

УДК 633.11:581.48:537.531

## РЕАКЦИЯ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ НА ГАММА-ОБЛУЧЕНИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ КРУПНОСТИ И МАССЫ

В. П. МУХИН

(Кафедра прикладной атомной физики и радиохимии)

Неоднородность семян по ряду признаков может быть причиной их разной чувствительности к действию радиации. К важным признакам семян, характеризующим их физиологические свойства [6, 11], относится масса 1000 зерен, которая в известной степени определяет качество семенной партии. Она находится в тесной корреляционной связи с такими важными показателями, как крупность, плотность [5], диэлектрическая проницаемость [9, 10], элементы морфологического строения семени [3]. Можно предположить, что семена, относящиеся к разным фракциям по массе 1000 шт., будут неодинаково реагировать на одну и ту же дозу облучения. Изучение этого вопроса представляет не только научный интерес, но имеет и практическое значение, поскольку облучение семян применяется в производстве. Целенаправленно подобная работа еще не проводилась, хотя неодинаковая радиоустойчивость разных индивидов в пределах популяции отмечалась многими исследователями.

Действие радиации на семена определяется, как правило, по состоянию растений, выращенных из этих семян, т. е. по ряду тест-критериев, число которых обычно не превышает 10.

В настоящей работе для получения более полной оценки действия радиации на семена использовалось 25 тест-критериев.

### Материал и методика

В эксперименте использовали семена яровой пшеницы сорта Краснозерная, репродуцированные в опорном хозяйстве «Красный маяк» Института сельского хозяйства центральных районов Нечерноземной зоны Московской области. Фракции семян с разной массой 1000 шт. были получены путем последовательного деления исходной партии (масса 1000 шт. 36 г) на решетках, имеющих продолговатые и круглые отверстия. Всего было выделено 17 фракций. В опыте были использованы пять, достаточно представительных характеризующих разнокачественность партии по массе 1000 зерен. Причем две фракции (1-я и 4-я в общем спектре фракций) с массой 1000 шт. 56 и 48 г (ширина 3,50—3,00 мм, толщина соответственно 4,50—4,00 и 4,00—3,50 мм) значительно превосходили по этому показателю контроль (36 г), а две другие (16-я и 17-я) с массой 24,5—16,5 г (ширина 2,50—2,00, толщина 3,00—2,50 и <2,50 мм) значительно уступали ему. У промежуточной фракции (11-й) масса 1000 шт. 34,0 г мало отличалась от контроля.

Семена облучали в Институте биофизики Министерства здравоохранения СССР на установке ЭГО-2, заряженной  $^{60}\text{Co}$ . Дозы облучения 3 крад (стимулирующая для пшеницы) и 20 крад (сублетальная), мощность 327 рад/мин. Посев проводили воздушно-сухими семенами через сутки после облучения. Растения выращивали на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве, смешанной в соотношении 2:1 с промытым кварцевым песком при добавлении основных элементов питания. В вегетационный сосуд, вмещающий 6 кг этой смеси, высаживали по 25 семян.

Критериями оценки реакции растений на облучение служили следующие тесты: всхожесть, выживаемость, высота 30- и 45-дневных растений, суммарная воздушно-сухая масса и суммарный урожай зерна на сосуд, воздушно-сухая масса одного растения, масса зерна с одного растения, суммарная воздушно-сухая масса главных стеблей и зерна с них на сосуд, масса зерна с одного колоса главного побега и масса их 1000 шт., длина колоса главного побега и

число зерен в нем, общее число колосков, число фертильных, а также верхних и нижних деградированных колосков в колосе главного побега, общая, продуктивная и непродуктивная кустистость, суммарная воздушно-сухая масса подгонов и урожай с них на сосуд, масса 1000 семян с подгонных колосьев.

Опыт проведен в 4-кратной повторности,

статистическую обработку результатов осуществляли по общепринятой программе двухфакторного дисперсионного анализа [2] на ЭВМ, что позволило определить не только достоверность действия изучаемых факторов, но и в известной степени — силу их влияния на соответствующие тесты по критерию Фишера. Существенность различий оценивали на 95 % уровне вероятности.

## Результаты и их обсуждение

Обобщенные и статистически обработанные результаты эксперимента представлены в табл. 1 (следует сказать, что в этой, а также в других таблицах рассматриваются данные по наиболее важным показателям. Остальные опущены из-за слишком большого объема материала). В скобках приводятся значения рассматриваемых показателей в процентах к двум контролям — общему (условно К) и собственному (под общим контролем понимается исходная партия семян, под собственным — необлученный вариант каждой конкретной фракции). Проводить сопоставление с двумя контролями необходимо, поскольку в первом случае устанавливается истинное влияние фактора, а во втором преследуется практическая оценка результатов, когда важен лишь чисто эмпирический результат.

Таблица 1

Оценка реакции на гамма-облучение разнокачественных семян по разным тест-критериям

Фракция (фактор А)	Доза, крад (фактор В)			Среднее по фактору А
	0	3	20	
Всхожесть, %				
К	69 (100/100)	70 (101/101)	54 (78/78)	64,3
1-я	75 (108/100)	69 (100/92)	79 (114/105)	74,3
4-я	84 (122/100)	82 (119/98)	76 (110/90)	80,6
11-я	65 (94/100)	64 (92/98)	69 (100/106)	66,0
16-я	89 (129/100)	86 (124/96)	81 (117/91)	85,3
17-я	61 (88/100)	46 (66/75)	43 (62/70)	50,0
Среднее по фактору В	73,8	69,5	67,0	70,1
НСР <sub>05</sub> по А — 8,3; по В — 5,9; для частных средних — 14,4 %				
Выживаемость, %				
К	87 (100/100)	94 (108/108)	48 (55/55)	76,5
1-я	94 (107/100)	88 (101/94)	77 (88/82)	86,2
4-я	95 (109/100)	91 (105/96)	69 (79/72)	85,4
11-я	91 (104/100)	97 (111/107)	88 (101/92)	91,9
16-я	99 (113/100)	94 (108/95)	54 (62/55)	82,5
17-я	97 (111/100)	100 (144/103)	80 (92/84)	92,0
Среднее по фактору В	94,8	94,2	69,5	85,8
НСР <sub>05</sub> по А — 8,0; по В — 5,7; для частных средних — 13,9 %				
Суммарный урожай зерна, г/сосуд				
К	11,2 (100/100)	11,9 (106/106)	4,1 (36/36)	9,1
1-я	13,0 (116/100)	13,2 (118/101)	9,6 (86/74)	11,9
4-я	13,6 (121/100)	11,1 (99/81)	8,6 (77/63)	11,1
11-я	13,9 (124/100)	15,1 (135/109)	11,2 (100/87)	13,4
16-я	12,9 (115/100)	11,0 (98/85)	4,7 (42/36)	9,5
17-я	14,8 (132/100)	14,2 (127/96)	3,4 (30/23)	10,8
Среднее по фактору В	13,2	12,8	6,9	10,9
НСР <sub>05</sub> по А — 1,3; по В — 0,9; для частных средних — 2,2 г				

Фракция (фактор А)	Доза, крад (фактор В)			Среднее по фактору А
	0	3	20	
Масса зерна с 1 растения, г				
К	2,0 (100/100)	2,1 (105/105)	2,4 (120/120)	2,17
1-я	2,0 (100/100)	2,3 (115/115)	1,9 (95/95)	2,07
4-я	1,7 (85/100)	1,5 (75/88)	1,9 (95/112)	1,70
11-я	2,3 (115/100)	2,3 (115/100)	2,0 (100/87)	2,20
16-я	1,4 (70/100)	1,4 (70/100)	2,1 (105/150)	1,63
17-я	2,4 (120/100)	3,0 (150/125)	2,3 (115/96)	2,57
Среднее по фактору В	1,9	2,1	2,1	2,04
НСР <sub>05</sub> по А — 0,39; по В — 0,28; для частных средних — 0,67 г				
Суммарная воздушно-сухая масса, г/сосуд				
К	30 (100/100)	33 (110/110)	15 (51/51)	26,3
1-я	31 (104/100)	34 (113/108)	28 (94/90)	31,4
4-я	33 (110/100)	29 (96/87)	24 (79/72)	28,9
11-я	33 (110/110)	34 (113/105)	31 (102/94)	32,7
16-я	30 (100/100)	28 (92/91)	18 (51/61)	25,7
17-я	34 (114/100)	34 (112/98)	17 (56/50)	28,6
Среднее по фактору В	32,1	32,1	22,5	28,9
НСР <sub>05</sub> по А — 2,5; по В — 1,7; для частных средних — 4,3 г				
Суммарная воздушно-сухая масса главных побегов, г/сосуд				
К	23 (100/100)	27 (114/114)	8 (35/35)	19,6
1-я	27 (117/100)	27 (115/99)	20 (86/73)	25,1
4-я	30 (129/100)	25 (107/83)	16 (68/53)	23,9
11-я	23 (100/100)	28 (118/118)	21 (89/89)	24,2
16-я	30 (129/100)	27 (114/88)	11 (49/37)	22,9
17-я	24 (104/100)	18 (78/75)	8 (33/32)	16,9
Среднее по фактору В	26,7	25,0	14,2	22,0
НСР <sub>05</sub> по А — 3,3; по В — 1,2; для частных средних — 5,8 г				
Суммарная масса зерна с главных колосьев, г/сосуд				
К	9,4 (100/100)	10,4 (111/111)	3,0 (32/32)	7,6
1-я	12,1 (129/100)	11,5 (122/95)	7,7 (82/64)	10,4
4-я	13,1 (139/100)	10,5 (102/80)	6,4 (68/49)	10,0
11-я	11,8 (125/100)	13,3 (142/113)	8,7 (93/74)	11,3
16-я	13,6 (134/100)	10,8 (115/86)	3,9 (42/31)	9,1
17-я	10,8 (115/100)	9,4 (100/87)	2,5 (27/23)	7,6
Среднее по фактору В	11,6	11,0	5,4	9,3
НСР <sub>05</sub> по А — 1,7; по В — 1,2; для частных средних — 2,9 г				
Масса зерна с 1 колоса главного побега, г				
К	0,63 (100/100)	0,63 (100/100)	0,46 (73/73)	0,57
1-я	0,69 (109/100)	0,74 (117/107)	0,51 (81/74)	0,65
4-я	0,64 (101/100)	0,54 (85/84)	0,48 (76/75)	0,55
11-я	0,82 (130/100)	0,85 (135/103)	0,56 (88/68)	0,61
16-я	0,57 (90/100)	0,54 (85/95)	0,39 (62/68)	0,50
17-я	0,75 (119/100)	0,82 (132/109)	0,27 (43/36)	0,61
Среднее по фактору В	0,68	0,69	0,45	0,59
НСР <sub>05</sub> по А — 0,1; по В — 0,1; для частных средних — 0,13 г				

Примечание. В скобках даны проценты к общему контролю К (числитель) и к собственному (знаменатель).

При гамма-облучении всхожесть семян разных фракций оставалась практически неизменной. Исключение составила лишь самая мелкосеменная фракция (16-я), на которую даже доза 3 крад оказала сильное угнетающее действие. Выживаемость наиболее значительно

снизилась у 17-й фракции при дозе 20 крад. Между остальными группами различия по этому тесту были малодостоверными. По такому важному показателю, как урожай зерна с единицы площади, крупносеменные фракции значительно превосходили мелкосеменные в варианте с большой дозой радиации, хотя в расчете на одно растение сколько-нибудь существенных различий по семенной продуктивности между ними не наблюдалось. Подобное явление отмечено и для многих других культур [7].

Снижение урожайности мелкосемянных фракций с единицы площади обусловлено, помимо худшего соотношения всхожести и выживаемости, еще и наличием у них большого числа стерильных колосков в главном колосе и соответственно меньшими озерненностью, продуктивной кустистостью, сбором зерна с подгонов в расчете на единицу площади. Радиационное угнетение растений, выращенных из мелкосемянных фракций, сопровождалось также торможением роста и уменьшением суммарной воздушно-сухой массы.

Поскольку метод дисперсионного анализа позволяет по критерию Фишера оценить не только достоверность действия каждого фактора и их взаимодействия по опыту в целом, но и в известной степени силу действия факторов, то представляет интерес привести значения этого показателя по каждому отдельному тест-критерию. В табл. 2 указан порядок мест, занимаемых каждым тест-критерием в зависимости от отношения  $F_{\phi}$  к  $F_{05}$ . Эти отношения для разных тестов далеко не одинаковы. Крайние значения различаются по фактору А в 400 раз, по фактору В — в 4566, по АВ — в 90 раз. Следует отметить, что порядок мест, занимаемых разными тестами, по действию на их значения каждого изучаемого фактора также неодинаков, за исключением, пожалуй, высоты 30-дневных растений, поскольку влияние на этот показатель и фактора А, и фактора В было в равной степени велико. По всем остальным тестам такой однозначности не наблюдалось. Например, на всхожесть фактор А влиял достаточно сильно, о чем говорит занимаемое этим тестом 6-е место, а фактор В — относительно слабо — 20-е место.

Такие же инверсии мы наблюдаем и по другим показателям. В нашем опыте наиболее чувствительным тест-критерием к действию изучаемых факторов оказалась высота 30-дневных растений. Видимо, при необходимости ранней оценки силы влияния изучаемых факторов можно с успехом использовать именно этот простой, но в то же время объективный тест. Конечный урожай зерна является как бы интегральным, результирующим показателем, в котором находят отражение все элементы, обуславливающие его структуру в их сложном и зачастую разнонаправленном сочетании. В конечном счете семенная продуктивность растений является для зерновых культур тем показателем, который наиболее важен при решении как научных, так и чисто практических вопросов. В этой связи представляет интерес определить коэффициенты корреляции по фактору А между урожаем зерна с единицы площади (в данном случае в расчете на сосуд) и всеми тест-критериями, которые использовались в настоящей работе. Коэффициенты корреляции были вычислены для варианта с дозой 20 крад. Как мы можем убедиться, их значения сильно колеблются от достоверных положительных до статистически достоверных отрицательных (табл. 2).

Следует отметить, что полученные результаты диаметрально отличались от ожидаемых. Из литературных данных [7] известно, что в целом существует тенденция к большей радиостойчивости семян у видов с мелкими семенами. Однако выяснить влияние фактора крупности на радиостойчивость семян, относящихся к разным таксономическим группам, вряд ли принципиально возможно. В этом случае нарушается важнейший принцип опытного дела: принцип единственного различия.

Сравнительная оценка силы действия факторов и их взаимодействия  
по различным тест-критериям  
(корреляция с общим урожаем зерна, доза 20 крад)

Тест-критерии	Фактор А		Фактор В		Взаимодействие АВ		Коэффициент корреляции
	место	$F_{\phi} \cdot F_{05}$	место	$F_{\phi} \cdot F_{05}$	место	$F_{\phi} \cdot F_{05}$	
Высота 30-дневных растений	1	40,1	1	137	2	11,6	+0,84
Масса 1000 семян подгонных колосьев	2	34,5	8	20,8	1	18,4	+0,24
Высота 45-дневных растений	3	22,5	5	22,6	4	3,8	+0,88
Масса 1000 семян главных колосьев	4	14,0	2	56	3	9,2	+0,07
Длина колоса главного побега	5	8,7	12	11,2	11	1,1	+0,01
Всхожесть	6	7,8	20	0,9	19	0,7	+0,64
Суммарный урожай зерна	7	5,0	3	37,1	6	3,0	—
Суммарная воздушно-сухая масса	8	4,1	4	25,9	5	3,1	+0,68
Воздушно-сухая масса растения	9	3,8	16	4,9	9	2,1	+0,74
Масса зерна с 1 колоса главного побега	10	3,5	9	15,1	7	2,4	+0,74
Суммарная воздушно-сухая масса главных побегов	11	3,0	6	21,5	10	1,6	+0,77
Высота 70-дневных растений	11	3,0	18	4,2	12	1,1	Не опр.
Число нижних деградированных колосков в главном колосе	12	2,9	24	0,1	21	0,2	+0,32
Суммарная масса зерна с главных колосьев	13	2,7	7	20,8	17	0,8	+0,74
Масса зерна с 1 растения	14	2,6	22	0,2	18	0,7	-0,93
Суммарная воздушно-сухая масса подгонов	15	2,2	21	0,5	19	0,7	-0,14
Суммарная масса зерна с подгонов	16	2,0	25	0,03	13	1,0	+0,71
Число зерен в главном колосе	17	1,8	13	10,6	11	1,0	+0,67
Число фертильных колосков в главном колосе	18	1,8	14	6,5	11	1,0	+0,77
Продуктивная кустистость	19	1,3	19	3,4	14	0,9	+0,69
Общая кустистость	20	1,1	15	7,9	16	0,8	-0,80
Число стерильных колосков в главном колосе	21	1,06	23	0,2	20	0,4	-0,78
Выживаемость	22	1,0	10	14,6	8	2,3	+0,10
Число колосков в главном колосе	23	0,7	11	15,3	15	0,9	-0,19
Число верхних деградированных колосков в главном колосе	24	0,47	23	0,2	21	0,2	-0,08
Непродуктивная кустистость	25	0,40	17	6,0	14	0,9	-0,82

$F_{05}$  по А — 3,18; по В — 2,40; по АВ — 2,02.

Такие семена, помимо крупности, различаются еще по целому ряду морфологических, физиолого-биохимических и генетических признаков и свойств, причем роль самого фактора крупности в этом случае выявить практически невозможно. В данном же эксперименте значение этого фактора проявилось достаточно наглядно. Семена, использовавшиеся в опыте, различались только одним: своей крупностью и соответственно массой 1000 зерен. И вот как раз в этом опыте была обнаружена меньшая радиоустойчивость мелкосемянных фракций. Казалось бы, крупные семена, обладая большими размерами зародыша [3, 4], плотностью и общими размерами, должны сильнее поражаться при облучении, чем мелкие. Зародыш является наиболее радиочувствительной частью семени, и с увеличением его размеров вероятность по-

ражения зародыша должна бы увеличиваться. Поскольку поглощение излучения в веществе пропорционально его плотности, семена с большей плотностью при одной и той же экспозиционной дозе получали большую суммарную дозу радиации, что следует из закона взаимодействия излучения с веществом. Из литературных данных [5, 8] следует, что при 3—4-кратной разнице в абсолютной массе семян их плотность может изменяться на 7—8 %. К тому же следует учесть, что, помимо упомянутых факторов, крупное семя обладает еще и просто большими размерами и, следовательно, получит большую дозу в пересчете на индивид, чем мелкое. Если по массе 1000 зерен наиболее крупносемянная фракция отличается от наиболее мелкосемянной в 3,4 раза, то при учете всех перечисленных выше факторов реальная дозовая нагрузка на крупные семена может быть значительно больше. И тем не менее крупносемянные фракции оказались намного более радиоустойчивыми, если судить по такому интегральному показателю, каким является суммарный урожай зерна с единицы площади.

Факт большей радиоустойчивости крупных семян пока трудно объяснить, не прибегая к углубленным физиологическим и биохимическим исследованиям. Видимо, крупные семена имеют более мощные системы радиозащиты и радиорепарации. Феномен этот тем более интересен, что значительных биохимических качественных различий между крупными и мелкими семенами в пределах сорта не существует. Возможно, здесь какую-то роль играет матричная разнокачественность, обусловленная разным положением семян на материнском растении. Крупные семена, как правило, формируются в середине колоса в первых и вторых цветках, более мелкие — в нижней и особенно в верхней частях колоса, что следует из анализа вариационных рядов для разных сортов пшеницы [1]. Возможно, некоторые стороны этого явления будут более понятны, если провести опыты на семенах, собранных в группы путем пинцировки с разных частей колоса.

### Выводы

1. Фракции семян в популяции одного сорта, выделенные по массе 1000 шт., значительно различаются по радиоустойчивости. При оценке последней по урожаю зерна с единицы площади большей резистентностью обладают крупные семена.

2. Выводы об устойчивости фракций семян, сделанные по разным тест-критериям, могут быть неоднозначными.

3. Влияние изучаемых факторов (доз гамма-облучения и массы 1000 семян) на разные тесты неодинаково, причем различия в крайних значениях тестов могут достигать двух—трех порядков.

4. Коэффициенты корреляции для различных тестов с наиболее важным показателем, каким является урожай зерна с единицы площади, колеблются от положительных значений, говорящих об очень тесной прямой коррелятивной связи между признаками, до столь же высокодостоверных отрицательных значений, свидетельствующих об обратной зависимости.

Наиболее тесная положительная корреляционная связь отмечена по тесту высота 45-дневных растений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Алехин Н. В. Теория и технология выделения биологически наиболее ценных семян пшеницы и овса. — Автореф. докт. дис. М., 1963. — 2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. — 3. Куперман Ф. М. Влияние различных частей зерновки на рост пшеницы. — Селекция и семеноводство, 1948, № 7, с. 65—70. — 4. Кучерявая М. И., Османова Р. Роль абсолютного веса зерна в величине и качестве урожая. — Тр. Укр. НИИ растений., селекции и генет. им. В. Я. Юрь-

ева, 1962, т. 7, с. 77—86. — 5. Майсурян Н. А. Биологические основы сортирования семян по удельному весу. М.: Сельхозиздат, 1947. — 6. Овчаров К. Е., Кизилова Е. Г. Разнокачественность семян и продуктивность растений. М.: Колос, 1966. — 7. Преображенская Е. И. Радиоустойчивость семян растений. М.: Атомиздат, 1971, с. 189—190. — 8. Пыльнев В. М., Филатова Л. М. Разнокачественность семян яровой пшеницы в зависимости от положения в колосе. — Сб. студенч. раб., 1953, вып. 8, М.: ТСХА, с. 32—38. — 9. Тарушкин В. И., Мухин В. П. Использование напря-

женности ориентации семян для выделения однородных по влажности групп в связи с радиационным воздействием на них. — В сб.: Электрификация с.-х. производства. Тр. МИИСП, 1973, т. 10, вып. 3, ч. I, с. 145—151. — 10. Тарушкин В. И. Оценка разнокачественности семян с помощью электростатического поля. — Вестн. с.-х. науки, 1975, № 2, с. 116—122. — 11. Цингер Н. В. Семя, его развитие и физиологические свойства. М.: Изд-во АН СССР, 1958.

*Статья поступила 7 мая 1980 г.*

#### SUMMARY

The response of spring wheat seed differing in the mass of 1000 grains to gamma-irradiation was studied. Radio-resistance of seed was determined by 25 indices (test-criteria), mainly those which characterize the yield structure.

Judging from such index as grain yield from the area unit, small-grain fractions were more radio-sensitive than those with coarse grain. Irradiation of seed produced different effect on different indices. The difference between extreme values of test-criteria made in different fractions two or three orders. Correlation coefficients between the grain yield from the area unit and other tests at the rate of 20 krad varied from reliable positive values up to as much reliable negative ones showing reverse correlation.