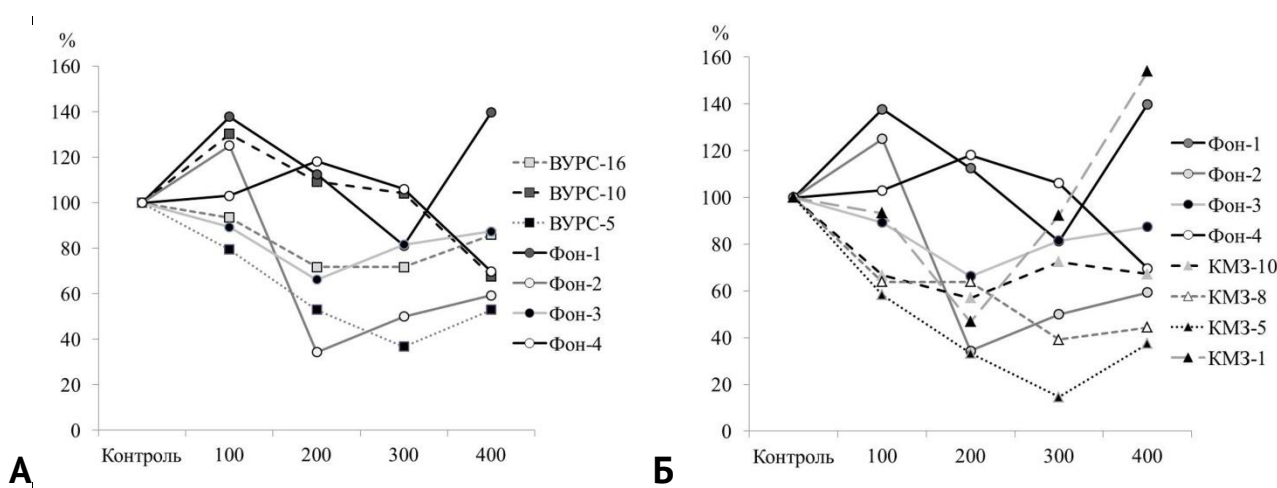


Рисунок 1 – Влияние провокационного облучения на выживаемость проростков *P. major* (в % к собственному необлученному контролю), по оси абсцисс – провокационные дозы, Гр. А) зона ВУРСа и фон; Б) зона КМЗ и фон.

Значимое угнетение выживаемости при облучении в дозе 100 Гр отмечено только в выборке КМЗ-10; при 200 Гр – Фон-2; при 300 Гр – ВУРС-5, Фон-2, КМЗ-8 и КМЗ-5; при 400 Гр – ВУРС-5, КМЗ-10, КМЗ-

8 и КМЗ-5 (U -тест, $p = 0,30–0,47$). Однофакторный непараметрический анализ показал влияние фактора «доза» на выживаемость в выборках ВУРС-5, Фон-2, КМЗ-5, КМЗ-8 ($H(4; 20) = 4,17–12,67$; $p = 0,010–0,046$). В

целом доля выборок, чувствительных к провокационному облучению во всём диапазоне доз, была наибольшей в зоне КМЗ, но значимых различий по радиоустойчивости семян между зонами не выявлено ($\chi^2=3,19$, $df=2$, $p=0,20$).

Листообразование у проростков после облучения было угнетено в большинстве выборок (рис. 2), кроме Фон-4 и ВУРС-5 при дозе 100 Гр и КМЗ-5 при 200 Гр (U -тест, $p=0,08-0,67$).

Значимых различий по этому показателю не выявлено в выборке КМЗ-1 при дозах 100-400 Гр, что связано с низкой всхожестью семян в этой выборке в контроле (U -тест, $p=0,11-0,38$). Фактор «облучение» обусловил значимое снижение листообразования во всех выборках ($H(4;19-20)=11,41-18,81$; $p << 0,001$), различий между зонами не выявлено ($\chi^2= 4,45$, $df=2$, $p=0,11$).

Длина корней значимо снизилась во всех выборках во всём диапазоне доз (U -тест, $p <<0,001$). Выборки из разных зон реагировали на облучение сходным образом: уже при дозе 100 Гр в большинстве выборок длина корня не превышала 5 мм при контрольных значениях от 38 до 70 мм.

Дополнительно была выполнена оценка металлоустойчивости семенного потомства подорожника. В выборках из зоны КМЗ реакции проростков на ТМ по скорости листообразования были разнообразны: отсутствие значимых различий, стимуляция и угнетение; рост корней был угнетен во всех изученных выборках [Оценка биологических..., 2017]. Для семенного потомства из зоны ВУРСа получены аналогичные результаты: во всех случаях длина корня снизилась после провокации ТМ (U -тест, $p <0,05$), а доля проростков с настоящими листьями в большинстве случаев не отличалась от контроля (U -тест, $p >0,05$).

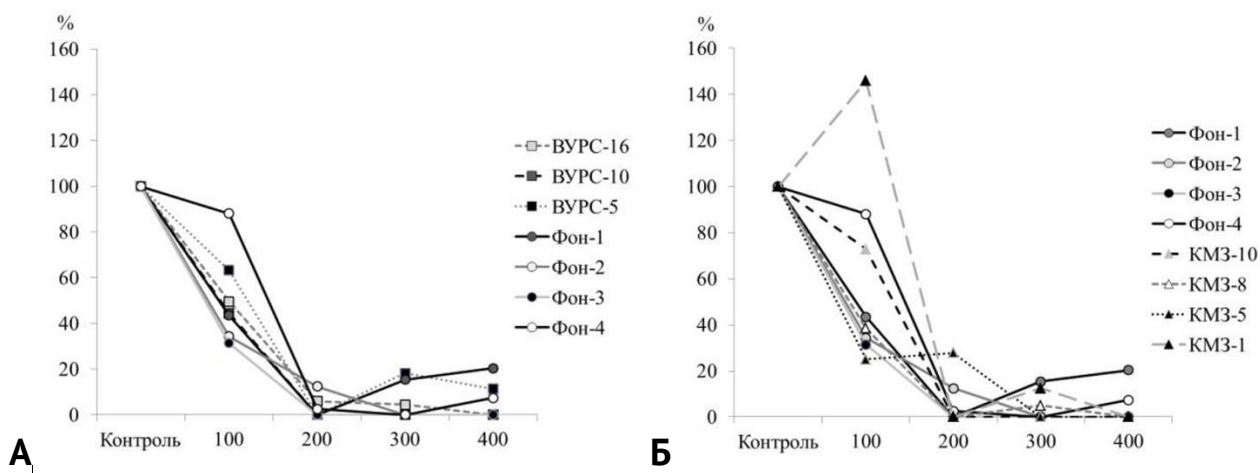


Рис. 2 – Влияние провокационного облучения на формирование листьев у проростков *P. major* (в % к собственному необлученному контролю), по оси абсцисс – провокационные дозы, Гр. А) зона ВУРСа и фон; Б) зона КМЗ и фон.

Мы предполагали, что локальные популяции, в течение долгого времени произрастающие в условиях радиоактивного или химического загрязнения окружающей среды, могут приобретать специфическую устойчивость в результате многих этапов отбора [Изменчивость популяционных..., 2001; Pozolotina et al., 2012]. Однако оценка изменчивости радио- и металлоустойчивости у семенного потомства из зон радиоактивного и химического загрязнения не выявила эффекта преадаптации. Наиболее чувствительными у всех изученных выборок к провокационному облучению и действию ТМ оказались ростовые характеристики. В целом, семенное потомство подорожника большого из зон ВУРСа и КМЗ не различалось по радио и металлоустойчивости, большинство выборок реагировали на провокационное воздействие «привычным» и «новым» для них фактором сходным образом.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН.

Список литературы

1. Антонова Е.В., Позолотина В.Н., Каримуллина Э.М. Изменчивость семенного потомства костреца безостого в условиях хронического облучения зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа // Экология. 2014. №. 6. С. 459-468.
2. Изменчивость популяционных параметров: адаптация к токсическим факторам среды / Безель В.С., Позолотина В.Н., Бельский Е. А. [и др.] // Экология, 2001. № 6. С. 447-453.
3. Оценка биологических эффектов у семенного потомства *Plantago major* L. в зоне воздействия медеплавильного производства / Шималина Н.С. [и др.] // Экология. 2017. №6. С. 420-430.

4. Сморгалов И.А., Воробейчик Е.Л. Почвенное дыхание лесных экосистем в градиентах загрязнения среды выбросами медеплавильных заводов // Экология. 2011. № 6. С. 429–435.

5. Современное состояние наземных экосистем Восточно-Уральского радиоактивного следа: уровни загрязнения, биологические эффекты / Позолотина В.Н., Молчанова И.В., Караваева Е.Н. [и др.] Екатеринбург: Голицынский, 2008. 204 с.

6. Шималина Н.С., Орехова Н.А., Позолотина В.Н. Особенности про- и антиоксидантных систем *Plantago major*, длительное время произрастающего в зоне радиоактивного загрязнения // Экология. 2018. № 5. С. 333–341.

7. Garnier-Laplace J. Are radiosensitivity data derived from natural field conditions consistent with data from controlled exposures? A case study of Chernobyl

wildlife chronically exposed to low dose rates // J. Environ. Radioact. 2013. V. 121. P. 12–21.

8. Pozolotina V.N., Antonova E.V., Bezel V.S. Comparison of remote consequences in *Taraxacum officinale* seed progeny collected in radioactively or chemically contaminated areas // Ecotoxicology. 2012. V. 21 (7). P. 1979–1988.

9. Radioactive inventories from Kyshtym and Karachay accidents: estimates based on soil samples collected in the South Urals (1990–1995) / Aarkrog A. [et al.] // Science of The Total Environment. 1997. V. 201. P. 137–154.

10. Radionuclide uptake and dose assessment of 14 herbaceous species from the east-Ural radioactive trace area using the ERICA Tool / Karimullina E.M. [et al.] // Env. Science and Pollution Research. 2018. V. 25. № 14. P. 13975–13987.

ADAPTIVE POTENTIAL OF *PLANTAGO MAJOR* SEED PROGENY FROM THE ZONES OF RADIOACTIVE AND CHEMICAL CONTAMINATION

Shimalina N.S.

*Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
620144 Yekaterinburg, st. March 8, 202, Russian Federation*

The radio and metal-resistance of the *Plantago major* seed progeny, which grows for a long time in the head part of the East Ural radioactive trace (EURT) and in the zone of influence of the Karabash Copper Smelter (KCS), as well as in the background areas, was studied. Dose loads on the plantain plants in the EURT zone exceed the background level by 178–1455 times, the toxic load levels in the KCS zone exceed the background values by 5.2–41.8 times. In all samples, growth characteristics were most sensitive to provocative radiation. The *Plantago major* seed progeny from different zones did not differ significantly in radioresistance, most of the samples responded to provocative exposure in a similar way.

Keywords: *East Ural Radioactive Trace, Karabash Copper Smelter, radioactive contamination, chemical contamination, Plantago major, adaptive potential*

УДК 574+539.12.04+638.1+619.615.015.3+546

НЕЙТРАЛИЗУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ АПИФИТОПРЕПАРАТОВ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ К РАДИОНУКЛИДАМ

Юнусов И.Р.

*ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»
420075 Республика Татарстан, г. Казань, Научный городок-2, Российская Федерация
e-mail: vnivi@mail.ru*

Многочисленными опытами определена сорбционная способность веществ (микробного, зоогенного, фитогенного, аписогенного) происхождения декорпорировать радиоактивные элементы при добавлении к ним активированного бентонита (монтмориллонита) значительно усиливается. Биологически активная добавка в состав которой входят апифитопродукты из натурального минерального бентонита по способности связывать радионуклиды не уступает регламентированным препаратам, однако по составу значительно отличается от них по находящимся в нем биологически активным компонентам растительного (травяная, хвойная мука) и аписогенного (прополис, мед, пчелиный яд, маточное молочко, перга, обножка, пчелиный подмор, пчелиный расплод, воск, восковая моль) происхождения, которые обладают широким спектром биологического действия (адаптогенного, иммуностимулирующего, иммуномодулирующего, антиоксидантного, антиоксидантного, метаболизмстимулирующего, радиозащитного), отсутствующее у известных регламентированных препаратов.