

Радиобиология

УДК:613.648.4;632.76

DOI:10.31857/S2500-2627-2020-1-25-28

**ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ
НА РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ *Oryzaephilus surinamensis*****Н.Н. Лой**, кандидат биологических наук,
Н.И. Санжарова, член-корреспондент РАН, **С.Н. Гулина***Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии,
249032, Обнинск, Калужская область, Киевское шоссе, 109 км
E-mail: loy.nad@yandex.ru*

*Изучено влияние разных доз и видов излучения – гамма и электронного на жизнеспособность мукоеда суринамского (*Oryzaephilus surinamensis*). Зерно ячменя, зараженное вредителем, облучали на установке ГУР-120 в диапазоне доз 150-1000 Гр (мощность дозы – 100-120 и 1800-2000 Гр/ч) и на электронном ускорителе марки «Дуэт» в диапазоне доз 200-1000 Гр (мощность дозы – 100 Гр/имп.). Установлено, что гамма-облучение мукоеда суринамского (стадия имаго) дозами 170-1000 Гр при мощности дозы 100 Гр/ч, так же, как и при дозах 150-600 Гр и мощности дозы 1800 Гр/ч, приводит к полной гибели вредителя через 15 сут. При электронном излучении полная гибель насекомого-вредителя в стадии имаго наступала через 15 сут после облучения при всех изученных дозах и мощности дозы излучения 100 Гр/имп. Скорость отмирания мукоеда суринамского после облучения зависела от дозы и мощности дозы излучения. Отмечено, что при дозе облучения 250 Гр гибель вредителя наступала через 15 сут, при 400-550 Гр (мощность – 100 Гр/ч) – через 9 сут, при 900-1400 Гр (1800 Гр/ч) – через 6 сут, однако при 1200 Гр полная гибель насекомого была через 7 сут. Проведен анализ качества облученного зерна ярового ячменя сортов Нур и Владимир. Так, гамма-облучение в дозах 200-600 Гр (мощность – 1800 Гр/ч) вызывало значимое увеличение содержания золы у сорта Нур на 4-6%, а при дозе 800 Гр – снижение этого показателя на 5,3%. Применение электронного излучения в изученном интервале доз в основном существенно не влияло на качество зерна ячменя данного сорта.*

**EFFECT OF IONIZING RADIATION
ON RADIO SENSITIVITY *Oryzaephilus surinamensis*****Loy N.N., Sanzharova N.I., Gulina S.N.***Russian Institute of Radiology and Agroecology,
249032, Obninsk, Kaluzhskaya oblast, Kievskoe shosse, 109 km
E-mail: loy.nad@yandex.ru*

*The effect of different doses and types of radiation, γ and electronic, on the viability of the Suriname mucoed (*Oryzaephilus surinamensis*) was studied. The barley grain infected with the pest was irradiated on the GUR-120 unit in the dose range of 150-1000 Gy (dose rate 100-120 Gy/h and 1800-2000 Gy/h) and on the Duet electronic accelerator in the dose range 200-1000 Gy (dose rate of 100 Gy / imp). It was established that gamma irradiation of a Surinamese mucoed (imago stage) in the dose range of 170-1000 Gy and dose rate of 100 Gy/h resulted in complete death of the pest 15 days after irradiation, as well as at doses of 150-600 Gy and dose rate of 1800 Gr. The use of electron radiation showed that the total death of an insect pest in the imago stage occurred 15 days after irradiation at all studied doses and radiation dose rates of 100 Gy/imp. The rate of death of the Surinamese mucoed after irradiation depended on the dose and dose rate of the radiation. It was noted that with a radiation dose of 250 Gy, death occurred after 15 days, with doses of 400-550 Gy - after 9 days (power 100 Gy/h), when irradiated with doses of 900-1400 Gy (dose rate 1800 Gy/h) after 6 days, with the exception of a dose of 1200 Gy, where the complete death of the insect was noted after 7 days. Determining the quality of irradiated spring barley grain showed that gamma irradiation at doses of 200-600 Gy (dose rate of 1,800 Gy/h) caused a significant increase in the ash content of the Nur variety by 4-6%, and at a dose of 800 Gy, on the contrary, decreased by 5.3%. The use of electron radiation in the dose range studied did not, in the main, have a significant effect on the grain quality of barley varieties Nur.*

Ключевые слова: ионизирующие излучения, выживаемость, насекомые-вредители, радиационная дезинсекция, зерно ячменя, качество зерна

Key words: ionizing radiation, survival, insect pests, radiation pest control, barley grain, grain quality

По данным ФАО, общемировые потери зерна при хранении, связанные с поражением вредителями (насекомыми и клещами), ежегодно достигают 10% [1]. В России прямые и косвенные потери зерна при хранении в отдельные годы могут составлять 15-20%. Проблемой становится заселение экспортного зерна вредителями, что приводит к необходимости его дополнительной обработки перед отправкой потребителю. Причем все страны-импортеры предъявляют строгие требования к наличию в партиях поврежденного зерна. Значительные потери отмечаются при хранении зерна зернового интервенционного фонда. Например, в 2010 г. более 260 тыс. т оказалось зараженным. Зача-

стую вредителями оказывается заселено не только пищевое и кормовое зерно, но и семена зерновых и зернобобовых культур, используемых для посева – около 6 тыс. т в 2016 г. [2, 3]

Для обеспечения надежной дезинсекции семян в нашей стране традиционно используют химические средства – контактные инсектициды. Химические вещества (фумигация) не всегда эффективны против внутренней зараженности продуктов, а их массовое применение ведет к появлению форм вредителей, резистентных к используемым ядохимикатам [4]. Усилия многих ученых и специалистов направлены на изыскание новых методов обеззараживания семян без приме-

нения подобных веществ. Радиационная дезинсекция и дезинфекция сельскохозяйственной продукции по сравнению с существующими химическими методами имеют несомненные преимущества: исключено загрязнение окружающей среды, в облученных продуктах отсутствуют остатки ядохимикатов, экономически выгодны [5-7].

По данным МАГАТЭ, в мире усиливается интерес к использованию радиационных технологий агропромышленного профиля. В частности, в 69 странах действует разрешение на облучение более чем 80 видов продукции, около 40 стран проводят облучение пищевой продукции на постоянной основе. В настоящее время в мире создано около 220 специализированных центров по облучению сельскохозяйственной продукции и продуктов питания [8]. Мировой рынок таких услуг растет и составляет в среднем около 10% в год. В нашей стране, как и во многих странах мира, ученые также ведут исследования, связанные с возможностью применения радиации для дезинсекции зерна [9-12].

Мировым научным сообществом подготовлена большая информационная база, которая после необходимой экспериментальной апробации может быть применена в России. Требуется корректировка режимов облучения с учетом современных научно-технических достижений и международных и российских нормативных требований. Дозы, необходимые для подавления жизнедеятельности или контроля различных вредителей, зависят от многих факторов и в первую очередь от вида вредителя и стадии его развития [13-15]. Ранее мы исследовали влияние различных видов ионизирующего излучения и мощностей доз на жизнеспособность малого хрущака *Tribolium confusum* Duv [16-18].

Целью настоящей работы было изучение влияния разных доз и видов излучения – γ и электронного на жизнеспособность мукоеда суринамского (*Oryzaephilus surinamensis* L.) из семейства *Cucujidae*.

Методика. Исследования проведены на яровом ячмене (*Hordeum vulgare* L.) сортов Нур и Владимир. Зерно, зараженное вредителем, помещали в мешочки из органзы для свободного доступа кислорода и облучали на установке ГУР-120 (Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Обнинск) в диапазоне доз 150-1000 Гр при мощности дозы гамма-излучения 100-120 и 1800-2000 Гр/ч, а также на электронном ускорителе (марка «Дуэт» [19], Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск) в диапазоне доз 200-1000 Гр (мощность дозы – 100 Гр/имп.). Для измерения поглощенных доз в воздухе и материале объектов использовали современный клинический дозиметр ДКС-101 (Россия), предназначенный для измерения поглощенной и эквивалентной дозы, а также их мощности в широком диапазоне энергий фотонного и электронного излучений.

Зараженность зерна насекомыми-вредителями определяли по действующему в России ГОСТ 13586.4-83; качество зерна (содержание золы, протеинов, жира, клетчатки, сухого вещества, безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) после облучения – методом диффузной отражательной спектроскопии в ближней ИК-области спектра на ИК-анализаторе «Инфрарид-61» (Россия). Результаты экспериментов обработаны с применением пакета прикладных программ в составе Microsoft Excel 2003.

Результаты и обсуждение. Ранее в наших опытах было установлено, что гамма-облучение в интервале доз 700-1000 Гр (мощность дозы – 500 Гр/ч), а также

150-600 Гр (мощность дозы – 1800 Гр/ч) приводит к полной гибели малого хрущака (*Tribolium confusum* Duv) из семейства *Tenebrionidae* (стадия имаго), заселяющего зерно ярового ячменя сорта Нур, уже через 15 сут после воздействия, при мощности дозы излучения 100 Гр/ч – через 30 сут. При использовании тормозного и электронного излучений полная гибель насекомого наступала через 15 сут после облучения при всех изученных дозах и их мощности, кроме дозы 250 Гр (тормозное излучение), при которой гибель отмечена через 30 сут [16-18].

Ингибирующее воздействие ионизирующих излучений на функциональную деятельность организма находится в прямой зависимости от дозы облучения. На величину абсолютной летальной дозы (LD_{100}), которая изменяется в широких пределах, влияют вид насекомых и стадия его развития [20-22]. Гамма-облучение мукоеда суринамского в диапазоне доз 170-1000 Гр при мощности дозы излучения 100 Гр/ч показало 100%-ную эффективность – полная гибель насекомых отмечена уже при первом учете – через 15 сут после облучения. Облучение вредителя, находящегося в зерне ячменя, на установке ГУР-120 (гамма-излучение) в диапазоне доз 150-600 Гр, но при значительно более высокой мощности дозы – 1800 Гр/ч было также эффективным по степени влияния на жизнеспособность насекомых: уже через 15 сут после облучения при всех дозах отмечена его полная гибель. Применение электронного излучения привело к полной гибели мукоеда суринамского через 15 сут после облучения при всех изученных дозах.

Анализ данных скорости отмирания вредителя (стадия имаго) после облучения показал, что время наступления гибели насекомых зависит от дозы и мощности дозы излучения. Так, при дозе 250 Гр гибель наступала через 15 сут, при 400-550 Гр (мощность 100 Гр/ч) – через 9 сут (рис. 1 а), при 900-1400 Гр (1800 Гр/ч) – через 6 сут, за исключением дозы 1200 Гр, при которой полная гибель насекомого отмечена через 7 сут (рис. 1 б). Таким образом, результаты наших исследований и данные литературы [21] свидетельствуют о высокой эффективности как гамма-, так и электронного излучения с энергией электронов 100-200 кэВ для инактивации насекомых данного вида.

При использовании ионизирующих излучений для облучения пищевой продукции одним из основных требований является сохранение ее качества и отсутствие вредных для здоровья веществ. В наших исследованиях анализ качества зерна, облученного с целью уничтожения мукоеда суринамского, оценивали в соответствии с принятыми нормами [23]. Установлено, что гамма-облучение зерна ячменя сорта Владимир в диапазоне доз 150-1000 Гр и мощности излучения 100 Гр/ч в основном не влияет на его качество (рис. 2). Облучение в дозах 200-600 Гр способствовало статистически значимому росту содержания золы в зерне на 4-6%, а при дозе 800 Гр – снижению показателя на 5,3% (рис. 2).

Гамма-облучение зерна ячменя сорта Нур в интервале доз 150-600 Гр (мощность дозы – 1800 Гр/ч) достоверно увеличивало содержание сухого вещества в зерне при дозе 150 Гр и на уровне тенденции – количество протеина на 5,9-7,7%. Электронное излучение в изученном интервале доз существенно не влияло на качество зерна ячменя этого сорта по сравнению с контрольными значениями (без облучения). Однако статистически значимо снизилось содержание жира в зерне

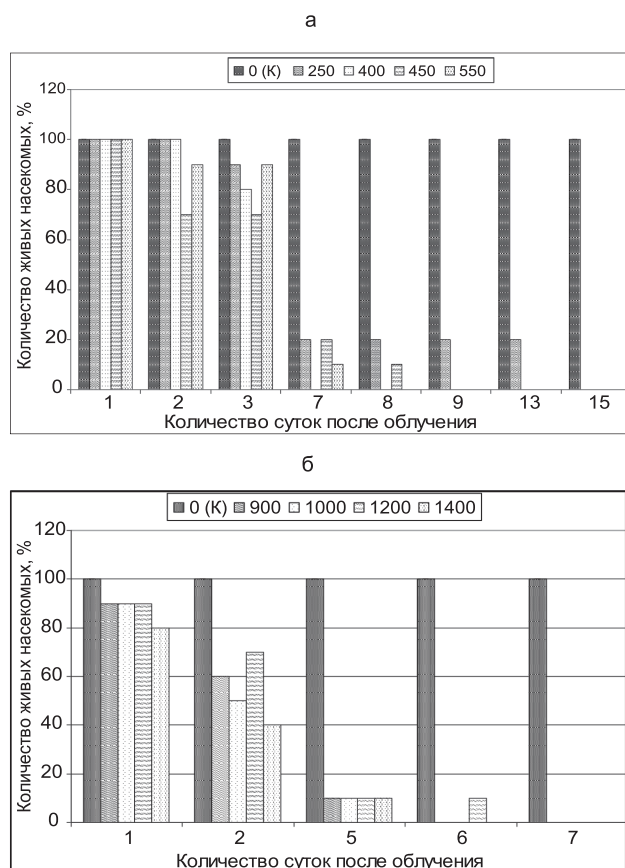


Рис. 1. Скорость отмирания мукоеда суринамского при гамма-облучении мощностью дозы 100 Гр/ч – а и 1800 Гр – б.

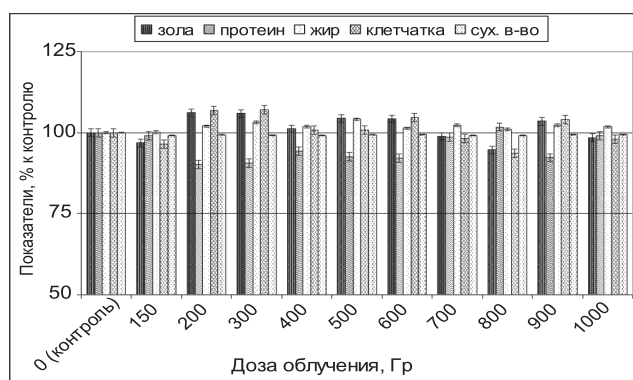


Рис. 2. Качество зерна ячменя сорта Владимир при гамма-облучении (мощность дозы – 100 Гр/ч).

на 14,6% при дозе 750 Гр и повысилось на уровне тенденции (на 11,4%) при дозе 1000 Гр.

Таким образом, скорость отмирания мукоеда суринамского (стадия имаго) после облучения находится в прямо пропорциональной зависимости от дозы и мощности дозы излучения. Гамма-облучение в дозах 200-600 Гр (мощность дозы – 1800 Гр/ч) вызывало значимое увеличение содержания золы у сорта Нур на 4-6%, а при дозе 800 Гр – снижение показателя на 5,3%. Применение электронного излучения в изученном интервале доз существенно не влияло на качество зерна ячменя этого сорта.

Литература

1. Источник: <http://www.fao.org/itc/exact/sustainable-agriculture-platform-pilot-website/post-harvest-losses-management/en/>.
2. Источник: <https://dezplan.ru/article/poteri-zerna-prihraneni-mozhno-polnostyu-isklyuchit/>.
3. Источник: <http://www.agroinvestor.ru/markets/news/30359-rosselkhozadzor-usilil-kontrol-kachestva-zerna>.
4. Champ B.R., Dyte C.E. Report of the FAO global survey of pesticides susceptibility of stored grain pests. FAO Plant Production and Protection Series. Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Rome. – 1976. – N5. – 297 pp.
5. Tuncbilek A S. Effect of ⁶⁰Co gamma radiation on the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Anzeiger fur Schadlingskunde Pflanzenschutz, Umweltschutz.* – 1995. – 68. – P. 37-38.
6. Lapidot M., Saveanu S., Padova R., Ross I. Insect Disinfestation by Irradiation. *Insect Disinfestation of Food and Agricultural Products by Irradiation. Proceedings IAEA, Vienna., 1991. – 103 pp.*
7. Ahmed M. Disinfestation of stored grain, pulses, dried fruits and nuts, and other dried foods, In: “Food Irradiation Principles and Applications” (R. Molins, ed.). Wiley. – New York., 2001. – P. 77-112.
8. Санжарова Н.И., Гераськин С.А., Исамов Н.Н., Козьмин Г.В., Лой Н.Н., Павлов А.Н., Пименов Е.П., Цыгвинцев П.Н. Научные основы применения радиационных технологий в сельском хозяйстве. – Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2013. – 133 с.
9. Лой Н.Н., Санжарова Н.И., Гулина С.Н. Оценка эффективности применения ионизирующего излучения для дезинсекции зерна // *Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов II Международной (XV Региональной) научной конференции.* – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2018. – С. 368-369.
10. Chiz T.V., Loy N.N., Pavlov A.N., Vorobyev M.S. Application of ionizing radiation for the protection of grain from pests and diseases // *6th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE 2018): Abstracts.* – Tomsk: Publishing House of IAO SB RAS, 2018. – 675 pp.
11. Лой Н.Н. Применение ионизирующего излучения для обеспечения фитосанитарной безопасности сельскохозяйственной продукции // *Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сборник докладов международной научно-практической конференции,* – Обнинск, 26-28 сентября 2018 г. – С. 210-214.
12. Санжарова Н.И., Козьмин Г.В., Павлов А.Н., Кобылко В.О., Лой Н.Н., Цыгвинцев П.Н. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сборник докладов международной научно-практической конференции, – Обнинск, 26-28 сентября 2018 г. – С. 32-36.
13. Brown G.A., Brower J.H., Tilton E.W. Gamma radiation effects on *Sitophilus zeamais* and *S. granarius*. // *Journal of Economic Entomology.* – 1972. – 65. – P. 203-205.
14. Tilton E.W., Brower J.H. Ionizing radiation for insect control in grain and grain products. *Cereal Food World,* 1987. – 32. – P. 330±335.
15. Zewar M.M., Abdel-Salam C.A. Food consumption by irradiated *Sitophilus granarius* (L.) and *Rhyzopertha*

- dominica F. // Agricultural Research Review. – 1988. – 66. – P. 55-61.*
16. Лой Н.Н., Санжарова Н.И., Гулина С.Н., Щагина Н.И., Миронова М.П., Губарева О.С. Влияние ионизирующего излучения на жизнеспособность насекомых-вредителей и качество зерна и зернопродуктов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – №6. – С. 53-55.
17. Лой Н.Н., Гулина С.Н., Щагина Н.И., Миронова М.П. Влияние ионизирующих излучений на жизнеспособность насекомых-вредителей зерна и зернопродуктов // Круглый стол «Применение химических веществ, ионизирующих и неионизирующих излучений в агробиотехнологиях», в рамках XX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. – М., 21 сентября 2016. – Обнинск: ВНИИРАЭ. – С. 82-86.
18. Loy N., Sanzharova N. Application of ionizing radiation for abatement with insect pests of grain and grain products during storage // Area-Wide Management of Insect Pests: Integrating the Sterile Insect and Related Nuclear and Other Techniques 22–26 May 2017 Vienna, Austria BOOK OF ABSTRACTS Organized by the FAO/IAEA, 22–26 May 2017. – Vienna, Austria. – P. 305.
19. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сборник докладов международной научно-практической конференции. – Обнинск, 26-28 сентября 2018 г. – 356 с.
20. Aldryhim Y.N., Adam E.E. Eacacy of gamma irradiation against *Sitophilus granaries (L.)* (Coleoptera: Curculionidae). // *Journal of Stored Products Research.* – 1999. – 35. – P. 225-232.
21. Hosseinzadeh1 A., Shayesteh N., Zolfaghariéh H., Babaei M., Zarehahi H., Mostafavi H., Fatollahi H. Gamma radiation sensitivity of different stages of saw-toothed grain beetle *Oryzaephilus surinamensis L.* (Coleoptera: Silvanidae). // *Journal of Plant Protection Research.* – 2010. – V. 50. – N. 3. – P. 250-255.
22. Guy J. Hallman. Control of stored product pests by ionizing radiation. // *Journal of Stored Products Research.* – 2013. – 52. – P. 36-41.
23. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). Утверждены Решением Комиссии таможенного союза от 28 мая 2010 г. N 299. Глава 2. Раздел 1. Требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. — С. 6-357

Поступила в редакцию 18.07.19

После доработки 10.08.19

Принята к публикации 08.09.19