

УДК 635.52+635.345]:631.531.027:631.544

## О ПРИМЕНЕНИИ ПРЕДПОСЕВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН В ОВОЩЕВОДСТВЕ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Д. Ф. ГЕРЦУСКИЙ, В. П. МУХИН, А. А. ТЕР-СААКОВ

(Кафедра прикладной атомной физики и радиохимии)

Предпосевное облучение семян (ПОС) как метод повышения урожайности сельскохозяйственных растений до сих пор не нашло достаточно широкого применения в производстве [10]. Вместе с тем в многолетних опытах установлено стимулирующее действие ионизирующих излучений [3, 13, 14] в определенных условиях получены настолько ощутимые прибавки урожая, что отдельные исследователи сочли возможным запатентовать предпосевное облучение как агротехнический прием [11, 15]. Медленное внедрение его связано с недостаточной стабильностью эффекта, что, в свою очередь, зависит от влияния так называемых модифицирующих факторов, в особенности агротехнических условий выращивания растений (температуры, света, влаги, питания и т. п.).

В современных теплицах условия выращивания растений сравнительно постоянны и поддаются регулированию, что должно повысить стабильность радиостимуляционного эффекта. Это послужило отправным моментом для постановки ряда экспериментов по изучению возможности и целесообразности использования ПОС в целях стимуляции роста и развития, а также повышения урожайности овощных растений в защищенном грунте.

В данной статье рассматриваются результаты опытов с зелеными культурами — капустой хибинской и салатом, проведенных в совхозе-комбинате «Московский» Московской области в условиях зимних теплиц голландского типа, для которых характерны промышленные методы технологии выращивания растений и производства овощей [6].

Капуста хибинская относится к радиоустойчивым, салат — к радиочувствительным растениям; летальные дозы гамма-излучения для них находятся соответственно в области 250—300 и 25—30 кР, а критические — 150—200 и 10—15 кР [1, 4, 5, 9]. Исследования по действию ионизирующего излучения на капусту хибинскую немногочисленны, а по стимулирующим дозам — фактически отсутствуют. Последнее объясняется сравнительно малой распространенностью этой культуры в нашей стране. Однако в последние годы благодаря ряду своих хозяйственно-ценных признаков она стала завоевывать прочное место в тепличном овощеводстве. Поэтому мероприятия, направленные на повышение урожайности капусты хибинской, в том числе и ПОС, имеют практическое значение. В наших ранних исследованиях, проводившихся в условиях гидропоники при искусственном освещении лампами накаливания, повышение урожайности на 11—40% по сравнению с контролем наблюдалось в диапазоне доз 250—25 000 рад с максимумом при 10 крад [5].

Показано, что дозы ионизирующей радиации [2, 3, 8, 12], стимулирующие рост и развитие салата, зависят от условий выращивания,

но редко превышают 1—3 кР; при этом прибавка урожая биомассы колеблется от 18 до 50% [5].

Имеющихся данных совершенно недостаточно для разработки приема ПОС капусты хибинской и салата. В литературе отсутствуют сведения о стимулирующих дозах для условий теплиц голландского типа, о радиоустойчивости и отзывчивости на облучение растений салата сорта Норан и пр.

### Методика исследования

Опыты были проведены в 1975 г. в общем конвейере производственных посевов с точным соблюдением принятой в хозяйстве технологии выращивания овощей. Содержание элементов питания в грунте в период вегетации, определявшееся в водной вытяжке 1 : 10, колебалось в следующих пределах: органическое вещество — от 32,4 до 34,2 мг, азот — от 12 до 27 (норма 28),  $P_2O_5$  — от 7,2 до 8,6 (норма 8),  $K_2O$  — от 31 до 48 (норма 55,6) и магний — от 16 до 32 (норма 16,7) мг на 100 г грунта [6]. Облучали семена за день до посева на гамма-установках ЭГО-2 и ЭГО-4 (Ин-т биофизики Министерства здравоохранения СССР) при мощностях доз соответственно 230 и 2400 рад/мин.

В опыте с капустой хибинской (28 января — 7 марта) семена репродукции совхоза «Бояркино», имеющие влажность 10%, облучали в диапазоне доз 100—3000 рад при 230 рад/мин и 5—60 крад при 2400 рад/мин. Посев ручной, рядковый; норма высева 1600 семян на делянку. Площадь делянки примерно 1 м<sup>2</sup> (80×130 см). Повторность 4-кратная. В течение опыта поддерживали следующий температурный режим: до появления всходов — 8—10°, в период формирования семядольных и первых двух настоящих листочков — 10—15°, в последующий период вегетации в пасмурную и солнечную погоду днем — соответственно 12—15 и 16—20° и ночью — 10°. Относительная влажность воздуха — 60—70%. Первую половину вегетации растения росли при искусственном досвечивании в течение 10 ч (с 8 до 18 ч). Убрали растения через 37 дней после посева семян отдельно по вариантам и вторностям. Математическая обработка данных об урожае проводилась по программе однофакторного дисперсионного анализа на ЭВМ «Наири». Существенность различий определялась на 5% уровне значимости.

В опыте с салатом (21 февраля — 5 мая) семена голландского сорта Норан облучали в диапазоне доз 100—500 рад при мощности дозы 230 рад/мин (диапазон стимулирующих доз был определен в предыдущих опытах). Облученные и контрольные семена высевали в посевные ящики, наполненные смесью для выращивания рассады [6]. В фазу семядольных листочков (6 марта) сеянцы распикировали в горшочки, изготовленные из той же смеси. В период появления 5-го настоящего листочка рассаду высадили на делянки (1,4 м<sup>2</sup>) по 28 шт в каждом варианте, расстояние между растениями 20×25 см. В течение вегетации растений в теплице поддерживали следующий температурный режим: днем в пасмурную и солнечную погоду соответственно 12—15 и 16—18° (до 20°), ночью — 10°. Уборку провели в фазу товарной спелости кочана.

В качестве основного критерия оценки радиационного эффекта в обоих опытах использовали урожай товарной биомассы. Критериями оценки служили также всхожесть семян, темпы роста и развития сеянцев, рассады, растений и пр.

### Результаты

ПОС капусты хибинской и салата существенно не сказалось на их всхожести и сроках появления всходов. Различия по вариантам в зависимости от дозы облучения начали проявляться с фазы первых настоя-

ших листочков: сравнительно низкие дозы стимулировали, а более высокие угнетали рост и развитие растений.

У капусты хибинской в вариантах 0,5; 1; 2 и 3 крад второй настоящий листочек появился на 1—2 дня раньше, чем в контроле, а семядольные листья в 1,4—1,5 раза превосходили контрольные по размерам. В варианте 100 рад растения не отличались от контрольных. Начиная с 8 крад гамма-облучение задерживало рост и развитие растений тем сильнее, чем больше была доза. В месячном возрасте растений наибольшее ускорение развития отмечалось в варианте 2 крад, где растения были на 17—20% выше контрольных, имели на 1—2 листа больше; пластинки листьев были больше на 15—20%, листья сочнее и т. д. Несколько меньше был стимуляционный эффект при дозах 0,5; 1; 3 и 5 крад. Незначительная, но устойчивая стимуляция имела место и в вариантах 100 и 250 рад, а также 8 и 10 крад. И только при дозе 15 крад и выше гамма-облучение несколько угнетало процессы роста и развития растений. При самых высоких дозах (40, 50 и 60 крад) они имели на 1—2 листа меньше, чем в контроле. Причем образовавшиеся листья были недоразвитыми, уродливыми, жесткими, хлорозными. Полученные в процессе вегетации сведения были затем дополнены и подтверждены результатами учета урожая биомассы (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Изменение урожайности капусты хибинской с делянки (1 м<sup>2</sup>) при ПОС (% к контролю)

Доза облучения, крад	Средний урожай из 4 повторностей	Доза облучения, крад	Средний урожай из 4 повторностей
Контроль	100 (3201 г)	Контроль	100 (3201 г)
0,1	107,3	10	106,8
0,25	107,6	15	101,6
0,5	114,4	20	99,1
1	120,0	30	85,4
2	120,1	40	83,1
3	118,6	50	75,2
5	114,4	60	67,0
8	108,5	НСР <sub>05</sub>	8,49 (276,88 г)

Представленные в табл. 1 данные свидетельствуют о высокой радиоустойчивости капусты хибинской. Дозы облучения до 10 крад повышали урожай биомассы на 7—20% по сравнению с контролем. Максимальная прибавка — 19—20% получена в диапазоне доз 1—3 крад. Несколько меньшей (около 14%) она была при дозах 500 и 5000 рад и совсем несущественной при 100 и 250 рад, а также при 8 и 10 крад (на 7—8%). В вариантах 15 и 20 крад растения по урожаю не отличались от контрольных. И только при более высоких дозах — 30, 40, 50 и 60 крад — урожай биомассы существенно снизился соответственно на 15, 17, 25 и 32%.

Фенологические наблюдения и биометрические оценки 11-суточных проростков показали, что предпосевное облучение семян салата в дозах 100, 250 и 500 рад ускоряет рост и развитие сеянцев. Максимальная стимуляция отмечалась в варианте 100 рад, где площадь семядольных листочков и первого настоящего листа была больше, чем в контроле, соответственно на 25 и 50%. Существенное ускорение роста и развития отмечено и в вариантах 250 и 500 рад. При более высоких дозах — 1 и 2 крад развитие растений проходило быстрее, но по росту они не отличались от контроля. Наконец, дозы 3 и 5 крад угнетали и рост и развитие сеянцев салата. Второй настоящий листочек в вариантах 100, 250 и 500 рад появился на 2 и 3 дня раньше, чем соответственно в контроле и при дозе 5000 рад. По мере роста и развития рассады

и растений максимальный стимуляционный эффект постепенно сдвигался в сторону более высоких доз облучения.

Перед началом формирования кочана, когда в контроле растения имели 9—11 листьев, в вариантах со стимулирующими (100—500 рад) и угнетающей (5000 рад) дозами они образовали соответственно 12—13 и 8—10 листьев. При учете урожая подтвердились результаты полевой оценки радиационных эффектов (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Изменение урожайности салата (в среднем на 1 растение) в результате ПОС

Доза облучения, рад	1-я повторность		2-я повторность		Среднее из 2 повторностей	
	г	% к контролю	г	% к контролю	г	% к контролю
Контроль	231,3	100,0	240,4	100,0	235,9	100,0
100	258,9	111,9	288,1	119,8	273,5	115,9
250	270,9	117,1	289,6	120,5	280,3	118,8
500	256,3	110,8	285,0	118,6	270,7	114,9
1000	271,9	117,6	285,0	118,6	276,5	118,1
2000	262,1	113,4	279,6	116,3	270,9	114,8
3000	245,4	106,1	241,7	100,5	243,6	103,3
5000	231,5	100,1	231,6	96,3	231,6	98,2

Представленные в табл. 2 данные показывают, что в диапазоне доз 100—2000 рад урожай кочанов салата повышался на 15—19%. Доза 3 крада не оказала существенного влияния на урожай. Незначительное снижение продуктивности отмечено только при дозе 5 крад.

### Обсуждение результатов

Полученные результаты в целом согласуются с немногочисленными литературными данными. ПОС в определенных дозах стимулирует рост и развитие растений и повышает их продуктивность. Вместе с тем необходимо отметить, что в наших экспериментах не наблюдалось стимулирующего действия ионизирующего излучения на развитие растений в ранние фазы (хотя наличие этого эффекта отмечали многие исследователи). Это может быть объяснено не только высокими качествами посевного материала, но и оптимальными условиями в период прохождения этих фаз, когда независимо от облучения семена прорастают и дают всходы в течение минимального времени.

Прибавка урожая под влиянием ПОС в наших опытах не превышала 20%, в то время как в некоторых работах получены значительно более высокие результаты [3, 5, 8, 12]. Это, возможно, объясняется особенностями семян и сортов, но еще больше оптимальными условиями и более современной технологией выращивания растений. Сравнение литературных данных с результатами наших экспериментов показывает, что стимуляционный эффект может быть существенно увеличен при оптимизации модифицирующих факторов. Об этом говорят, в частности, исследования с капустой хибинской, выполненные в условиях гидропоники, когда прибавка урожая биомассы за счет радиостимуляции достигала 40% [5].

Сортовыми особенностями и условиями выращивания растений объясняются, видимо, также широкий диапазон и величины оптимальных стимулирующих доз. В экспериментах с капустой хибинской и салатом сорта Норан достоверная прибавка урожая (соответственно 15—20% и 15—19%) получена при диапазоне доз соответственно (0,5—5 крад (с максимумом при дозах 1—3 крада) и 0,1—2 крада (с макси-

мумом при дозах 0,25—1 крад). Оптимальные стимулирующие дозы гамма-излучения при выращивании растений в голландских теплицах существенно выше, чем в открытом грунте, но значительно ниже, чем в условиях гидропоники. Вместе с тем необходимо отметить сравнительно высокую радиоустойчивость салата сорта Норан.

Максимальная стимуляция роста сеянцев и рассады отмечалась при менее высоких дозах, чем те, которые необходимы для повышения выхода товарной продукции. Аналогичная картина наблюдалась и при работе с другими культурами [3].

В целом исследования, выполненные в теплицах совхоза-комбината «Московский», в том числе с капустой хибинской и кочанным салатом сорта Норан, позволяют надеяться, что при соответствующей разработке метода ПОС он может стать одним из мощных факторов повышения продуктивности овощных растений в условиях защищенного грунта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авраменко Б. И. Действие гамма-радиации на растения семейства крестоцветных. В кн.: Вопросы генетики и селекции. Минск, «Наука и техника», 1964, с. 141—144. — 2. Березина Н. М., Абдуллаев М. А. Влияние предпосевного гамма-облучения семян салата, укропа и редиса на качество урожая. «Вестник с.-х. науки АзССР», 1969, № 6, с. 18—22. — 3. Березина Н. М., Каушанский Д. А. Предпосевное облучение семян с.-х. растений. М., Атомиздат, 1975. — 4. Валева С. А. Данные о радиочувствительности сельскохозяйственных культур. «Биофизика», 1960, т. 5, вып. 2, с. 244—248. — 5. Герцуский Д. Ф., Алексеенко Л. В. Радиочувствительность некоторых растений как возможного звена экологической системы жизнеобеспечения. В сб.: Проблемы создания биолого-технических систем жизнеобеспечения человека. «Наука», Сиб. от-ние АН СССР, 1975, с. 45—51. — 6. 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. — 7. Гребинский С. О. Проблема радиостимуляции

роста растений. Тез. докл. на республик. науч. конференции «Механизмы биолог. действия ионизирующих излучений». Изд-во Львовск. гос. ун-та, 1965, с. 50. — 8. Гребинский С. О., Донец А. К., Ермакова А. А. Результаты предпосевного облучения семян овощных культур в совхозах Львовского треста овощных и молочных совхозов. В сб.: Биолог. действие радиации. Изд-во Львовск. гос. ун-та, 1965, вып. 3, с. 75—78. — 9. Преображенская Е. И. Радиоустойчивость семян растений. М., Атомиздат, 1971. — 10. Рачинский В. В. Курс основ атомной техники в сельском хозяйстве. М., Атомиздат, 1974. — 11. Mc Coy J. M. Patent 1835888, Vincennes, Ind. (Dec. 8, 1931). (Цитировано по: Edelman A. AAAS Symposium on Radiobiology—Nucleonics, 1951, vol. 8, N 4, p. 28—36). — 12. Sax K. "Amer. J. Bot.", 1955, vol. 42, N 4, p. 360—364. — 13. Schwarz E. "Munchener med. wochenschr.", 1913, N 39, S. 2165—2169. — 14. Shober A. "Berl. deut. Bot. ges.", 1896, Bd 14, S. 108—110. — 15. Shull C. A., Mitchell J. W., 1932 (Цитировано по: Sax K.), "Amer. J. Bot.", 1955, vol. 42, N 4, p. 360—364.

*Статья поступила 31 марта 1977 г.*

## SUMMARY

The trials were conducted in 1975 in winter greenhouses of the Dutch type on the state farm complex "Moskovsky" in Moscow region.

The rate of pre-sowing gamma-irradiation of Chinese cabbage seed and Noran variety of lettuce in the range of 0.5—5 and 0.1—2 krad respectively under conditions of greenhouse cultivation provided secure increase of the biomass yield by 15—20 and 15—19%, the maximum being obtained with the rate of 1—3 and 0.25—1 krad. The processes of growth and development were suppressed if the rate was higher than 20 and 5 k rad respectively.