

УДК 632.935.9: 633.491

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ НОВОГО УРОЖАЯ СОРТА GALA

Чуликова Наталья Сергеевна (0000-0001-5815-9653)¹
Малюга Анна Анатольевна (0000-0001-9729-2668)¹
Близнюк Ульяна Александровна (0000-0001-8398-2641)^{2,3},
Борщеговская Полина Юрьевна (0000-0003-2031-0797)^{2,3},
Черняев Александр Петрович (0000-0001-5250-046X)^{2,3},
Зубрицкая Яна Васильевна (0009-0008-7905-4664)^{2,3},
Юров Дмитрий Сергеевич (0000-0004-5982-7467)³,
Родин Игорь Александрович (0000-0002-0588-6870)²

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Краснообск, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, Россия

³Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, Москва, Россия

Аннотация: в результате исследования влияния рентгеновского излучения в дозах от 5 до 30 Гр на фитосанитарное состояние клубней картофеля нового урожая сорта Gala и их урожайность, были получены наиболее эффективные дозы способствующие снижению распространенности различных форм ризоктониоза – 15 Гр и 30 Гр и улучшающие качество клубней нового урожая – 5 Гр и 25 Гр.

Ключевые слова: радиационная обработка, рентген, картофель, ризоктониоз, урожайность

GALA СОРТУНДАГЫ КАРТОШКАНЫН ЖАҢЫ ТҮШҮМҮНҮН ЖЕМИШ ТАМЫРЫНЫН АБАЛЫНА РЕНТГЕН НУРЛАРЫНЫН АРКАНДАЙ ДОЗАЛАРЫНЫН ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ

Чуликова Наталья Сергеевна (0000-0001-5815-9653)¹
Малюга Анна Анатольевна (0000-0001-9729-2668)¹
Близнюк Ульяна Александровна (0000-0001-8398-2641)^{2,3},
Борщеговская Полина Юрьевна (0000-0003-2031-0797)^{2,3},
Черняев Александр Петрович ((0000-0001-5250-046X)^{2,3},
Зубрицкая Яна Васильевна (0009-0008-7905-4664)^{2,3},
Юров Дмитрий Сергеевич (0000-0004-5982-7467)³,
Родин Игорь Александрович (0000-0002-0588-6870)²

¹Россия Илимдеракадемиясынын Сибирь федералдык агроботехнология илимий борбору, Краснообск, Россия

²Жогорку окуужайынын федералдык мамлекеттик бюджеттик окуужайы «М.В.Ломоносов атындагы Москва мамлекеттик университети», Москва, Россия

³Д.В. Скобелцын атындагы ядролук физика илим-изилдее институту, Москва, Россия

Аннотация: 5-30 Гр дозада рентген нурлануусунун таасирин изилдөөнүн натыйжасында жаңы сорттогу Восжанаанын түшүмдүүлүгүнүн картошка тамырларынын фитосанитардык абалына ризоктониоздун ар кандай формаларынын таралышын азайтууга өбөлгө түзгөн эң эффективдүү дозалар алынган – 15 Гр жана 30 Гр жана жаңы түшүмдүн түпнүктөрүнүн сапатын жакшыртуу – 5 Гр жана 25 Гр.

Өзөктүү сөздөр: радиациялык дарылоо, рентген, картошка, ризоктониоз, түшүмдүүлүк

THE EFFECT OF DIFFERENT DOSES OF X-RAY RADIATION ON THE PHYTOSANITARY CONDITION OF POTATO TUBERS OF THE NEW YIELD OF THE GALA VARIETY

Chulikova Natalya (0000-0001-5815-9653)¹

Malyuga Anna (0000-0001-9729-2668)¹,

Bliznyuk Ulyana (0000-0001-8398-2641)^{2,3},

Borschegovskaya Polina (0000-0003-2031-0797)^{2,3},

Chernyaev Alexandr (0000-0001-5250-046X)^{2,3},

Zubritskaya Yana (0009-0008-7905-4664)^{2,3},

Yurov Dmitry (0000-0004-5982-7467)³,

Rodin Igor (0000-0002-0588-6870)²

¹ Siberian Federal Scientific Centre of Agro Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Russia

² Lomonosov Moscow State University, GSP-1, 1-2 Leninskie Gory, Moscow, Russia

³ Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, GSP-1, 1-2 Leninskie Gory, Moscow, Russia

Abstract: as a result of the study of the effect of X-ray radiation in doses from 5 to 30 Gy on the phytosanitary condition of the tubers of the new Galapotatocrop and its yield, the most effective doses were obtained that reduce the prevalence of various forms of black scab – 15 Gy and 30 Gy and improve the quality of tubers of the new yield – 5 Gy and 25 Gy.

Keywords: radiation treatment, X-ray, potatoes, black scab, yield

1. Введение

В настоящее время актуальны экологически и экономически обоснованные исследования по поиску высокоэффективных

методов борьбы с патогенами растений, способных контролировать фитосанитарное состояние посевов и оказывать прямое или опосредованное положительное воздействие

на биогенность почвы (O'Brien, 2017; Tariq M. et al., 2020). Обладающие данными свойствами методы будут востребованы в современных технологиях интенсивного растениеводства с включением адаптивно-интегрированной системы защиты растений. Всё большее внимание уделяется развитию экологически-ориентированной политики ведения сельского хозяйства. Актуальным является развитие физических технологий, связанных с облучением сельскохозяйственной продукции, в частности рентгеновское излучение. Предпосевное и предпосадочное облучение посевного и посадочного материала сельскохозяйственных культур можно рассматривать как новый агроприем, позволяющий использовать атомную энергию для повышения урожайности и для обеззараживания семенного материала. Излучения могут, как стимулировать рост и развитие растений, фитопатогенов, так и ингибировать эти процессы (Березина, Каушанский, 1975; Стерхова и др., 2013). Для картофеля в условиях Западной Сибири важное значение имеет заболевание ризоктониоз, вызванный грибом *Rhizoctonia solani*. Ежегодные потери картофеля в Западной Сибири от данного заболевания составляет до 50% продукции и более (Халиков и др., 2018). Поэтому, определение влияния различных доз рентгеновского излучения на фитосанитарное состояние посадок и клубней картофеля нового урожая являются актуальными. Следует отметить, что к настоящему времени механизмы биологического действия ряда физических факторов, еще недостаточно изучены и нуждаются в дальнейших фундаментальных исследованиях.

Целью наших исследований было определение влияния различных доз рентгеновского излучения от 0 до 30 Гр на фитосанитарное состояние клубней картофеля нового урожая сорта Gala и количество полученного урожая.

2. Материалы и методы

исследования

Основой исследований по изучению влияния различных доз рентгеновского излучения на посадочный материал картофеля сорта Gala послужил полевой однофакторный эксперимент (2023 г.), заложенный согласно методике полевых исследований и обработанный статистически методом дисперсионного анализа с использованием пакета прикладных программ СНЕДЕКОР (Доспехов, 2012; Методика..., 1967; Сорокин, 2012). Технология возделывания картофеля в опыте соответствовала общепринятым для данного региона (Машьянова и др., 2010).

Посадка картофеля была проведена 02.06.2023 г. Опыты были заложены на естественном фоне заселения почвы ризоктониозом, (количество ризоктониоза в почве перед посадкой составляло 20 пропагул на 100 г воздушно-сухой почвы, что не превышает ЭПВ). Повторность опыта была 2-кратная, густота посадки клубней – 35,7 тыс. раст./га, площадь питания картофеля – 0,35 м x 0,7 м. Удобрения в опыте не применялись. Распространенность ризоктониоза на посадочных клубнях составляла 100%.

Для определения количества здоровых клубней подсчитывали процент клубней, заселенных склероциями более чем на 1/10, 1/4 и 1/2 поверхности, а также единично; с углубленной пятнистостью, уродливых, с трещинами и клубней с несколькими проявлениями ризоктониоза одновременно (Методические указания..., 1980). Биологическую и общую урожайность определяли весовым методом (Методика..., 1967).

Для опыта были использованы семенные клубни картофеля сорта Gala. Облучение клубней проводилось на рентгеновском аппарате РАП-100 (Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, Москва, Россия) в дозах – 5, 10, 15, 20, 25 и 30 Гр. Мощность дозы 1,0 Гр/с. Параметры трубки – напряжение 80 кэВ, ток 10 мА.

В целях равномерности обработки клубни облучались с двух сторон.

При облучении картофеля были затронуты только поверхностные слои зараженные фитопатогеном, при этом внутренние слои облучены не были. Средний диаметр клубней составлял 4 см, вес – от 25 до 40 гр.

Далее все посадочные клубни были предоставлены сотрудникам СФНЦА РАН для проведения дальнейших полевых исследований.

3. Результаты исследования

По результатам фитоэкспертизы выращенного урожая из облученных материнских клубней, было установлено, что дозы рентгеновского излучения оказывали различное влияние на фитосанитарное состояние клубней нового урожая. Клубни картофеля были поражены как несклероциальными, так и склероциальными формами ризоктониоза.

В среднем по опыту, на клубнях картофеля преобладали несклероциальные формы заболевания – 60,8 %, а склероциальные составляли – 3,0 %.

Из несклероциальных форм, доминировал сетчатый некроз – 54,2%, превышая распространенность таких комплексных форм как сетчатый

некроз+трещины на 48,6% и сетчатый некроз+трещины+уродливость на 53,2%.

Из склероциальных форм, преобладал комплекс склероции на 1/4 поверхности клубня+сетчатый некроз – его распространенность составляла 1,3%, превышая встречаемость остальных на 0,4-1,1%. Минимально – на 0,2% – были распространены такие комплексы как: склероции на 1/4 поверхности клубня+сетчатый некроз+уродливость и склероции на 1/2 поверхности клубня+сетчатый некроз.

Встречаемость несклероциальных форм ризоктониоза в опыте отличалась по вариантам доз облучения. Все изучаемые дозы (кроме 10 Гр) приводили к снижению данного показателя на 2,9-41,0% в сравнении с контролем. Минимальная распространенность данных форм была в варианте с дозой 30 Гр – 36,0%, а максимальная в случае с 10 Гр – 81,0% (рис. 1).

По распространенности сетчатого некроза на клубнях прослеживали ту же тенденцию. Максимальный показатель был в варианте с дозой 25 Гр – 72,6%, превышая контроль на 0,8%. Все остальные изучаемые дозы приводили к снижению встречаемости данной формы на клубнях – от 4,1 до 47,3% в сравнении с контролем.

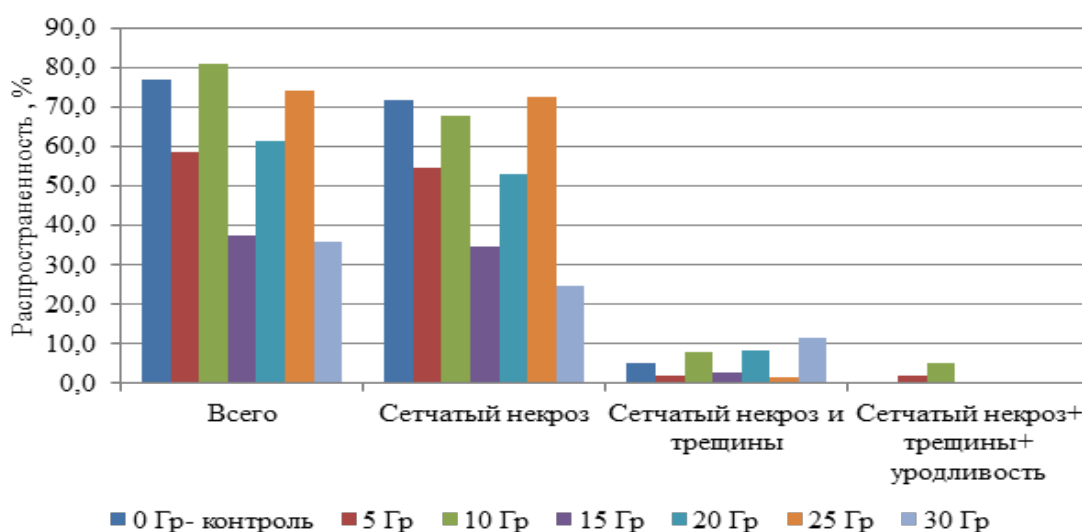


Рис.1. Влияние различных доз предпосадочного рентгеновского излучения на распространенность форм ризоктониоза на клубнях картофеля сорта Gala, % (2023 г.)

Комбинация таких форм ризоктониоза как сетчатый некроз и трещины в вариантах с дозами 10, 20 и 30 Гр превышали контрольный показатель на 2,8-6,2%. В вариантах с дозами 5, 15 и 25 Гр данная форма заболевания была распространена меньше чем в контроле – на 2,5-3,7%. Максимальное количество сетчатого некроза и трещин было отмечено в варианте 30 Гр – 11,4%, а минимальное – 25 Гр – 1,5%.

Комбинация проявлений болезни как сетчатый некроз+трещины+уродливость была обнаружена только в вариантах с дозами 5 и 10 Гр, где их распространенность составила 2,0 и 5,3%.

Склероциальные формы ризоктониоза присутствовали в опыте при использовании доз 5, 15 и 30 Гр, превышая контрольный показатель на 2,1-11,2%.

Из всех обнаруженных форм ризоктониоза и их комплексов была наиболее распространенная – склероции на 1/4 поверхности клубня+сетчатый некроз. Данный комплекс присутствовал на клубнях, облученных дозами 30 и 15 Гр, превышая контроль на 0,5 и 5,8% соответственно. Установлено, что на клубнях нового урожая, выращенных без использования облучения, из всех обнаруженных форм ризоктониоза присутствовала только эта.

Далее по распространенности следовал комплекс:склероции на 1/10 поверхности клубня+сетчатый некроз. Он

был определен в вариантах с дозами 5, 15 и 30 Гр и составлял от 1,4 до 2,9%.

Склероции на 1/10 поверхности клубня+сетчатыйнекроз+трещины были обнаружены только на клубнях варианта 15 Гр – 2,7%.

Менее всего были распространены комплексы следующих форм: склероции на 1/4 поверхности клубня+сетчатыйнекроз+уродливость, а также склероции на 1/2 поверхности

клубня+сетчатый некроз. Каждый комплекс был выявлен только в одном из вариантов – 15 Гр и 5 Гр соответственно.

Установлено, что все дозы (кроме 10 Гр) увеличивали выход количества здоровых в отношении ризоктониоза клубней, и их количество варьировалось от 24,6 до 57,2%, превышая контрольный показатель на 2,6-35,2%. Максимальный процент здоровых клубней был в варианте облучения в дозе 30 Гр, а минимальный – в дозе 10 Гр (ниже контроля на 5,6%).

Установлено, что в среднем по опыту, соотношение урожая пригодных и непригодных клубней составляет 1:4,04. В вариантах с дозами 10-20и 30 Гр, данный показатель был выше контроля на 11,2-46,9%. При дозах 5 и 25 Гр он был меньше контроля на 5,6-12,3%. Максимальное соотношение выявлено в варианте с дозой 30 Гр, а минимальное при дозе 25 Гр (таблица1).

Таблица 1. Влияние различных доз предпосадочного рентгеновского облучения на выход пригодных и непригодных клубней картофеля (в отношении ризоктониоза) сорта Gala, т/га ± ошибка (2023 г.)

Доза облучения	Урожай, т/га		
	пригодных клубней	непригодных клубней	соотношение пригодных и не пригодных клубней
контроль – 0 Гр	2,8±0,5	10,1±0,5	1 : 3,56
5 Гр	2,8±1,1	9,6±1,2	1 : 3,36
10 Гр	2,3±1,3	9,1±1,4	1 : 3,96
15 Гр	1,8±0,3	8,2±0,8	1 : 4,57
20 Гр	1,8±0,4	8,3±1,3	1 : 4,52
25 Гр	3,0±1,1	9,2±1,0	1 : 3,12
30 Гр	1,5±0,2	7,8±0,9	1 : 5,23

Таким образом, урожай пригодных клубней увеличивала только одна доза – 25 Гр – на 7,1% в сравнении с контролем. Урожайность в варианте с дозой 5 Гр была на уровне контроля. Остальные дозы 10-20 и 30 Гр приводили к снижению данного показателя на 17,8-46,4% по сравнению с контролем. Максимальная урожайность была в варианте с 25 Гр – $3,0 \pm 1,1$ т/га, а минимальная – 30 Гр – $1,5 \pm 0,2$ т/га.

Урожай непригодных клубней снижали от 5,3 до 22,8% все изучаемые дозы относительно контроля. Среди изученных доз максимум данного показателя наблюдали в вариант с дозой 5 Гр – $9,56 \pm 1,2$ т/га, а минимум – 30 Гр – $7,8 \pm 0,9$ т/га.

4. Дискуссия

По результатам проведенной фитоэкспертизы выращенного урожая картофеля из облученных клубней, установлено, что дозы от 5 до 30 Гр различно влияют на распространенность ризоктониоза на клубнях нового урожая, а также есть существенные различия в распространенности склероциальных и несклероциальных форм заболевания. Дозы 5, 15-30 Гр приводят к снижению распространенности несклероциальных форм на клубнях, а при дозах 10, 20-25 Гр отсутствовали склероциальные формы заболевания. Однако, урожай пригодных клубней увеличивала только доза 25 Гр, относительно контроля.

5. Выводы

1 Поверхностная обработка семенного картофеля рентгеновским излучением в диапазоне от 5 до 30 Гр эффективна в отношении ризоктониоза картофеля и способствует улучшению качества клубней нового урожая за счет снижения распространенности различных форм болезни.

2. Более всего выход количества здоровых клубней повышали дозы 15 и 30 Гр, где данный показатель был выше контрольного на 27,1-35,2%, а в весовом эквиваленте более эффективны были дозы

5 и 25 Гр, где урожай здоровых клубней составил 2,8-3,0 т/га, но в первом случае не превышал контрольного значения.

6. Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта №22-63-00075.

7. Использованная литература

1. O'Brien P.A. Biological control of plant diseases // *Australas Plant Pathol.* 2017. – V. 46. – P. 293-304.
2. Tariq M., Khan A., Asif M., Khan F., Ansari T., Shariq M., Siddiqui M. Biological control: a sustainable and practical approach for plant disease management // *Acta Agric Scand on B - Soil & Plant Science.* 2020. – V. 70(6). – P. 507-524.
3. Березина Н.М., Каушанский Д.А. Предпосевное облучение семян сельскохозяйственных растений. М.: Атомиздат, 1975. – 264 с.
4. Стерхова Т.Н., Савушкин А.В., Сиротин А.А., Корнаухов П.Д. Электрический способ обеззараживания семян сельскохозяйственных культур // *Инженерный вестник Дона.* 2013. – Т. 24, №. 1. – С. 96–103
5. Халиков С.С., Малюга А.А., Чуликова Н.С. Экологически безопасные препараты на основе механохимической модификации тебуконазола для комплексной защиты картофеля // *Агрехимия.* 2018. – № 10. – С. 46-53.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. – Москва, 2012. – 351 с.
7. Методика исследований по культуре картофеля. – М.: НИИКХ, 1967. – 264 с.
8. Сорокин, О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – Новосибирск, 2012. – 282 с.
9. Машьянова Г.К., Гринберг

Е.Г., Штайнерт Т.В. Овощные культуры и картофель в Сибири. – Новосибирск, 2010. – 523 с.

10. Методические указания по оценке селекционного материала на устойчивость к фитофторозу, ризоктониозу, бактериальным болезням и механическим повреждениям. – М.: ВАСХНИЛ, НИИКХ, 1980. – 52 с.