

Изменение кинетики прорастания клубней картофеля после воздействия рентгеновского излучения

В. М. Авдюхина,* У. А. Близнюк,† П. Ю. Борщеговская,
А. С. Илюшин, И. С. Левин, Ф. Р. Студеникин, А. П. Черняев
*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, кафедра физики твердого тела,
кафедра физики ускорителей и радиационной медицины
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2
(Статья поступила 25.04.2016; Подписана в печать 05.05.2016)*

Радиационная обработка продуктов питания, в частности овощных культур, является одним из возможным эффективным способом продления сроков их хранения. В данной работе обсуждаются результаты экспериментального исследования по воздействию рентгеновского излучения на клубни картофеля. Приводятся оценки степени ингибирования прорастания облученных клубней для разных сортов картофеля.

PACS: 87.53.-j УДК: 539.1.047

Ключевые слова: радиационная обработка, ингибирование прорастания клубней, рентгеновское излучение.

Картофель является самым распространенным и наиболее употребляемым овощем на всей территории России. В среднем, каждый год с августа по октябрь в России собирается примерно 15–20 тонн картофеля с 1 Га. При этом возникает необходимость в длительном хранении и сохранении качества картофеля до следующего урожая. Основной проблемой при хранении картофеля является прорастание клубней. Был разработан ряд методов с использованием химических препаратов, способных замедлять прорастание картофеля. Однако, в последнее время все больше стран, в том числе и Россия, запрещают использование химических методов при обработке продуктов питания, следовательно, возникает необходимость в применении безопасных для потребителей методов контроля прорастания картофеля.

Облучение картофеля ионизирующим излучением является эффективным методом остановки прорастания клубней. В мире широко применяются пучки ускоренных электронов и гамма-излучение для облучения различных овощей и фруктов. Однако с целью повышения экономической эффективности методов обработки продуктов питания представляется интересным исследование воздействия рентгеновского излучения на кинетику прорастания клубней картофеля.

Целью данной работы является экспериментальная проверка эффективности использования рентгеновского излучения для ингибирования прорастания клубней картофеля.

В качестве объектов были выбраны клубни картофеля различных сортов: «Невский», «Удача», «Любава» и «Лорх», выращенных на базе Всероссийского научно-исследовательского института картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха. Сто шестьдесят клуб-

ней вышеперечисленных сортов массой от 40 г до 90 г произвольным образом были отобраны, вымыты и высушены. Тридцать клубней, не подверженных облучению, были оставлены в качестве контрольных образцов. Проростки на клубнях на момент проведения облучения отсутствовали.

Клубни картофеля облучали рентгеновским излучением, источником которого являлся источник питания ПУР5/50 с рентгеновской трубкой БСВ–23 с молибденовым анодом. Ток трубки во всех экспериментах составлял 20 мА, напряжение — 50 кВ, рабочая мощность трубки составляла 1 кВт. Эксперименты и дальнейшее хранение происходили при температуре 18°C. Каждый клубень располагали на расстоянии 11 см от окна рентгеновской трубки, за ним на расстоянии 2 см ставили люминесцирующий экран для контроля равномерного облучения поверхности клубня. Время облучения варьировалось от 5 до 60 мин. для сортов «Невский» и «Удача» и от 5 до 50 мин. (исключая 45 мин.) для сортов «Любава» и «Лорх». Шаг экспозиции составлял 5 мин. Длина проростков измерялась в течение 30 суток и более после проведения облучения. По полученным экспериментальным значениям строились зависимости средней длины проростков от времени после проведения облучения для каждого сорта.

На рис. 1а представлены зависимости длины проростков, усредненной по всем клубням, облученным в течение одного и того же времени, от времени после облучения для картофеля сорта «Любава» при различных временах экспозиции.

Как видно из рис. 1а, б, с увеличением времени облучения длина проростков клубней, подвергавшихся воздействию рентгеновского излучения, меньше по сравнению с контрольными необлученными образцами. Также кинетика прорастания в среднем уменьшалась с увеличением времени облучения (рис. 1б). Такая же тенденция наблюдалась для всех вышеперечисленных сортов.

*E-mail: vm_avdyukhina@physics.msu.ru

†E-mail: uabliznyuk@gmail.com

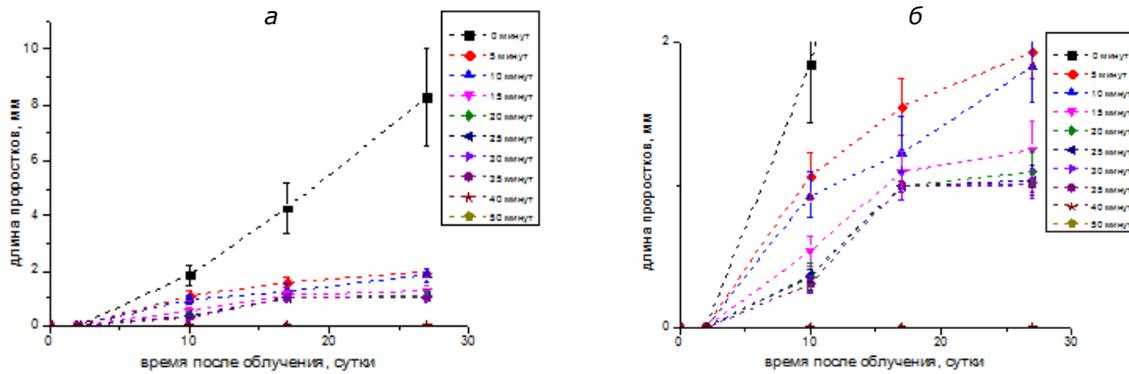


Рис. 1: Зависимость длины проростков клубней сорта «Любава», облученных в течение 5÷50 мин., а также контрольных образцов, от времени после проведения сеансов облучения: а — средняя длина проростков от 0 до 10 мм; б — средняя длина проростков от 0 до 2 мм

Для каждого сорта строились зависимости относительных длин проростков облученных различными временами экспозиции, нормированных на среднюю длину проростков контрольных образцов в различные сутки после проведения облучения. На рис. 2 в качестве примера представлены зависимости относительной длины проростков l_{rel} от времени облучения, наблюдаемые на 4-ые, 7-ые, 18-ые, 22-ые и 33-ие сутки после проведения сеанса облучения для сорта «Удача».

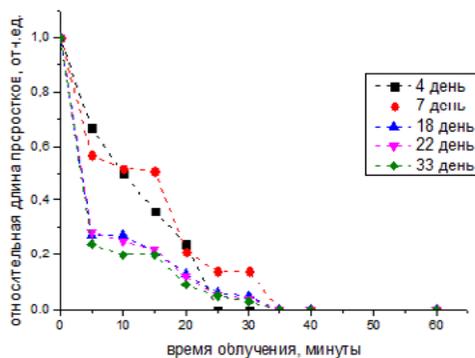


Рис. 2: Зависимости относительной длины проростков l_{rel} от времени облучения, наблюдаемые на 4-е, 7-е, 18-е, 22-е и 33-е сутки после проведения сеанса облучения для сорта «Удача»

Из рис. 2 видно, что с увеличением времени облучения величина l_{rel} уменьшается, т. е. скорость прорастания облученных образцов замедляется с увеличением времени облучения по сравнению с контрольными образцами. И это замедление тем больше, чем больше прошло времени после проведения сеанса облучения. Такая характерная зависимость наблюдалась для всех вышеперечисленных сортов.

Для оценки степени замедления прорастания облученных клубней по сравнению с контрольными были взяты уровни $l_{rel} = 0.2$ и $l_{rel} = 0.05$, т. е. уровни, при которых средняя длина проростков облученных клубней на 80 % и на 95 % соответственно меньше, чем у контрольных образцов. Для определения оптимального времени облучения, при котором достигается замедление прорастания на 80 % и на 95 % строились зависимости $\ln l_{rel}$ от времени облучения, наблюдаемые в различные периоды после проведения сеансов облучения. Далее кривые линейно аппроксимировались, что позволяло более точно определить оптимальное время облучения.

Для сорта «Удача» замедление прорастания на 80 % достигалось при времени облучения около 25 мин. на 7-е сутки после проведения облучения, и примерно при 10 минутах облучения на 33-е сутки после облучения; 95%-е замедление на 7-е сутки после проведения облучения было достигнуто при времени облучения около 40 мин.; на 22-е сутки — при 30 мин. экспозиции; на 33-е сутки — при 25 мин. облучения. Для сравнения, для сорта «Лорх» на 11-е сутки после проведения облучения прорастание замедлилось на 80 % при 15 мин. экспозиции; на 29-е — при 5 мин. экспозиции; для 95 % — на 11-е сутки при 35 мин. экспозиции; на 29-е сутки при 15 мин. облучения.

Было установлено, что с увеличением срока хранения клубней скорость прорастания облученных клубней замедлялась по сравнению с контрольными образцами, причем она была тем меньше, чем больше время облучения. При этом кинетика замедления прорастания неодинакова для различных сортов. Наиболее чувствительным к облучению оказался сорт «Невский», наиболее устойчивым — «Удача».

Таким образом, можно заключить, что воздействие рентгеновского излучения на клубни картофеля при-

водит к замедлению их прорастания. При этом время медления прорастания для различных сортов картофеля облучения для достижения определенного уровня за- ля неодинаково.

Change of the kinetics of potato tuber sprouting after X-ray irradiation

V. M. Avdyukhina^a, U. A. Bliznyuk^b, P. Yu. Borschegovskaya, A. S. Ilyushin, I. S. Levin, F. R. Studenikin, A. P. Chernyaev

Department of Solid State Physics, Department of Accelerator Physics and Radiation Medicine, Faculty of Physics, M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow 119991, Russia
E-mail: ^avm_avdyukhina@physics.msu.ru, ^buabliznyuk@gmail.com

Radiation treatment on food products, especially vegetables, is one of the possible effective ways for extending their period of storage. This article discusses the results of a research on the effects of X-rays on potato tubers. The study estimates the extent of inhibition of sprouting of tubers exposed in the different doses for several types of potato.

PACS: PACS: 87.53.-j

Keywords: radiation treatment, inhibition of sprouting tubers, X-rays.

Received 25.04.2016.

Сведения об авторах

1. Авдюхина Валентина Михайловна — канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры ФТТ; тел.: (495) 939-46-10, e-mail: vm_avdyukhina@physics.msu.ru.
2. Близнюк Ульяна Александровна — канд. физ.-мат. наук, ст. преподаватель кафедры ФУиРМ; тел.: (495) 939-49-46, e-mail: uabliznyuk@gmail.com.
3. Боршеговская Полина Юрьевна — канд. физ.-мат. наук, ассистент кафедры ФУиРМ; тел.: (495) 939-49-46, e-mail: alexeevapo@mail.ru.
4. Илюшин Александр Сергеевич — докт. физ.-мат. наук, зав. кафедрой ФТТ, профессор, тел.: (495) 939-30-29, e-mail: sols146i@phys.msu.ru.
5. Лёвин Иван Сергеевич — физик кафедры ФТТ, тел.: (495) 939-46-10, e-mail: is.levin@physics.msu.ru.
6. Студеникин Феликс Рикардович — студент кафедры ФУиРМ, тел.: (495) 939-49-46, e-mail: f.studenikin@mail.ru.
7. Черняев Александр Петрович — докт. физ.-мат. наук, зав. кафедрой ФУиРМ, профессор, тел.: (495) 939-49-46, e-mail: a.p.chernyaev@yandex.ru.