

УДК 635.15:631.531.027:631.544

## ПРЕДПОСЕВНОЕ ОБЛУЧЕНИЕ СЕМЯН РЕДИСА В ОВОЩЕВОДСТВЕ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Д. Ф. ГЕРЦУСКИЙ, В. П. МУХИН, А. А. ТЕР-СААКОВ  
(Кафедра прикладной атомной физики и радиохимии)

В течение 1975 г. на базе совхоза-комбината «Московский» Московской области были проведены опыты по предпосевному облучению семян ряда овощных культур — томатов [8], капусты хибинской, салата, редиса и огурцов в условиях защищенного грунта. В данной статье рассматриваются результаты опыта с редисом.

Редис является одним из наиболее радиорезистентных растений. Высокая радиостойчивость этого вида была отмечена еще в начале нашего века [20]. К этому же времени относятся и первые сообщения о стимулирующем действии малых доз ионизирующей радиации [19, 20, 21]. Анализ литературных данных и результатов собственных исследований показывает, что сорта редиса мало отличаются друг от друга как по радиостойчивости, так и по величине стимулирующих доз [3]. При предпосевном облучении семян летальные дозы для редиса составляют 250—300 кР [1, 6, 7, 11], а оптимальные стимулирующие — около 1 кР; при этом прибавка урожая достигает 40—50% к контролю при среднем значении около 25% [4, 5, 10, 13, 16, 17, 21]. В единичных исследованиях, выполненных в защищенном грунте (парниковые рамы), максимальная стимуляция (прибавка урожая на 25—40%) наблюдалась при предпосевном облучении сухих [12, 17, 22] и наклюнувшихся [9] семян в дозах 1000 и 500—750 Р соответственно. В литературе отсутствуют сведения о проведении аналогичных исследований в условиях современных высокопроизводительных зимних теплиц.

### Условия и методика проведения опыта

Опыт по изучению влияния предпосевного облучения семян на рост, развитие и урожайность растений проводился с 27 января по 19 марта 1975 г. в зимних теплицах голландского типа.

Грунт на опытном участке, как и во всем тепличном комбинате, насыпной, легкой, с большим содержанием органических веществ; при засыпке в 1969 г. имел объемную массу 0,62 г/см<sup>3</sup> и представлял собой смесь из 30—40% торфа переходного типа, около 30% дерново-подзолистой почвы и 20—30% навоза. Потеря органического вещества от прокаливания при 450° — от 14 до 55%. Содержание питательных веществ в грунте устанавливалось на основании пол-

ного анализа, проводившегося после пропаривания, и ежemesячных анализов. В период опыта содержание (определение в водной вытяжке 1:10) органического вещества равнялось 34,2 мг на 100 г грунта, азота — колебалось от 12 до 27 при норме 28, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — от 7,2 до 8,6 при норме 8, K<sub>2</sub>O — от 31 до 48 при норме 55,6, магния — от 16 до 32 при норме 16,7 мг; уровень рН — от 6,4 до 6,6 при норме 6,5. Более детальная характеристика грунта и условий выращивания растений приведена в предыдущей публикации [8].

В эксперименте использовали высококачественные воздушно-сухие семена редиса сорта Заря местной репродукции 1974 г., т. е. сорта, находящегося в производстве данного хозяйства. Облучение семян выполняли за день до посева в диапазоне доз 0,1—60 крад на установках ЭГО-2 (0,1—3 клада) и ЭГО-4 (5—60 крад) ИБФ Министерства здравоохранения СССР при мощностях доз соответственно 230 и 2400 рад/мин. Посев осуществлен вручную под пальчатый маркер с расстояниями между лунками 5×5 см. Площадь делянки — около 1 м<sup>2</sup> (80×130 см). Повторность — 4-кратная.

Опытный участок расположен в общем массиве хозяйственного посева. Подготовка почвы к посеву, поддержание соответствующих режимов температуры, влажности, подкормки, защитные меры и другие агротехнические мероприятия осуществлялись централизованно, были одинаковыми для производственных и опытных посевов, строго соответствовали принятой в данном хозяйстве технологии.

В течение опыта поддерживали следующий температурный режим: до появления всходов — 8—10°, при формировании семядолей и до фазы линьки — 10—15°, с наступлением линьки в пасмурную погоду — 12—15°, в солнечную — 16—18° (до 20°), ночью — 10°. Влажность воздуха — 60—70%. В первую половину вегетации применялось искусственное досвечивание в течение 10 ч (с 8 до 18 ч).

Реакция растений на предпосевное облучение оценивалась по результатам фенологических наблюдений, биометрических измерений и данным анализа урожая. По мере образования товарных корнеплодов были проведены 4 уборки, причем раздельно по вариантам и повторностям учитывали число пучков (в пучке 10 товарных растений) и их массу, общий урожай полезной био-

**Влияние предпосевного облучения семян редиса на выживаемость и урожайность растений (среднее из четырех повторностей)**

Доза облучения, крад	Число выживших растений, шт.	Число неплодоносящих растений, шт.	Урожай с делянки (1 м²)		Масса одного пучка, г
			масса, г	пучков (п), шт.	
Контроль	366	44	2745	32,2	85,2
			В процентах к контролю		
0,1	366	35	109,1	102,8	90,5
0,25	374	37	112,9	104,7	91,9
0,5	385	43	115,9	106,2	93,0
1	393	40	117,1	109,6	91,1
2	395	45	118,2	108,7	92,7
3	390	41	113,2	108,4	89,1
5	375	40	105,9	104,0	86,8
8	370	40	104,2	99,7	89,1
10	370	37	105,0	103,4	86,6
15	364	48	98,1	98,1	85,2
20	376	39	98,5	104,7	80,3
30	353	57	83,5	91,9	77,5
40	354	60	82,5	91,3	77,0
50	345	65	76,9	87,0	75,4
60	332	83	70,1	77,3	77,2
НСР <sub>05</sub>			7,50% (207,35 г)	8,55% (2,75 п)	

массы. а также число растений, не образовавших товарного корнеплода.

Математическая обработка результатов проводилась по программе однофакторного дисперсионного анализа на ЭВМ «Наири».

### Полученные результаты

Предпосевное облучение семян редиса существенно не сказалось на их всхожести и сроках появления всходов. Различия в росте и развитии проростков в зависимости от дозы облучения были отмечены только с фазы появления 2-го настоящего листа. В этот ранний период малые дозы — до 500 рад — стимулировали рост и развитие растений, а более высокие, в особенности 3000 рад и более, угнетали эти процессы. Максимальная стимуляция наблюдалась в случае самых низких доз — 100 и 250 рад. В дальнейшем, по мере роста и развития растений, максимум стимуляции сдвигался в сторону более высоких доз. Так, в фазу линьки и образования корнеплода максимальное превышение над контролем наблюдалось уже в вариантах 500, 1000 и даже 2000 рад. Ко времени первой выборочной уборки в этих вариантах, а также при дозе 250 рад, хотя и в несколько меньшей мере, отмечалось не только усиление роста надземной биомассы, но и ускорение образования корнеплода; облученные растения превосходили контроль по высоте на 15—20%, по числу листьев — на 1—2, по урожаю — на 8—28%. В вариантах 8 и 10 крад по внешнему виду растения не отличались от контрольных. Существенное и все большее угнетение вызывали дозы 20 крад и выше.

Представленные в таблице данные о суммарном урожае в конце опыта показывают, что предпосевное облучение семян в диапазоне доз 0,1—10 крад повышало общую выживаемость растений на 1—7%.

Например, из 400 возможных растений в контроле и в варианте 2 крада выжило соответственно 366 и 395. При дозах 15 и 20 крад не отмечалось четкого направленного влияния на выживаемость растений, а при дальнейшем увеличении доз все больше снижалась выживаемость (при 60 крадах — на 17%, в контроле — на 8,5%). Необходимо, однако, отметить, что полученные данные о выживаемости редиса в зависимости от дозы радиации несколько не соответствуют истинной ее величине в связи с прорывкой и «ремонтом», т. е. пересадкой всходов на свободные места (выпады).

Урожай редиса определялся не только общей выживаемостью, но в большей степени и процентом непродуктивных (не образующих товарных корнеплодов) растений. В том же диапазоне доз — 0,1—10 крад — наблюдалась общая тенденция к уменьшению числа таких растений (контроль — 44, опытные варианты — 43—35 непродуктивных растений на делянке). Дозы, превышающие 20 крад, вызывали устойчивое существенное увеличение числа непродуктивных растений: при дозах 30, 40, 50 и 60 крад это число достигало соответственно 57, 60, 65 и 83%. Таким образом, сравнительно малые дозы (0,1—10 крад), стимулирующие ростовые процессы, в целом благотворно влияли на выживаемость и повышали, хотя и незначительно, процент продуктивных растений. Максимальный положительный эффект по этим признакам находится в диапазоне доз 1—3 крада. Незначительное увеличение числа продуктивных растений (не более чем на 9%) при стимулирующих дозах говорит о том, что образование товарного корнеплода, по-видимому, является физиологическим признаком сорта и отдельного организма, слабо реагирующим на малые и средние дозы радиации. Отношение числа продуктивных растений к общему их числу на делянке оставалось фактически по-

стоянным даже при изменении (в известных пределах) нормы высева семян, т. е. площади питания и эдафического пространства в целом, что было установлено нами в специальном эксперименте. При высоких дозах (30—60 крад), угнетающих развитие, существенно снижается выживаемость и процент продуктивных растений.

Представленные в таблице данные об изменении урожая полезной биомассы в зависимости от дозы радиации убедительно говорят о высокой радиоустойчивости редиса. Даже максимальная из испытанных доз — 60 крад — обусловила снижение урожая всего на 30%. Увеличение урожая наблюдалось при использовании широкого диапазона доз — от 0,1 до 10 крад; максимальным (на 16—18%) оно было при дозах 500—2000 рад. Однако математическая обработка полученных данных показала, что в вариантах 5, 8 и 10 крад прибавка урожая не достоверна.

При стимулирующих дозах урожай отличался повышенными товарными качествами, полученные корнеплоды были более сочными и более крупными. Например, средняя масса пучка (10 растений) в варианте 2 крада равнялась 95 г против 85 г в контроле. Увеличение средней массы одного растения (полезной биомассы) вносило существенный вклад в общую прибавку урожая, обусловленную предпосевным облучением семян в сравнительно малых дозах.

## Обсуждение результатов

Полученные нами данные в целом хорошо согласуются с литературными. Однако по некоторым показателям наблюдались и различия. Так, в нашем эксперименте фактически отсутствовала стимуляция прорастания семян, роста и развития проростков. Это может быть объяснено наличием оптимальных условий для прохождения этих фаз в течение минимального времени. Максимальное ускорение развития растений и прибавка урожая были меньше, а диапазон стимулирующих доз шире, чем в исследованиях большинства экспериментаторов. Максимальная прибавка урожая (18,2%)

получена при дозе 2 крада, тогда как, по литературным данным [1, 2, 9], оптимальная стимулирующая доза — около 1 крада, а в исследованиях Е. И. Преображенской, изучавшей предпосевное облучение семян редиса (сорт Розовый с белым кончиком), повышение урожая на 17—28% наблюдалось при значительно более высоких дозах — 10—25 крад [12].

Детальный анализ полученных данных показал, что повышение урожайности редиса при предпосевном облучении семян в стимулирующих дозах (0,1—3 крада) обусловлено улучшением общей выживаемости растений, увеличением числа продуктивных растений и средней массы корнеплода. При этом определенное значение имело и ускорение развития, позволившее получать более раннюю продукцию.

Рассмотрение результатов фенологических наблюдений и биометрических оценок и сопоставление их с данными об урожае свидетельствуют о том, что для повышения урожайности дозы ионизирующего излучения должны быть выше, чем для стимуляции роста и развития растений на ранних фазах.

Высокий уровень культуры земледелия, оптимальные сравнительно стабильные и регулируемые условия выращивания растений (температура и влажность почвы и воздуха, концентрация минеральных питательных элементов в подкормках и др.) позволили нам получить более достоверные данные. Как и в исследованиях с другими культурами [8], в опытах с редисом отмечена высокая сходимость данных по повторностям и в опытных, и в контрольном вариантах. Например, максимальная разница по урожаю между повторностями в контроле не превышала 3,7%, а максимальное отклонение от среднего из 4 контролей — 2%; в варианте 2 крада, т. е. при оптимальной стимулирующей дозе, соответствующие различия равнялись 7 и 2,6%.

В целом результаты наших экспериментов говорят о хорошей отзывчивости редиса на предпосевное облучение семян и о возможности использовать этот прием для увеличения урожайности в условиях зимних теплиц.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авраменко Б. И. Действие гамма-радиации на растения семейства крестоцветных. В сб.: Вопросы генетики и селекции. Минск, «Наука и техника», 1964, с. 141—144. — 2. Березина Н. М., Шибря Г. И., Романчикова М. Л. Результаты предпосевного облучения редиса Рубин при парниковом посеве. «Радиобиология», 1961, т. 1, вып. 3, с. 461—462. — 3. Березина Н. М., Каушанский Д. А. Предпосевное облучение семян с.х. растений. М., Атомиздат, 1975. — 4. Бреславец Л. П. Результаты работ по воздействию рентгеновских лучей на семена сельскохозяйственных растений. «Электрификация сельского хозяйства», 1935, т. 2, с. 38—42. — 5. Бреславец Л. П. и др. Повышение урожайности редиса и моркови путем предпосев-

- ной обработки семян рентгеновскими и гамма-лучами. «Биофизика», 1960, т. 5, вып. 1, с. 81—85. — 6. Валева С. А. Данные о радиочувствительности сельскохозяйственных культур. «Биофизика», 1960, т. 5, вып. 2, с. 244—248. — 7. Герцуский Д. Ф., Алексеенко Л. В. Радиочувствительность некоторых растений как возможного звена экологической системы жизнеобеспечения. В сб.: Проблемы создания биолого-технических систем жизнеобеспечения человека. Новосибирск, «Наука», 1975, с. 45—51. — 8. Герцуский Д. Ф., Мухин В. П., Тер-Сааков А. А. Влияние предпосевного гамма-облучения семян на рост, развитие и урожайность томатов в условиях защищенного грунта. «Изв. ТСХА», 1977, вып. 4, с. 152—159. — 9. Гре-

бинский С. О., Донец А. К., Ермакова А. А. Результаты предпосевного облучения семян овощных культур в совхозах Львовского треста овощных и молочных совхозов. В сб.: Биологическое действие радиации. Изд-во Львов. гос. ун-та, 1965, в. 3, с. 75—78. — 10. Пельчих И. Облучение семян и урожай. «Картофель и овощи», 1967, № 3, с. 22. — 11. Преображенская Е. И. Радиоустойчивость семян растений. М., Атомиздат, 1971. — 12. Преображенская Е. И. О корреляции между стимулирующим действием ионизирующего излучения и общей радиочувствительностью. В кн.: Предпосевное облучение семян сельскохозяйственных культур. М., Изд-во АН СССР, 1963, с. 184—189. — 13. Прокофьев Н. С. Использование ядерных излучений в сельском хозяйстве. В кн.: Экономическая эффективность и использование радиоактивных излучений и изотопов в народном хозяйстве СССР. М., Атомиздат, 1974, с. 136—140. — 14. Ра-

чинский В. В. Курс основ атомной техники в сельском хозяйстве. М., Атомиздат, 1974. — 15. Розе К. К., Каваце Г. Э. Кратковременное предпосевное облучение семян и длительное облучение растений гамма-лучами. В кн.: Предпосевное облучение семян сельскохозяйственных культур. М., Изд-во АН СССР, 1963, с. 141—146. — 16. Савин В. Н. Влияние предпосевного облучения семян малыми дозами лучей кобальта на рост растений. В кн.: Предпосевное облучение семян сельскохозяйственных культур. М., Изд-во АН СССР, 1963, с. 190—193. — 17. Desai B. M., Gujar B. K. "Stimulation Newsletter", 1972, N 2, p. 27—31. — 18. Evler G. "Jahrb. J. Wissensch. Botanik.", 1906, Bd 5, N 56, S. 416—421. — 19. Koernicke M. "Ibid.", 1905, Bd 23, S. 324—333. — 20. Miège E., Coupé H. "C. R. Acad. Sci.", Paris, 1914, vol. 159, N 4, p. 338—340.

*Статья поступила 9 марта 1978 г.*

### SUMMARY

The data on the effect of gamma-irradiation of radish seed before sowing on the development and yielding capacity of plants are presented and discussed. The radiation doses of 0.1—10 krad stimulate the growth and development of plants and increase their yielding capacity. The maximum increase in yield (17.1—18.2%) has been obtained under the doses of 1—2 krad. With higher doses of irradiation (up to 30—60 krad) the suppression of growth and development became more intensive and the yielding capacity became lower and lower. The data obtained show that it is possible to use the practice of irradiating the seed before sowing to increase the yielding capacity of radishes in the sheltered ground.