

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ НЕКОТОРЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР К ДЕЙСТВИЮ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

*Г.А. Смолина, к.б.н., Ю.Е. Гусева, к.б.н., С.П. Торшин, д.б.н.,  
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева  
127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49,  
8-916-184-43-61, E-mail: gsmolina@rgau-msha.ru*

*Работа выполнена за счет средств Программы развития университета  
в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030»*

*Изучено в серии вегетационных и модельных лабораторных опытов воздействие предпосевного  $\gamma$ -облучения семян трех сельскохозяйственных культур: салата листового, яровой пшеницы и райграса однолетнего, на урожай и ростовые показатели растений. Показано, что самой радиочувствительной культурой оказался салат листовой, доза облучения семян которого в 1-3 Гр приводила к ускорению роста, увеличению массы растений и, в конечном итоге, к росту урожая. Культуры семейства Мятликовые – яровая пшеница и райграс однолетний – оказались более устойчивыми, однако, их стимулирующие дозы различались более чем в 3 раза, составляя для семян пшеницы 4-6 Гр, а для райграса – около 20 Гр.*

*Ключевые слова: салат листовой, яровая пшеница, райграс однолетний, предпосевное гамма-облучение, радиочувствительность, урожайность, ростовые показатели растений.*

Для цитирования: Смолина Г.А., Гусева Ю.Е., Торшин С.П. Сравнительная чувствительность некоторых сельскохозяйственных культур к действию гамма-излучения// Плодородие. – 2025. – №5. – С. 89-92.  
DOI: 10.25680/S19948603.2025.146.17.

Ионизирующая радиация является одним из факторов окружающей среды, влияющих на рост и развитие растений. Изучение вопросов действия излучений высоких энергий на растения представляет значительный интерес в связи с возрастающей ролью атомной энергетики и необходимостью повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Радиочувствительность – это восприимчивость биологических объектов: клеток, тканей, органов и организмов, к действию ионизирующего излучения [3]. Она характеризует степень повреждения клеток и тканей, приводящую к снижению жизнеспособности, в частности растений, и является важным показателем, позволяющим глубже понять механизмы воздействия ионизирующей радиации на растительные организмы. Обычно в качестве критерия уровня радиочувствительности используют показатель ЛД<sub>50</sub> – дозу, вызывающую гибель половины исследуемых объектов [7, 8]. Однако для многих видов растений эти величины весьма значительные, и не всегда имеется техническая возможность воссоздать такие дозы в экспериментальных условиях. Поэтому в качестве критерия чувствительности растений к действию ионизирующего излучения иногда можно использовать низкие уровни радиационного воздействия, которые не вызывают летальный исход, а, напротив, оказывают стимулирующее действие, т.е. вызывают позитивные эффекты роста и развития растений.

Растения обладают широким диапазоном радиочувствительности, зависящим от видовых особенностей, возраста, физиологического состояния и условий окружающей среды [3, 5]. Некоторые виды характеризуются высокой радиорезистентностью, тогда как другие чувствительны даже к низким уровням облучения, при этом дозы, вызывающие один и тот же эффект могут отличаться на несколько порядков и проявляться по-разному в различных условиях [2, 6]. Известно, что даже отдельные части

одного растения имеют неодинаковую чувствительность к действию радиации. Так, семена растений наиболее устойчивы к излучению, тогда как вегетативные органы оказываются значительно чувствительнее [3, 5].

Изучение радиочувствительности растений открывает перспективы разработки инновационных технологий обработки посевного материала. Результаты таких исследований могут способствовать повышению урожайности и качества сельскохозяйственных культур, устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды и созданию экологически безопасных технологий выращивания растений [1].

**Цель настоящей работы** – изучить влияние различного уровня предпосевного гамма-облучения семян на рост и развитие трех культурных растений: салата листового, яровой пшеницы и райграса однолетнего.

Эти культуры представляют собой важные объекты сельского хозяйства и используются как продукт питания, кормовые культуры и сырье для пищевой промышленности.

**Методика.** В качестве объектов облучения были выбраны три сельскохозяйственные культуры, относящиеся к разным группам по хозяйственному использованию: овощная культура – салат листовой сорта Московский парниковый, зерновая – яровая пшеница сорта Любава и кормовая культура – райграс однолетний сорта Рапид. Кроме того, эти растения по ботанической классификации относятся к разным семействам: салат листовой к семейству Астровые, а яровая пшеница и райграс однолетний к семейству Мятликовые.

Семена трех изучаемых видов растений подвергали воздействию излучения в одинаковых условиях на установке гамма-излучения типа ГУР-120, размещенной во Всероссийском НИИ радиологии и агроэкологии Курчатова научного центра. Облучение проводилось источником радиоактивного кобальта-60 (<sup>60</sup>Co), имеющим

активность 2,68 ПБк. Мощность дозы составляла 60 Гр/ч. Размер полученной дозы контролировали путем изменения продолжительности экспозиции и фиксировали с применением дозиметра марки ДКС-101. Для семян каждой культуры были установлены следующие уровни дозирования: салат листовой – 1, 2, 3, 4 и 6 Гр, яровая пшеница – 4, 6, 8, 10 и 15 Гр, райграс однолетний – 4, 8, 10, 15 и 20 Гр. Контрольным вариантом были необлученные семена. Значения выбранных доз основывались на анализе существующих научных публикаций [3, 5].

Посев проводили на следующий день после облучения в сосуды Митчерлиха в вегетационном домике кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Повторность опыта четырехкратная. Опыты проводили на типичной дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, характеризующейся слабокислой реакцией почвенного раствора и имеющей повышенное содержание подвижных форм фосфора и калия. Подробное описание агрохимических показателей почвы представлено в таблице 1.

### 1. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы

Показатель	Единица измерения	Значение	Метод
Гумус	%	2,1±0,1	Тюрина (ГОСТ 26213-2021)
pH <sub>KCl</sub>	ед.	5,1±0,1	ЦИНАО (ГОСТ 26483-85)
Hг	мг-экв/100 г почвы	3,3±0,1	Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-2021)
S		28,0±0,3	Каппена (ГОСТ 27821-2020)
T		31,3	Расчетный
V	%	89,5	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	мг/кг почвы	150±2,5	Кирсанова
K <sub>2</sub> O		155±2,7	(ГОСТ Р 54650-2011)

Перед началом посевных работ почву удобряли азотом, фосфором и калием из расчета, соответственно, 0,15 г N; 0,1 г P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 0,1 кг K<sub>2</sub>O/кг почвы. Дополнительно вносили полную дозу извести, рассчитанную исходя из величины гидролитической кислотности почвы. Применяли следующие минеральные удобрения: нитрат аммония, двойной суперфосфат и хлорид калия, в качестве известкового удобрения использовали доломитовую муку.

### 2. Влияние разных доз $\gamma$ -излучения (<sup>60</sup>Co) на урожайность изучаемых культур. Вегетационный опыт

Культура	Салат листовой		Пшеница яровая				Райграс однолетний					
	Сухая масса		Зерно		Солома		Сухая масса					
	г/сосуд	± к контролю, %	г/сосуд	± к контролю, %	г/сосуд	± к контролю, %	1-й укос		2-й укос		всего	
Доза облучения, Гр	г/сосуд	± к контролю, %	г/сосуд	± к контролю, %	г/сосуд	± к контролю, %	г/сосуд	± к контролю, %	г/сосуд	± к контролю, %	г/сосуд	± к контролю, %
0 (контроль)	9,09	0	21,63	0	25,53	0	20,53	0	8,7	0	29,23	0
1	9,98	+9,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	11,19	+23,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3	8,09	-11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	8,83	-2,8	19,86	-8,2	28,27	+10,7	19	-7,5	10,28	+18,1	29,28	+0,2
6	6,98	-23,2	23,52	+8,7	27,36	+7,1	–	–	–	–	–	–
8	–	–	22,29	+3,1	24,2	-5,2	18,42	-10,3	9,48	+8,9	27,9	-4,5
10	–	–	21,47	-0,8	25,06	-1,9	20,17	-1,8	9,22	+6,0	29,39	+0,5
15	–	–	18,96	-12,4	23,56	-7,8	20,14	-1,9	10,33	+18,8	30,48	+4,3
20	–	–	–	–	–	–	20,22	-1,5	11,56	+32,8	31,78	+8,7
НСР <sub>05</sub>	0,59	–	1,40	–	1,81	–	1,47	–	1,16	–	2,11	–

Яровая пшеница была не так отзывчива на действие ионизирующего излучения. Во-первых, увеличение средней массы зерна и соломы с сосуда наблюдалось при больших дозах облучения семян, чем в случае с салатом. Стимулирующие дозы составили 6 Гр – для массы зерна

Параллельно с проведением вегетационного опыта семена всех культур проращивали в лабораторных условиях: семена пшеницы и райграса – в рулонах фильтровальной бумаги в соответствии с ГОСТ 12038–66 при температуре 20°C по 50 семян в двух рулонах на каждый вариант, а салата – в стерильных чашках Петри на фильтровальной бумаге, увлажненной дистиллированной водой. В каждой чашке было по 50 семян. Для определения всхожести семян и морфометрических показателей проводили проращивание проростков.

Результаты исследований анализировали, используя параметрические методы статистики. Для проверки достоверности отличия полученных данных от контрольного варианта использовали критерий Стьюдента.

**Результаты и их обсуждение.** Проведенные исследования показали, что ионизирующее излучение по-разному влияет на всхожесть посевного материала сельскохозяйственных культур. Так, всхожесть семян салата листового и райграса однолетнего составляла 97-99%, и предпосевное облучение семян в разных дозах практически не изменило ее величину. Всхожесть семян яровой пшеницы была невысокая для данной культуры, около 70%, поскольку использовался семенной материал, хранившийся в течение двух лет. Однако, облучение семян зерновой культуры в дозе 4 Гр увеличило всхожесть на 11%, подтверждая выводы более ранних исследований [8-10], показывающих, что воздействие ионизирующего излучения в большей степени проявляется при неблагоприятных условиях роста либо при воздействии на семена невысокого качества. Остальные дозы облучения семян яровой пшеницы не изменили данный показатель.

Сравнительные исследования на трех сельскохозяйственных культурах, проводимых в одинаковых условиях вегетационного опыта, показали, что растения неодинаково реагируют на воздействие ионизирующего излучения. В таблице 2 представлены данные о влиянии разных доз гамма-излучения на урожайность культур. Как видно, у салата листового и яровой пшеницы в диапазоне действия изучаемых доз облучения семян растений достоверно проявилось как стимулирующее, так и ингибирующее действие радиации. Увеличение урожая салата на 10 и 23% наблюдалось при дозах облучения семян в 1 и 2 Гр соответственно. Доза радиации в 6 Гр, напротив, снизила выход биомассы растений салата на 23%.

и 4-6 Гр – для массы соломы. Во-вторых, прибавки урожая были в 2 раза ниже, чем при облучении салата, и составили в среднем 7-10%. Достоверное снижение урожая наблюдалось при дозе облучения семян в 15 Гр, при этом снижение по сравнению с контрольным вариантом

массы зерна и соломы составило 12 и 8%, соответственно.

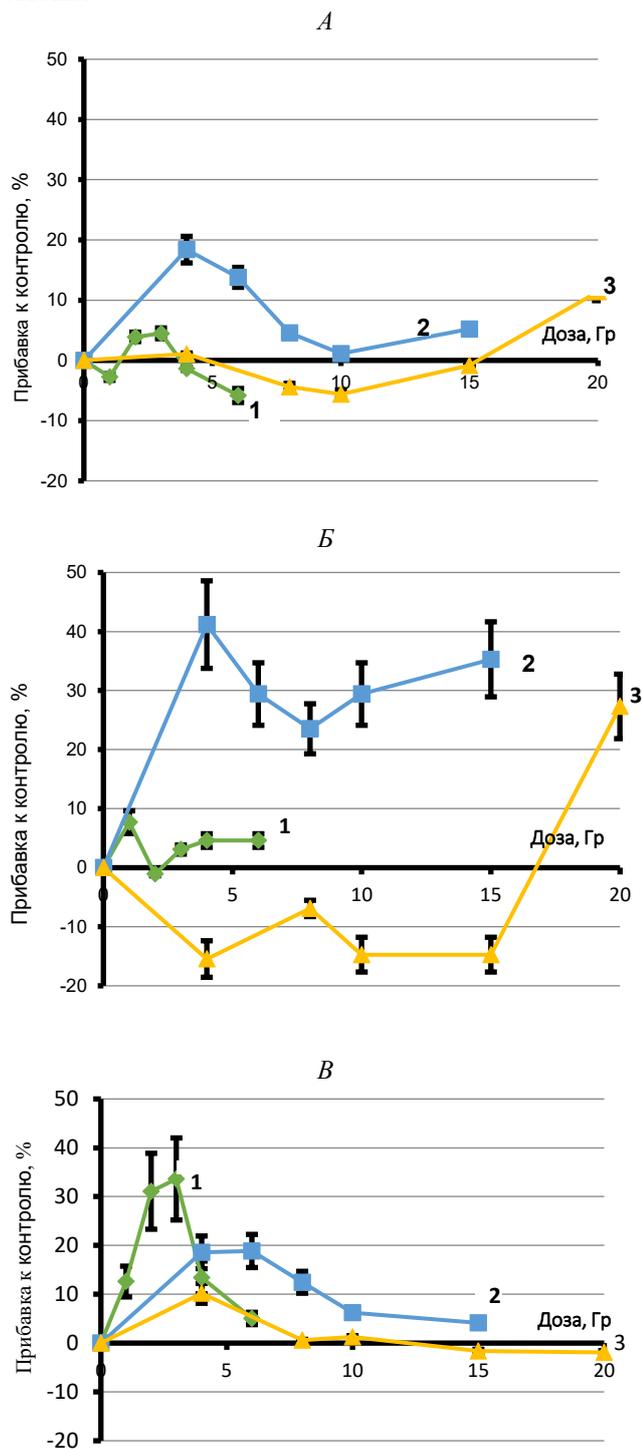


Рис. Влияние разных доз  $\gamma$ -излучения ( $^{60}\text{Co}$ ) на длину главного корешка (А), ростка (Б) и массу проростка (В),

% от контрольного варианта без облучения семян:

1 – салата листового, 2 – яровой пшеницы, 3 – райграса однолетнего

Устойчивость к действию ионизирующего излучения у райграса однолетнего оказалась из трех изучаемых культур самой высокой. В диапазоне действия исследуемых доз облучения семян удалось зафиксировать только стимулирующее действие радиации. При этом достоверное увеличение урожая кормовой культуры наблюдалось при самой высокой экспериментальной дозе – 20 Гр, прибавка сухой массы за сезон при этой дозе составила 9%. Увеличение урожая произошло исключительно за счет значительного роста растений во

время второго укоса, прибавка к контролю составила 33%. Заметного изменения урожая райграса в первом укосе не наблюдалось.

Таким образом, салат листовой, яровая пшеница и райграс однолетний показали очень разный уровень чувствительности к действию ионизирующего излучения. Стимулирующая доза наблюдалась при 2-3, 4-6 и 20 Гр для каждой культуры соответственно.

Отличия в радиочувствительности исследуемых сельскохозяйственных культур проявились не только на уровне сформированных растений, но уже и на самых ранних этапах их роста. На рисунке показано влияние разных доз  $\gamma$ -излучения на длину главного корешка, длину ростка и среднюю массу проростка. Как видно, рассмотренные закономерности проявились и в отношении этих показателей. Длина корешка по сравнению с контрольным вариантом увеличилась у салата листового при дозах 2 и 3 Гр, у яровой пшеницы – при дозах 4, 6 и 8 Гр, а у райграса однолетнего – только при дозе 20 Гр (рис. А). Но в этом случае наиболее сильный эффект наблюдался в росте корешков не салата, как в случае с величиной урожая, а яровой пшеницы. Прибавка к контролю составила 14-18%. Длина корешка райграса однолетнего увеличилась на 11%, а салата – на 5%.

В отношении влияния  $\gamma$ -излучения на длину ростка наиболее чувствительной культурой также оказалась яровая пшеница (рис. Б). Все дозы облучения (от 4 до 15 Гр) оказали стимулирующее действие с максимальным эффектом при дозе 4 Гр. Длина ростка при этом увеличилась на 41% по сравнению с вариантом без облучения. В случае с райграсом эти же дозы облучения дали, напротив, небольшой ингибирующий эффект. Прибавка в росте наблюдалась только при дозе 20 Гр и составила 27% по сравнению с контролем.

Действие  $\gamma$ -излучения на семена салата листового больше всего проявилось в увеличении массы проростков (рис. В). Прибавка массы составила 31 и 34% при дозах облучения семян 2 и 3 Гр соответственно. Масса проростков райграса увеличилась на 10% только при дозе 4 Гр, а проростков яровой пшеницы – на 12-19% при дозах облучения 4, 6 и 8 Гр.

**Заключение.** Проведенные в одинаковых условиях вегетационные и лабораторные опыты показали, что салат листовой сорта Московский парниковый, яровая пшеница сорта Любава и райграс однолетний сорта Рапид имеют разную чувствительность к  $\gamma$ -излучению. Самой чувствительной к воздействию ионизирующего излучения из изученных культур оказался салат листовой. Дозы облучения в 1-3 Гр приводили к ускорению роста, увеличению массы растений и, в итоге, к росту урожая. Злаковые культуры – яровая пшеница и райграс однолетний оказались более устойчивыми к излучению, однако, несмотря на принадлежность к одному семейству, их стимулирующие дозы отличались более, чем в 3 раза, составляя для пшеницы 4-6 Гр, а для райграса – около 20 Гр.

#### Литература

- Гераськин С.А., Бондаренко Е.В., Бондаренко В.С., Волкова П.Ю. Радиобиологические основы использования ионизирующих излучений в агробиотехнологиях // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: научные основы и перспективы практического применения: Труды ФГБНУ ВНИИРАЭ / Под редакцией Н.И. Санжаровой. Т. 5. – Обнинск : ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2023. – С. 17-33.
- Гераськин С.А., Фесенко С.В., Волкова П.Ю., Исамов Н.Н. Что мы узнали о биологических эффектах облучения в ходе 35-летнего анализа последствий аварии на Чернобыльской АЭС? // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2021. – Т. 61. – № 3. – С. 234-260.

3. Гудков И.Н. Основы общей и сельскохозяйственной радиобиологии. – Киев: Изд-во УСХА, 1991. – 328 с.
4. Гусева Ю.Е., Смолина Г.А., Торшин С.П. Влияние облучения семян райграса однолетнего <sup>60</sup>Со на урожай и вынос растениями макроэлементов // Плодородие. – 2022. – № 5. – С. 69-72.
5. Козьмин Г.В., Гераськин С.А., Санжарова Н.И. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. – Обнинск: ВНИИРАЭ, 2015. – 400 с.
6. Смолина Г.А., Гусева Ю.Е., Торшин С.П. Влияние различных условий на проявление эффекта радиационного гормезиса у растений яровой пшеницы // Плодородие. – 2023. – № 6(135). – С. 86-91.
7. Удалова А.А., Ульяненко Л.Н., Алексахин Р.М., Гераськин С.А., Филинас А.С. Методология оценки допустимого воздействия ионизирующих излучений на агроценозы // Радиационная биология. Радиозкология. – 2010. – Т. 50. – № 5. – С. 572-581.
8. Ульяненко Л.Н., Удалова А.А. Оценка состояния окружающей среды по реакции сельскохозяйственных растений на действие ионизирующих излучений // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2015. – Т. 24. – № 1. – С. 118-131.
9. Чурюкин Р.С., Гераськин С.А. Проявление эффекта гормезиса у растений ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в контрастных условиях произрастания при  $\gamma$ -облучении семян // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – № 4. – С. 820-829.
10. Belz R.G., Cedergreen N. Parthenin hormesis in plants depends on growth conditions // Environmental and Experimental Botany/ 2010. V. 69. P. 293-301.

#### COMPARATIVE SENSITIVITY OF SOME AGRICULTURAL CROPS TO IONIZING RADIATION

Smolina G.A., Guseva Yu.E., Torshin S.P.

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,  
127434, Moscow, Timiryazevskaya st., 49.  
8-916-184-43-61, E-mail: gsmolina@rgau-msha.ru

*The effects of pre-sowing  $\gamma$ -radiation on seeds of three agricultural crops – leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.), spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) – were studied in a series of vegetative and model laboratory experiments to evaluate their impact on crop yield and plant growth parameters. It was demonstrated that the most radiosensitive culture turned out to be leaf lettuce, where seed irradiation doses of 1–3 Gy led to accelerated growth, increased biomass, and ultimately higher yields. The Gramineae family crops – spring wheat and annual ryegrass – proved more resistant, but their stimulating radiation doses differed by over three times, being about 4–6 Gy for wheat seeds and approximately 20 Gy for ryegrass seeds.*

*Keywords: leaf lettuce, spring wheat, annual ryegrass, pre-sowing gamma irradiation, radiosensitivity, yield, plant growth characteristics*

#### Научные специальности и соответствующие им отрасли науки, по которым присуждаются ученые степени для журнала Плодородие ISSN 1994-8603

- 1.5.15. Экология (сельскохозяйственные науки),
- 1.5.19. Почвоведение (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (биологические науки),
- 4.1.3. Агротехника, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.3. Агротехника, агропочвоведение, защита и карантин растений (биологические науки)
- 4.1.3. Агротехника, агропочвоведение, защита и карантин растений (химические науки),
- 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (биологические науки),
- 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (биологические науки),
- 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (сельскохозяйственные науки)