

УДК 633.11.01:537.531

РЕАКЦИЯ РАЗНОКАЧЕСТВЕННЫХ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ НА РАЗНЫЕ ДОЗЫ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ

В. П. МУХИН, В. Н. МОШАРОВ

(Кафедра прикладной атомной физики и радиохимии)

Действие радиации на различные биологические объекты определяется множеством факторов [3, 4, 7, 8, 20, 22]. Многие из них в той или иной степени изучены, по ряду других сведения очень ограничены или вообще отсутствуют. Это, естественно, сдерживает широкое применение ионизирующей радиации, в частности, в сельскохозяйственной практике. Большим недостатком работ, в которых изучалось действие радиационного облучения, является то, что они выполнялись в основном в рамках однофакторных экспериментов. А вместе с тем наиболее емкую и надежную информацию могут дать только многофакторные опыты.

В настоящей статье приведены результаты изучения действия гамма-радиации на разнокачественные семена пшеницы при разных дозах облучения и разных мощностях доз.

Воздействие доз гамма-радиации на пшеницу изучалось многими исследователями. Была установлена зависимость «доза — эффект» для многих сортов этой культуры, относящихся к различным разновидностям и видам [20]. Вычислены значения LD_{50} и LD_{70} , используемые в селекционно-генетических работах. За последние десятилетия в связи с внедрением в практику метода предпосевного облучения семян довольно широко апробированы низкие дозы гамма-радиации, оказывающие положительное действие на хозяйственно полезные признаки растений [3, 8].

Что касается мощности дозы, то роль этого фактора выяснена еще недостаточно. Даже на одних и тех же объектах, например на семенах ячменя, получены неоднозначные результаты [19, 27]. Хотя данные о действии мощности дозы довольно противоречивы, следует считать, что радиобиологический эффект находится в прямой зависимости от интенсивности облучения [5, 11, 26] и модифицируется целым рядом факторов [2, 11, 28]. Прогнозировать влияние разных мощностей в том или ином диапазоне доз — задача трудная, поскольку в биологическом эксперименте приходится сталкиваться с большим числом неконтролируемых факторов. На их фоне значимость мощности дозы в формировании общего радиационного эффекта может в значительной степени меняться. Поэтому о влиянии мощности дозы можно говорить, лишь строго конкретизируя обстановку и соотнося выводы с реальными условиями эксперимента.

Третий фактор, который изучался нами, — разнокачественность семян, пожалуй, наиболее слабо исследован как в общерадиобиологическом, так и в прикладном плане. Об этом свидетельствует хотя бы тот факт, что даже в методических указаниях по предпосевному облучению семян [3], где в концентрированном виде представлены и обобщены

Схема опыта и общие усредненные данные о надземной массе
30-дневных растений пшеницы (г)

Мощность дозы, Гр/мин (фактор В)	Доза, Гр (фактор С)	Масса 1000 семян, г (фактор А)				
		44,8	64,2	54,6	33,9	24,8
0	0	6,3	7,9	7,3	5,1	5,1
	1,16	5,8	6,8	5,9	5,7	4,4
1,16	60	6,0	7,4	6,7	5,1	4,2
	80	5,5	6,9	6,2	4,6	3,8
	100	4,5	6,4	6,1	4,6	3,2
	120	4,1	4,3	5,2	3,6	2,3
	150	2,3	2,7	3,1	2,1	0,1
	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	16,32	40	6,5	7,3	6,8	5,5
16,32	60	5,6	7,4	7,2	5,5	4,5
	80	6,0	7,3	6,6	5,4	4,6
16,32	100	5,4	7,9	6,6	5,2	4,5
	120	5,1	5,9	6,3	4,8	4,1
	150	4,6	6,1	6,4	4,0	3,5
	200	2,7	1,6	3,5	1,1	1,6
	116,40	40	6,9	7,5	7,1	5,6
116,40	60	5,9	7,1	6,8	5,2	4,0
	80	5,7	7,0	6,5	4,9	4,4
116,40	100	4,9	6,6	6,5	5,3	4,2
	120	5,3	6,6	6,6	4,6	3,2
	150	3,6	4,1	4,7	3,1	1,1
	200	1,5	1,4	1,9	0,5	0,4

НСР₀₅ для частных средних 0,71 г.

результаты многих исследований о возможной роли этого фактора в формировании общего радиобиологического эффекта, вообще ничего не говорится. Не обсуждается данный вопрос и в крупных специальных работах, посвященных предпосевному облучению семян [8]. Однако даже немногочисленные проведенные исследования и наблюдаемые отдельные факты заставляют обратить самое пристальное внимание на связь радиочувствительности семян с их разнокачественностью [4, 14, 15, 17, 18, 23].

В настоящей работе разнокачественность семян определялась по признаку массы 1000 зерен. В дальнейшем, видимо, целесообразно провести специальное исследование, в котором фракции семян формировались бы по другим признакам. Особый интерес должны представлять те признаки, по которым производится фракционирование в производственных условиях на промышленных установках — пневмостолах, пневмоколонках, триерах, решетных классификаторах, электростатических сепараторах и др. Это позволило бы получить сведения, имеющие значение не только для радиобиологии, но и для производства, расширить возможности управления процессами, обусловленными действием радиации на биологические объекты, в частности на семена.

Методика

В опыте использовали семена яровой пшеницы Московской 35, репродукированные в Институте сельского хозяйства центральных районов Нечерноземной зоны. Исходная партия семян с массой 1000 зерен 44,8 г (контроль) была последовательно разделена на установке РКС-1 во Всесоюзном институте механизации сельского хозяйства на фракции по толщине и ширине на решетках с продолговатыми и круглыми отверстиями. Семена этих фракций различались по форме, размерам и соответственно по массе 1000 зерен. В опыте использовались лишь четыре фракции: две крупносемянные — масса 1000 зерен 64,2 и 54,6 г — и две мелкосемянные — 33,9 и 24,8 г. Воздушно-сухие семена пшеницы облучали в Институте биофизики Минздрава СССР на установках

Дисперсионный анализ данных о действии гамма-облучения
на разнокачественные семена пшеницы при разных мощностях доз

Дисперсия	Сумма квад- ратов	Степени сво- боды	Средний квадрат (дис- персия)	F _{факт}	F ₀₅	F ₀₁	Доля в об- щей диспер- сии, %
Общая	1375,05	314	—	—	—	—	100
Суммарная по ва- риантам	1335,76	104	12,84	68,65	1,3	1,5	87,1
Массы 1000 зерен (фактор А)	258,18	4	64,54	345,01	2,42	3,41	18,8
Мощности доз (фактор В)	78,12	2	39,06	208,80	3,01	4,71	5,7
Доз (фактор С)	893,56	6	148,93	796,07	2,14	2,89	65,0
АВ	3,02	8	0,40	2,14	1,98	2,60	0,23
АС	37,98	24	1,58	8,45	1,60	1,95	2,7
ВС	49,08	12	4,09	21,86	1,80	2,27	3,7
АВС	15,63	48	0,32	1,74	1,4	1,6	1,1
Остаточная (ошибки)	39,28	210	0,19	—	—	—	2,9

«ЭГО-2», «ЭГО-4» и «Стерилизатор». Мощности доз соответственно составили 1,16; 16,32 и 116,40 Гр/мин. Дозы облучения: 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 150 и 200 Гр. Поскольку при мощности дозы 116,40 Гр/мин достоверно зафиксировать воздействие доз до 40 Гр оказалось практически невозможным, для сохранения полной факториальной схемы число доз было сокращено до 7—с 40 Гр и выше¹. Таким образом, в опыте было 5 градаций по массе 1000 зерен (фактор А), 3— по мощностям доз (фактор В) и 7— по дозам (фактор С); всего 105 опытных вариантов и 5 контрольных для каждой фракции при нулевых значениях факторов В и С. Схема опыта дана в табл. 1.

Воздушно-сухие семена высевали через сутки после облучения в пластмассовые стаканчики, вмещающие 400 г почвы. В опытах использовалась дерново-среднеподзолистая тяжелосуглинистая почва средней степени окультуренности. В каждый стаканчик высевали по 20 семян, полива из расчета 60 % полной полевой влагоемкости. О реакции растений на облучение судили по массе их сырой надземной части. Уборку и учет проводили через 30 дней после посева. Повторность опытов 3-кратная. Статистическую обработку результатов осуществляли на ЭВМ по общепринятой программе трехфакторного дисперсионного анализа [6, 10]. Конкретные алгоритмы для вычислений были взяты из работы В. А. Ушкаренко [25].

Результаты и их обсуждение

Прежде чем перейти к детальному анализу полученных результатов (табл. 1), целесообразно определить существенность влияния основных исследовавшихся факторов. Как видно из табл. 2, наиболее сильное влияние на варьирование массы растений в данном эксперименте оказала доза (65,0 %), затем — разнокачественность семян (18,8 %), доля мощности дозы была весьма незначительной (5,7 %), хотя вклад этого фактора в общую дисперсию статистически достоверен при оценке по критерию Фишера даже на 1 % уровне значимости. Суммарный вклад взаимодействия факторов (АВ, АС и ВС) в общее варьирование 6,7 %, а факторов случайного порядка (остаточное варьирование) — 2,9 %. Таким образом, на долю факторов А и С приходится 83,8 % общей изменчивости результативного признака.

¹ Данные по малым дозам будут приведены в последующих работах, посвященных действию доз стимулирующего диапазона.

Масса надземной части растений (г) в зависимости от массы 1000 зерен
и мощности дозы

Масса 1000 зерен, г (фактор А)	Мощность дозы, Гр/мин (фактор В)			Средние по фактору А
	1,16	16,32	116,40	
44,8 (исходная партия)	4,04	5,14	4,83	4,67
64,2	4,94	6,21	5,77	5,64
54,6	4,74	6,19	5,72	5,55
33,9	3,65	4,49	4,16	4,10
24,8	2,55	3,93	3,22	3,23
Средние по фактору В	3,98	5,19	4,74	4,64
НСР _{0,5} по А — 0,15; по В — 0,12; по АВ — 0,21				

Для более детальной оценки действия факторов и их взаимодействия рассмотрим их результирующие усредненные значения.

В табл. 3 приведены данные по действию факторов А, В и их взаимодействию, из которых следует, что варианты с различными фракциями семян существенно различались по изучаемому признаку, исключением были варианты с массой 1000 зерен 64,2 и 54,6 г. Причем между крайними фракциями различия достигали 200 %. По действию мощности доз наблюдались довольно неоднозначные тенденции. Наиболее сильное угнетающее действие отмечено при интенсивности облучения 1,16 Гр/мин, т.е. при самой низкой мощности, наименьшее — при среднем значении — 16,32 Гр/мин. Самая высокая мощность дозы 116,40 Гр/мин занимала промежуточное положение.

Таким образом, в данном эксперименте совершенно четко проявилась зависимость радиобиологического эффекта от интенсивности облучения, которая носит не линейный, а скорее параболический характер. К сожалению, ограниченное число изучаемых градаций мощностей не позволяет сделать сколько-нибудь широких обобщений.

В табл. 4 представлены усредненные результаты по факторам В, С и ВС. Устойчивые достоверные различия между действием мощностей 1,16 и 16,32 Гр/мин начинают проявляться с 80 Гр, а в интервале 16,32 и 116,40 Гр/мин — со 100 Гр. Отсюда следует, что в диапазоне стимулирующих доз, видимо, различия в мощности дозы в пределах трех порядков не обуславливают различий в радиобиологических эффектах.

Во многих биологических опытах при взаимодействии факторов наблюдается их или синергизм, или антагонизм. Правильно определить вклад взаимодействия в результирующий показатель, да еще направленность этого вклада, т.е. знак, дело весьма непростое. В одной из своих работ [16] мы предложили свою методику расчетов применительно к двухфакторному опыту. В сочетании с методом дисперсионного анализа она, как нам представляется, существенно расширяет информативную ценность статистической обработки результатов, не умаляя и достоинств метода дисперсионного анализа.

Существующая методика, которой придерживаемся пока и мы в настоящей работе, не дает, как нам кажется, возможности правильно

Т а б л и ц а 4

Масса надземной части растений (г) в зависимости от дозы и мощности дозы

Мощность дозы, Гр/мин (фактор В)	Доза, Гр (фактор С)							Средние по фактору В
	40	60	80	100	120	150	200	
1,16	5,72	5,88	5,40	4,95	3,91	2,04	0,0	3,99
16,32	6,20	6,03	5,96	5,95	5,22	4,91	2,08	5,19
116,40	6,50	5,80	5,67	5,50	5,26	3,33	1,12	4,74
Средние по фактору С	6,14	5,90	5,68	5,46	4,79	3,43	1,07	4,64
НСР _{0,5} по В — 0,122; по С — 0,27; по ВС — 0,32								

Масса надземной части растений (г) в зависимости от массы 1000 зерен и дозы облучения

Масса 1000 зерен (фактор А)	Доза. Гр (фактор С)							Средние по фактору А
	40	60	80	100	120	150	200	
44,8	6,45	5,87	5,73	4,93	4,82	3,52	1,38	4,67
64,2	7,22	7,30	7,04	7,01	5,59	4,31	1,00	5,64
54,6	6,62	6,87	6,42	6,41	6,04	7,70	1,79	5,55
33,9	5,55	5,26	4,96	5,03	4,32	3,07	0,51	4,1
24,8	4,84	4,22	4,23	3,93	3,20	1,55	0,66	3,23
Средние по фактору С	6,14	5,90	5,68	5,46	4,79	3,43	1,07	4,64
НСР ₀₅ по А — 0,15; по С — 0,13; по АС — 0,27								

вычленить и количественно определить взаимодействие. Значения НСР, приводимые в таблицах для взаимодействия АВ, ВС и т. д., это в конце концов не что иное, как данные для сравнения частных средних этой таблицы по конкретному сочетанию градаций, а не для сравнения истинных различий в размерах взаимодействия.

В табл. 5 приведены усредненные результаты действия и взаимодействия факторов А и С. В пределах рассматриваемой градации доз облучения наблюдалась классическая зависимость «доза — эффект», т. е. с увеличением дозы нарастало ее ингибирующее действие. Если учет проводить по отношению к общему контролю, то в вариантах с крупными семенами данный эффект значительно меньше, чем в вариантах с мелкими семенами (табл. 6), что отмечалось при всех дозах облучения и мощностях доз. Однако, как уже говорилось ранее [15, 17, 18], истинное представление об устойчивости или чувствительности разных фракций семян к тому или иному фактору можно составить, если вычисления проводить не только к общему, но и к собственному контролю (вариант той же фракции без обработки). Вычисления, проведенные по отношению к собственному контролю, дают иную картину. Сравним крайние фракции — 64,2 и 24,8 г. Если при отношении к общему контролю достоверные различия наблюдались по всем дозам, то при отношении к собственному контролю в случае мощности 1,16 Гр/мин они отмечались лишь начиная с дозы 100 Гр, а в случае мощности 16,32 Гр/мин ни при одной дозе не было существенной разницы. Однако при мощности 116,40 Гр/мин и дозах 120 и 150 Гр установлена достоверно большая радиустойчивость крупносемянных фракций. Таким образом, зависимость радиочувствительности от массы 1000 зерен может быть неоднозначной и зависеть от конкретного сочетания факторов в каждом отдельном случае. Для того, чтобы дать оценку радиочувствительности фракций в целом, целесообразно вычислить суммарные показатели по фактору А как к общему, так и к собственному контролю. При вычислениях к общему контролю отчетливо видна тенденция к снижению радиустойчивости с уменьшением массы 1000 зерен, при вычислениях к общему контролю картина меняется. В последнем случае наиболее радиустойчивой оказалась фракция с массой 1000 зерен 33,9 г. Однако и при вычислениях к собственному контролю самая мелкосемянная фракция сохранила положение аутсайдера по радиустойчивости.

В исследованиях [15, 17, 18] показано, что крупносемянные фракции более устойчивы к действию радиации и гербицидов, но вместе с тем отмечены и некоторые отклонения от этой закономерности. Например, у яровой пшеницы сорта Краснозерная самой радиустойчивой фракцией по тесту урожай зерна с единицы площади оказалась фракция с массой 1000 зерен 34,0 г, занимающая промежуточное положение между двумя крупносемянными и двумя мелкосемянными фракциями [15]. То же самое наблюдалось при определении чувствительности растений, выращенных из семян различных фракций, к атразину [17, 18]. Однако и здесь наибольшей устойчивостью обладали растения не из

Радиоустойчивость семян, разделенных на фракции по массе 1000 зерен
(% к контролю: общему — в числителе, собственному — в знаменателе)

Мощность дозы Гр/мин (фактор В)	Доза, Гр (фактор С)	Масса 1000 зерен, г (фактор А)				
		44,8	64,2	54,6	33,9	24,8
0	0	100	125,4	115,9	80,9	80,9
		100	100	100	100	100
1,16	40	92,0	107,9	93,7	90,5	69,8
		92,0	86,0	80,8	111,8	86,2
	60	95,5	117,5	106,3	80,9	66,7
		95,2	93,6	91,8	100,0	82,4
	80	87,3	109,5	98,4	73,0	60,3
		87,3	87,3	84,9	90,2	74,5
	100	71,4	101,6	96,8	73,0	50,8
		71,4	81,0	83,6	90,2	62,7
	120	65,0	68,2	82,5	57,1	36,5
		65,0	54,4	71,2	70,6	45,1
	150	36,5	42,8	49,2	33,3	1,6
		36,5	34,1	42,5	41,1	2,0
	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16,32	40	103,1	115,9	107,9	87,3	76,2
		103,1	92,4	93,2	107,8	94,1
	60	88,8	117,5	114,3	87,3	71,4
		88,8	93,7	98,6	107,8	88,2
	80	95,2	115,9	104,8	85,7	73,0
		95,2	92,4	90,4	105,8	90,2
	100	85,7	125,4	104,8	82,5	71,4
		85,7	100	90,4	101,9	88,2
	120	80,9	93,7	100,0	76,2	65,1
		80,9	74,7	86,3	94,1	80,4
	150	73,0	96,8	101,6	63,5	55,6
		73,0	77,2	87,7	78,4	68,6
	200	42,8	25,4	55,6	17,5	25,4
		42,8	20,2	47,9	21,6	31,4
116,40	40	109,5	119,0	112,7	88,9	84,1
		109,5	94,9	97,3	109,8	103,9
	60	93,6	112,7	107,9	82,5	63,5
		93,6	89,9	93,2	101,9	78,4
	80	90,4	111,1	103,2	77,6	69,8
		90,4	88,6	89,0	96,1	86,3
	100	77,7	104,6	103,2	84,1	66,7
		77,7	83,5	89,0	103,9	82,4
	120	84,1	104,6	104,8	73,0	50,8
		84,1	83,5	90,4	90,2	62,7
	150	57,1	65,0	74,6	49,2	17,5
		57,1	51,9	64,4	60,8	21,6
	200	23,8	22,2	30,2	7,9	6,3
		23,8	17,7	26,0	9,8	7,8
Суммы		1653,4	2002,7	1968,4	1452,1	1163,4
		1653,4	1596,9	1519,0	1793,7	1437,1
Средние		75,2	91,0	89,4	66,0	52,9
		75,2	72,6	69,0	81,5	65,3

НСР_{0,5} по А — 3,3; для частных средних — 15,3

самых крупных семян, хотя в целом по опыту наблюдалась отчетливая тенденция повышения устойчивости растений с увеличением массы 1000 зерен. Чтобы ответить на вопрос, несколько закономерны отмечаемые явления, необходимо использовать в экспериментах больший набор сортов и фракций семян с разделением на максимальное число групп по отдельным признакам или по их комплексу. Подобных работ пока крайне мало. Однако в имеющихся исследованиях [23] установлена та же закономерность, т.е. крупносемянные фракции пшеницы (масса 1000 зерен 50,4 г) были в 2,7 раза более радиоустойчивы, чем мелкосемянные (27,2 г). Правда, в этой работе нет указаний, в отношении к какому контролю проводились вычисления, а это, как показано было выше, весьма важно. В других опытах с пшеницей [4] также отмечалась более высокая радиоустойчивость крупносемянных фракций. Этот факт авторы объясняют низким содержанием в данных фракциях индуцированных облучением хинонов, меньшим соотношением массы зародыша к эндосперму, повышенным содержанием белка. В одной из наших работ [18] определялось содержание белка у семян, относящихся к разным фракциям по массе 1000 зерен. Четкой зависимости содержания белка от массы 1000 зерен обнаружено не было. Но анализ смешанных проб трех крайних крупносемянных и трех крайних мелкосемянных фракций показал, что у первых содержание белка было на 1 % выше, чем у последних, при средней разнице массы 1000 зерен 50 %. Объяснить на основании имеющихся довольно скудных сведений большую радиоустойчивость одних фракций по сравнению с другими пока не представляется возможным.

Казалось бы, мелкосемянные фракции должны быть намного более радиоустойчивыми. Из сводки данных о радиоустойчивости семян растений [20] следует, что существует тенденция к большей радиоустойчивости у видов с мелкими семенами. Однако проводить аналогии между семенами растений, относящихся к разным таксономическим группам, вряд ли правильно. Такие семена отличаются друг от друга еще по целому ряду признаков и свойств. На их фоне вычленивать роль фактора крупности практически невозможно.

Модель с разделением семян по геометрическим размерам внутри сорта позволяет решить эту задачу наилучшим образом в условиях, когда соблюдается важнейший принцип опытного дела: принцип единственного различия. Логически рассуждая, следует признать, что мелкие семена должны быть намного более радиоустойчивыми по сравнению с крупными. Во-первых, у крупных семян больше общие геометрические размеры и масса, следовательно, доза, приходящаяся на такое семя, будет значительно больше. Во-вторых, крупные семена обладают большей плотностью [12], поэтому при одинаковой экспозиционной дозе поглощенная доза на единицу массы у них будет больше, что следует из закона взаимодействия радиации с веществом [21]. В-третьих, у крупных семян зародыш крупнее, чем у мелких [9], а поскольку зародыш является самой радиочувствительной частью семени, то его состоянием в значительной степени будет определяться общая реакция на облучение. Как показали исследования М. В. Архипова и В. Н. Савина [1], потенциальная продуктивность семян определяется составом клеточной популяции в меристеме, которая, в свою очередь, зависит от местоположения семян в колосе. Этим авторы объясняют тот факт, что крупные семена не всегда более продуктивны, чем мелкие. Возможно, между потенциальной продуктивностью семян, их местоположением в колосе и радиоустойчивостью существует определенная связь. Проверке этого предположения и будут посвящены наши дальнейшие исследования по схеме, включающей максимально возможное число физиологических, биохимических и морфологических тестов [13].

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что на гетерогенных семенах, видимо, практически нельзя из года в год при одной и той же дозе получать устойчивый радиобиологический эффект.

Известно, что соотношение фракций семян в общей партии в разные годы может резко меняться в зависимости от комплекса метеорологических и агротехнических условий [24]. Наши эксперименты показали, что реакция на облучение в диапазоне стимулирующих доз у разных фракций семян может сильно различаться. Конечный эффект (урожай зерна) для гетерогенной партии семян складывается из суммы реакций отдельных групп семян. Поэтому для более уверенного управления радиационными эффектами нужно искать способы гомогенизации образцов. Приведенные в статье данные можно применить не только при разработке режимов предпосевого облучения семян с целью стимуляции, но и в селекционной работе для получения радиомутантов. В последнем случае, вероятно, целесообразно будет использовать наиболее радиоустойчивые фракции семян, что позволит увеличить общую дозу облучения без снижения выживаемости.

В работах этого плана следует также очень внимательно относиться к подбору мощностей доз, так как значения ЛД₅₀ и ЛД₇₀, которые обычно используются экспериментаторами, как показало данное исследование, могут довольно существенно изменяться в зависимости от значения этого параметра. Видимо, целесообразно использовать ту мощность, которая оказывает наименьшее ингибирующее действие. Тогда при той же выживаемости растений можно значительно увеличить дозу облучения, что приведет, очевидно, к большему выходу мутаций [17].

Выводы

1. Радиоустойчивость фракций семян пшеницы, имеющих разную массу 1000 зерен, неодинакова. При экстремальных дозах эти различия могут достигать 300—400 %.

2. Четкой абсолютной зависимости между крупностью семян и их радиоустойчивостью не выявлено, хотя наблюдалась тенденция к некоторому повышению радиоустойчивости у крупносемянных фракций.

3. Характер реакции на облучение у семян, различающихся по массе 1000 зерен, неоднозначен при разных мощностях доз. Наиболее сильное ингибирующее действие гамма-радиации наблюдалось при мощности дозы 1,16 Гр-мин, наименьшее — при 16,32 Гр/мин. Зависимость реакции растений на облучение семян от мощности дозы в данном эксперименте носила не линейный, а скорее параболический характер.

4. Наиболее радиоустойчивые группы семян можно использовать в селекционной работе с целью значительного повышения значений ЛД₅₀ и ЛД₇₀ при той же выживаемости растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архипов М. В., Савин В. Н. Молекулярно-генетический метод оценки потенциальной продуктивности семян. — В сб.: *Вопр. биологии и физиологии с.-х. растений*. Л.: АФИ, 1980, с. 96—104. — 2. Батыгин Н. Ф., Савин В. Н. Использование ионизирующих излучений в растениеводстве. Л.: Колос, 1966. — 3. Березина Н. М., Каушанский Д. А., Рудь Г. Я. и др. Методические указания по предпосевному гамма-облучению семян с.-х. растений. Изд. 3-е, перераб. и доп. Кишинев, 1975. — 4. Варданян К. А., Нор-Аревян Н. Г., Семерджян С. Н. Связь радиочувствительности семян пшеницы с содержанием белка и белковых фракций. — Тез. докл. II Закавказ. конф. по применению изотопов и источников ионизир. излучений в сельск. хоз-ве. Тбилиси, 1983, с. 25. — 5. Герцуский Д. Ф., Мухин В. П. Роль мощности дозы при гамма-облучении растений салата. — *Изв. ТСХА*, 1977, вып. 3, с. 75—83. — 6. Доспехов Б. А., Баров В. Б. Статистическая оценка урожайных данных многолетних многофакторных полевых опытов. — *Изв. ТСХА*, 1969, вып. 2, с. 51—58. — 7. Дубинин Н. П. Эволюция популяций и радиация. М.: Атомиздат, 1966, с. 166—185. — 8. Кузин А. М., Березина Н. М., Каушанский Д. А. и др. Предпосевное гамма-облучение семян с.-х. культур. М.: Атомиздат, 1976. — 9. Куперман Ф. М. Влияние различных частей зерновки на рост пшеницы. — *Селек. и семенов.*, 1948, № 7, с. 65—70. — 10. Литтл Т., Хиллз Ф. Сельскохозяйственное опытное дело. М.: Колос, 1981, с. 99—109. — 11. Лужецкая Н. И., Щербakov В. К. Зависимость эффекта

- гамма-лучей на ячмень от мощности дозы.— Тез. докл. Всесоюз. конф. по использованию радиац. техники в сельск. хоз-ве. Кишинев, 1972, т. 1, с. 72—73. — 12. Майсурян Н. А. Биологические основы сортирования семян по удельному весу. М.: Сельхозиздат, 1947. — 13. Мухин В. П. Принципы реорганизации биологических сельскохозяйственных исследований в целях повышения их эффективности. М.: ВНИИформцентр, 1980, Б 850623. — 14. Мухин В. П. Влияние гамма-облучения семян на тканевое дыхание и функциональную активность митохондрий гороха.— Автореф. канд. дис. М., 1967. — 15. Мухин В. П. Внутрисортные различия в реакции семян на гамма-облучение в связи с их разнокачественностью. — Радиобиология, 1978, т. 18, вып. 3, с. 390—394. — 16. Мухин В. П., Мошаров В. Н. Комбинированный дисперсионно-арифметический метод оценки силы действия факторов, их направленности и взаимодействия в многофакторном эксперименте. М.: ВНИИформцентр, 1978, Б 679567. — 17. Мухин В. П., Спиридонов Ю. Я. Внутрисортные различия в реакции растений пшеницы на действие атразина в связи с разнокачественностью семян.— В сб.: Актуальные вопр. борьбы с сорной растит. М.: Колос, 1980, с. 247—254. — 18. Мухин В. П., Спиридонов Ю. Я. Популяционная разнокачественность семян яровой пшеницы и действие гербицидов. М.: ВНИИформцентр, Б981124, 1981. — 19. Нуждин Н. И., Филев К. А. Зависимость выхода хромосомных aberrаций от величины дозы и интенсивности гамма-облучения семян.— Докл. АН СССР, 1964, т. 159, № 5, с. 1151—1153. — 20. Преображенская Е. И. Радиоустойчивость семян растений. М.: Атомиздат, 1971, с. 107—116. — 21. Рачинский В. В. Курс основ атомной техники в сельск. хоз-ве. М.: Атомиздат, 1978, с. 286. — 22. Савин В. Н. Физиологические основы радиостимуляции растений. — В кн.: Вопр. биофизики и физиологии с.-х. растений. Л.: АФИ, 1980, с. 3—19. — 23. Семерджян С. П., Нор-Аревян Н. Г. Реакция семян пшеницы на облучение в зависимости от их размеров.— Тез. симпоз.: Радиочувствительность и процессы восстановления у животных и растений. Ташкент: ФАН, 1979, с. 234—235. — 24. Ульрих Н. Н. Оценка качества семян по физико-механическим свойствам.— Вестн. с.-х. науки, 1957, № 6, с. 84—94. — 25. Ушкаренко В. А. Дисперсионный анализ данных четырехфакторного полевого опыта. — Агрехимия, 1975, № 12, с. 121—130. — 26. Bottino P. I., Sparrow A. H. — Radiat. Bot., 1971, vol. 11, N 2, p. 147—156. — 27. Natarajan A. T., Maric M. M. — Radiat. Bot., 1961, vol. 1, p. 1—9. — 28. Woodwell G. M., Sparrow A. H. — Radiat. Bot., 1963, vol. 3, p. 231—237.

Статья поступила 25 апреля 1983 г.

SUMMARY

It is found that radiostability of groups of wheat seeds separated by mass of 1000 kernels is not the same. No clear absolute dependence between the size of seeds and their radiostability was observed, though it was noted that there is a tendency towards higher radiostability in large-seeded fractions. Under extreme rates differences in radiosensitivity between separate fractions can be 3—4-fold. Character of dependence of reaction of seed groups mentioned to radiation varies with different rates and is not of linear, but rather of parabolic character. The highest inhibiting effect of gamma-radiation was observed under the rate 1.16 hr/min, the lowest, under 16.32 hr/min.