

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРМОЗНОГО γ -ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ГЕТЕРОГЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ ПРОСА

В.Н. КРАВЦОВА

*Гродненский государственный аграрный университет,
г. Гродно, Республика Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Естественная эволюция растений, как известно, совершается на основе разнообразных спонтанных мутаций и продуктов их рекомбинации. Нет сомнений в том, что существующее многообразие форм проса – результат естественных мутаций различных уровней. Такое разнообразие свидетельствует о древности этого растения, с одной стороны, и указывает на возможность дальнейшего накопления новых полезных мутаций путем индуцированного мутагенеза, с другой [1–3].

Сложность процесса гибридизации у проса, низкий выход гибридных семян ставит селекционера перед необходимостью привлечь метод мутагенеза в качестве способа увеличения гетерогенности популяций и в дальнейшем повышения эффективности отбора [4]. Предпосевное облучение семян широко используется как мутагенный фактор и фактор, стимулирующий рост растений. Многие растения реагируют на облучение изменением анатомо-морфологической структуры, но степень и направленность изменений зависит от особенностей культуры и сорта, а также от условий его возделывания [5].

У проса наименьшей мутабельностью отличаются сорта, признаки которых находились в доминантном состоянии, наибольшей – сорта гибридного происхождения, у которых чаще всего наблюдались изменения по типу метелки, окраске зерна, наличию антоциановой окраски, а также по таким количественным признакам, как число и длина веточек, продолжительность вегетации, высота растений и др. [6]

В исследованиях М.П. Шишлова при обработке семян зерновых культур тормозным γ -излучением отмечены большая гибель всходов и депрессия в развитии растений, а также более высокая стерильность и частота индукций макро- и микромутаций при низких дозах и мощности (10 Гр). При использовании сверхвысокой дозы (3000 Гр) наблюдается явление задержанного мутагенеза, когда подавляющая часть мутаций проявляется в поколениях M_3 – M_4 [7].

В наших исследованиях при применении данного метода ставилась цель индуцировать более широкий спектр изменчивости качественных и количественных признаков у проса и работать в двух самостоятельных направлениях:

1. Индукция макромутантов на основе использования жестких мутагенных обработок, вызывающих высокую летальность, депрессию ростовых процессов и хромосомные aberrации, с последующим отбором депрессивных, морфологически измененных форм M_1 для формирования мутагенной популяции M_2 с изменением качественных признаков.

2. Индукция микромутантов при использовании мягких мутагенных обработок без выраженного летального и депрессивного эффектов с последующим отбором измененных по количественным признакам положительных форм M_1 для формирования популяции M_2 и выделением в ней положительных микромутантов.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на протяжении 2002–2006 гг. в лаборатории крупяных культур РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на территории э/б «Жодино» Смолевичского района Минской области. Полевые опыты размещали в селекционном севообороте на дерново-подзолистой легко-суглинистой почве со следующими агрохимическими показателями почвенного горизонта: pH_{KCl} – 6,1–6,7, содержание P_2O_5 – 250–301 мг/кг, K_2O – 220–239 мг/кг почвы, гумуса – 2,5–3,0 %.

Агротехнику в опытах применяли согласно технологическому регламенту возделывания проса с учетом условий Минской области. Предшественником был яровой рапс. Обработка почвы состояла из зяблевой вспашки с внесением фосфорных и калийных удобрений из расчета $P_{60}K_{90}$. Весенняя обработка состояла из 2–3 культиваций и внесения минерального азота в дозе N_{80} . Питомники закладывали на участках, которые по рельефу местности, выравниванию почвы и предшествующим культурам соответствовали методическим требованиям. Посев проводили в два срока: оптимальный для Минской области – II декада мая, поздний – II

декада июня. Площадь делянок – 10 м² с шириной междурядья 45 см, повторность – 4-кратная.

В наших исследованиях в качестве мутагенного фактора использовали тормозное γ -излучение (γ -лучи образуются при торможении нейтрона) с дозой от 10 до 3000 Гр и последующего отбора растений в условиях оптимального и позднего сроков сева. Семена четырех сортов проса обрабатывали коллимированным потоком γ -лучей в кювете таких размеров, чтобы на входе достигалась летальная или сублетальная доза, а на выходе, в результате линейного коэффициента поглощения энергии, – стимулирующая доза. Расчетная длина такой кюветы составляет около одного метра.

Условия 2002–2006 гг. были контрастными, от засушливого 2002 г. до 2004 и 2006 гг. с избытком влаги во второй половине вегетации. Это позволило оценить сортообразцы коллекции проса как по комплексу хозяйственно-полезных признаков, так и по пластичности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В отличие от данных о сильном угнетающем действии облучения на начальных этапах развития, в наших исследованиях в поколении М₁ не наблюдалось изреженности всходов проса и отставания в росте у растений всех сортов. При анализе полевой всхожести отмечался существенный стимулирующий эффект облучения семян у сортов Дружба, Оренбургское 42 и Белир в М₁ при первом сроке сева (табл. 1). У сорта Быстрое этот показатель оставался на уровне контроля. Однако в поколениях М₂-М₃ у сортов Дружба, Белир и Быстрое всхожесть снизилась (табл. 2). При втором сроке сева всхожесть существенно увеличивалась в поколениях М₁ сортов Белир и Быстрое (на 34,8 % и 10,5 % соответственно). У сорта Дружба количество проростков возросло на 9 %, а у сорта Оренбургское 42 этот показатель оставался на уровне контроля. Следует отметить, что в поколениях М₂-М₃ всхожесть снизилась по сравнению с показателями М₁ и контролем только у сорта Оренбургское 42, у остальных образцов данный показатель находился на уровне контроля.

Таблица 1. Полевая всхожесть семян проса после облучения при разных сроках сева (2002 г.)

Сорт	Поколение	1 срок		2 срок		Отклонение 2-го от 1-го
		полевая всхожесть, %	% от контроля	полевая всхожесть, %	% от контроля	
Дружба	К	24,8	–	43,5	–	+18,7
	М ₁	65,8	+41,0	52,5	+9,0	–13,3
Оренбург- ское 42	К	30,3	–	46,3	–	+16,0
	М ₁	53,5	+23,2	49,5	+0,2	–4,0
Белир	К	45,8	–	42,5	–	–3,3
	М ₁	69,0	+23,2	77,3	+34,8	+8,3
Быстрое	К	30,3	–	50,3	–	+20,0
	М ₁	33,8	+3,5	60,8	+10,5	+27,0

Для определения эффективности применения тормозного γ -излучения в качестве метода повышения гетерогенности нами был проведен анализ изменчивости количественных показателей у отдельно взятых линий поколений М₃-М₆ (2006 г.). Анализировались признаки продолжительности вегетации и межфазных периодов, а также элементы урожайности зерна.

Сокращение продолжительности вегетации – важное направление в селекции проса в условиях Беларуси. Однако имеет большое значение уменьшение продолжительности периода всходы-выметывание, когда растения проса наиболее уязвимы. Поэтому, контролируя изменения продолжительности вегетации в мутантных поколениях изучаемых сортов, мы обращали особое внимание на сочетание укороченного периода всходы-выметывание с продолжительностью периода выметывание-восковая спелость на уровне контроля либо с ее удлинением. У мутантных популяций сорта Белир не происходило сокращения продолжительности вегетации и существенных изменений межфазных периодов. Однако в М₅ данного сорта был выделен образец БМ₅ 19 с уменьшением периода всходы-выметывание на 2 дня и периодом выметывание-восковая спелость на уровне контроля (рис. 1).

В гетерогенных популяциях М₃-М₆ сорта Быстрое наблюдалось преимущественно повышение продолжительности вегетации и межфазных периодов. Однако выделены две линии, величина периода вегетации у которых остается на уровне контроля (70 дней), при этом период всходы-выметывание сокращался на 2 дня, а период выметывание-восковая спелость соответственно удлинялся на 2 дня (рис. 2).

Таблица 2. Полевая всхожесть семян проса после облучения при разных сроках сева (2003–2004 гг.)

Сорт	Поколение	Полевая всхожесть при первом сроке сева, %					Полевая всхожесть при втором сроке сева, %					± 2-го от 1-го, %
		2002 г.	2003 г.	2004 г.	Ø	± от К, %	2002 г.	2003 г.	2004 г.	Ø	± от К, %	
Дружба	К	24,8	54,7	56,2	45,2	–	43,5	52,7	53,9	50,0	–	+4,8
	M ₂	23,5	48,7	49,4	40,5	-4,7	46,5	66,0	57,2	56,6	+6,6	+16,1
	M ₃	–	42,0	44,0	43,0	-12,5	–	53,3	55,4	54,4	+1,1	+11,4
Оренбургское 42	К	30,3	36,0	35,9	34,1	–	49,3	62,0	59,8	57,0	–	+22,9
	M ₂	22,5	45,3	44,8	37,5	+3,4	35,8	46,0	54,5	45,4	-11,6	+7,9
	M ₃	–	48,7	53,7	51,2	+15,3	–	61,3	60,0	60,7	-0,2	+9,5
Белир	К	45,8	58,7	60,3	54,9	–	42,5	56,7	59,8	53,0	–	-1,9
	M ₂	63,5	45,3	48,3	52,4	-2,5	81,8	56,7	60,5	66,3	+13,3	+13,9
	M ₃	–	26,7	45,8	36,3	-23,2	–	62,0	61,0	61,5	+3,3	+25,2
Быстрое	К	30,3	48,0	48,0	37,7	–	50,3	53,3	54,2	52,6	–	+14,9
	M ₂	33,3	35,3	34,9	34,5	-3,2	59,0	58,7	56,8	58,2	+5,6	+23,7
	M ₃	–	37,3	39,2	38,3	-9,7	–	57,3	59,4	58,4	+4,7	+20,1

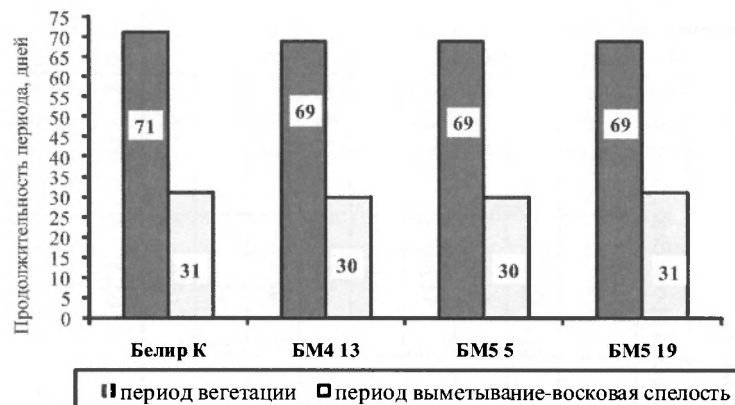


Рис. 1. Продолжительность вегетации и периода выметывание-восковая спелость у мутантных форм сорта Белир

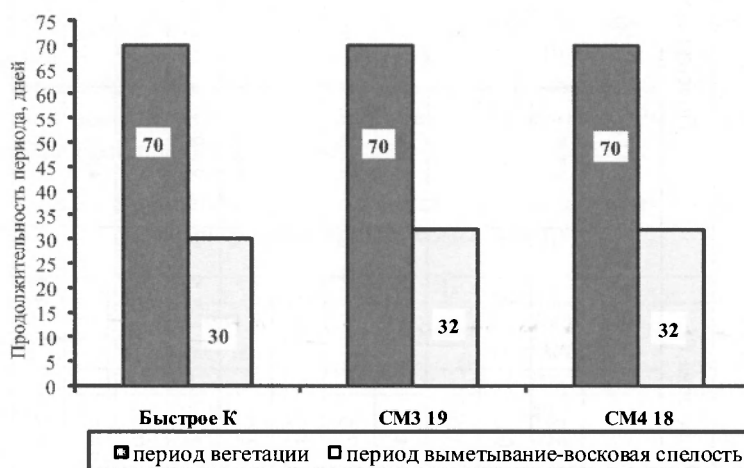


Рис. 2. Продолжительность вегетации и периода выметывание-восковая спелость у мутантных форм сорта Быстрое

В популяциях M_3 - M_6 сорта Дружба были выделены несколько образцов с существенным сокращением продолжительности вегетации – от 69 до 73 дней по сравнению с контролем (80 дней). Однако это происходило, в основном, за счет периода выметывание-восковая спелость, что нежелательно при селекции на дружность созревания метелки. Также увеличивалось и количество позднеспелых образцов (88–90 дней) с продолжительным периодом выметывание-восковая спелость, за счет чего увеличивались средние показатели этого признака у мутантных популяций.

Наибольшее количество семей с необходимыми свойствами было выделено в мутантных популяциях сорта Оренбургское 42. У большинства отобранных образцов продолжительность вегетации сокращалась на два дня по сравнению с контролем, однако менялось соотношение продолжительности вегетации и периода выметывание-восковая спелость (рис. 3). Выделена линия с периодом вегетации 70 дней, соотношение рассматриваемых периодов у которой 70:35.

У сорта Оренбургское 42 были отмечены и другие изменения. Так, в поколении M_1 были выделены растения разновидности *subcoccineum*, в то время как сам сорт относится к разновидности *sanguineum*, т.е. такие растения имели антоциановую окраску и подушечки у основания веточек или развесистую форму метелки (рис. 4). Удлинилась и сама метелка – до 28,7 см по сравнению с контролем (25,6 см). В последующих поколениях расщепления по признаку наличия антоциана и формы метелки у этих образцов не наблюдалось. В исследованиях И.В. Яшовского было выявлено [6], что доминантные аллели генов длины веточек (Bv_1) и наличия подушечек (Pw_1) находятся в одной группе сцепления с одним из генов антоциановой окраски (Pt_1). Мы предполагаем, что ген Pw_1 в рецессивном состоянии оказывает эпистатическое действие на остальные гены этой группы и изменение аллельного состояния этого гена повлекло изменение активности всей группы.

Изменение показателей продолжительности вегетации и межфазных периодов привело к изменению такого элемента урожайности, как продуктивность главной метелки (табл. 3) [8]. Отмечено, что с усилением изменчиво-

сти показателя продолжительности периода выметывание-восковая спелость изменчивость массы зерна с метелки также усиливалась. У мутантных поколений сорта Оренбургское 42 с увеличением коэффициентов вариации по показателю продолжительности периода выметывание-восковая спелость изменчивость продуктивности главной метелки снижалась. Вероятно, изменение разновидности стабилизировало проявление данного признака.

Следствием наличия в составе мутантных популяций позднеспелых и скороспелых форм с разными темпами развития и созревания явилось усиление варьирования признака продуктивности метелки в большинстве изучаемых поколений, что привело к снижению ее среднего показателя. Как видно по данным, представленным на рис. 5, у мутантных популяций сортов Дружба и Оренбургское 42, в составе которых имелись различающиеся по скороспелости формы, продуктивность метелки не поднималась выше контроля. Только в поколении M_5 сорта Дружба наблюдалась прибавка 0,4 г по отношению к контролю, но, по нашему мнению, это скорее модификационное проявление признака.

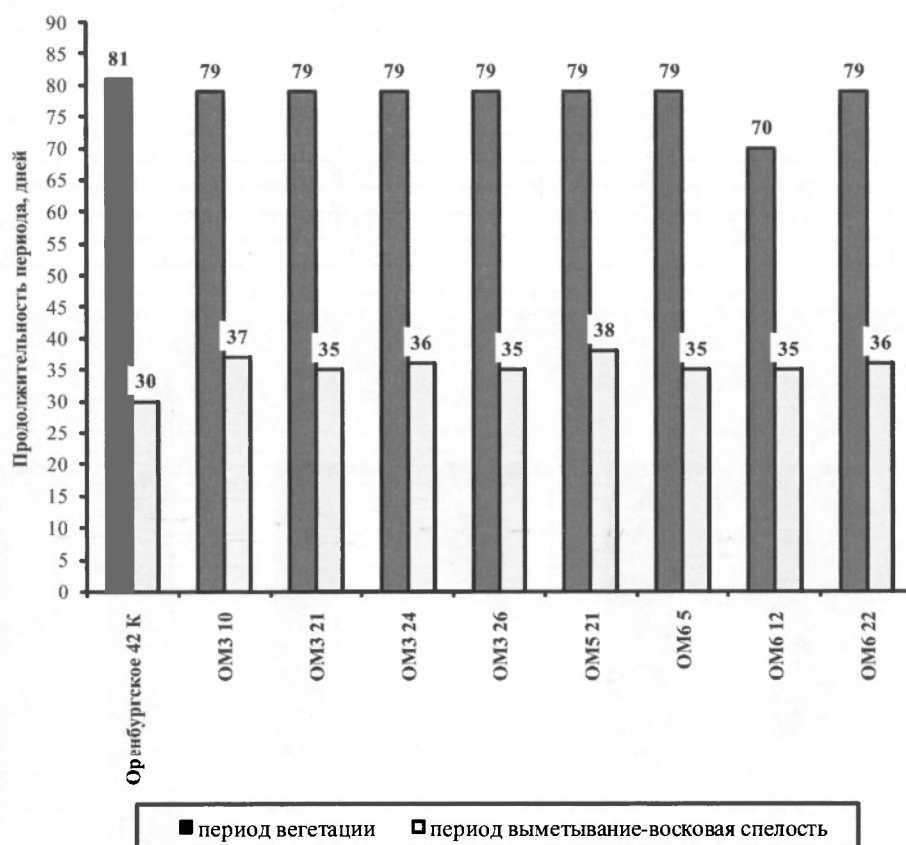


Рис. 3. Продолжительность вегетации и периода выметывание-восковая спелость у мутантных форм сорта Оренбургское 42

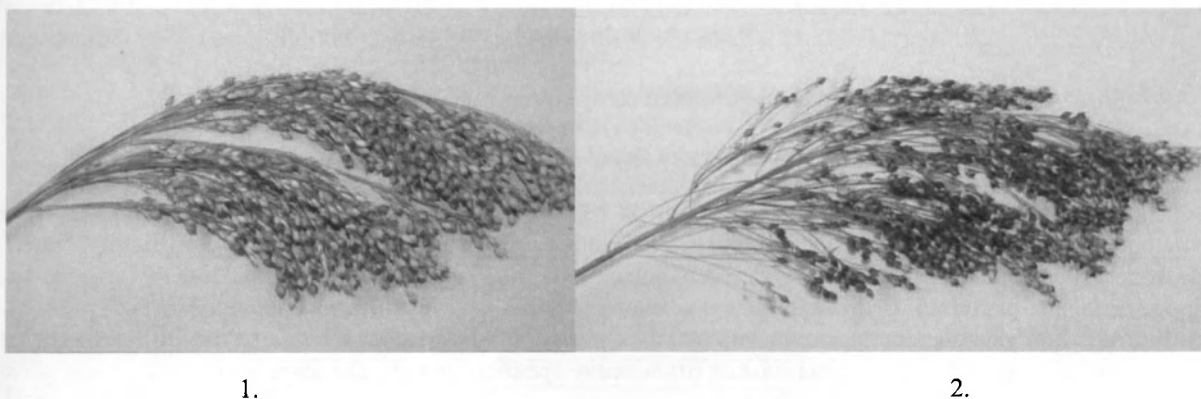


Рис. 4. 1. Метелка сорта Оренбургское 42 К (*sangvineum*);
2. Метелка OM_2 (*subcoccineum*)

Таблица 3. Коэффициенты вариации продолжительности вегетации, межфазных периодов и продуктивности главной метелки у разных сортов проса и мутантных поколений, %

Сорт	Поколение	Период вегетации, V	Период выметывание-восковая спелость, V	Продуктивность главной метелки, V
Белир	K	1,1	2,7	18,1
	M ₂	3,6	9,2	26,5
	M ₃	1,9	2,4	23,4
Оренбургское 42	K	1,9	2,0	34,3
	M ₂	3,6	9,8	18,4
	M ₃	5,4	14,2	16,1
	M ₄	1,9	10,8	17,1
	M ₅	5,3	9,8	18,0
Дружба	K	4,9	10,3	17,5
	M ₂	4,3	11,4	21,2
	M ₃	6,8	14,2	20,0
	M ₄	4,0	8,6	15,0
	M ₅	7,0	14,6	19,5
Быстрое	K	1,0	2,6	22,7
	M ₂	8,2	15,8	29,1
	M ₃	8,2	17,0	20,8
	M ₄	4,9	15,1	24,5
	M ₅	5,1	10,1	30,8

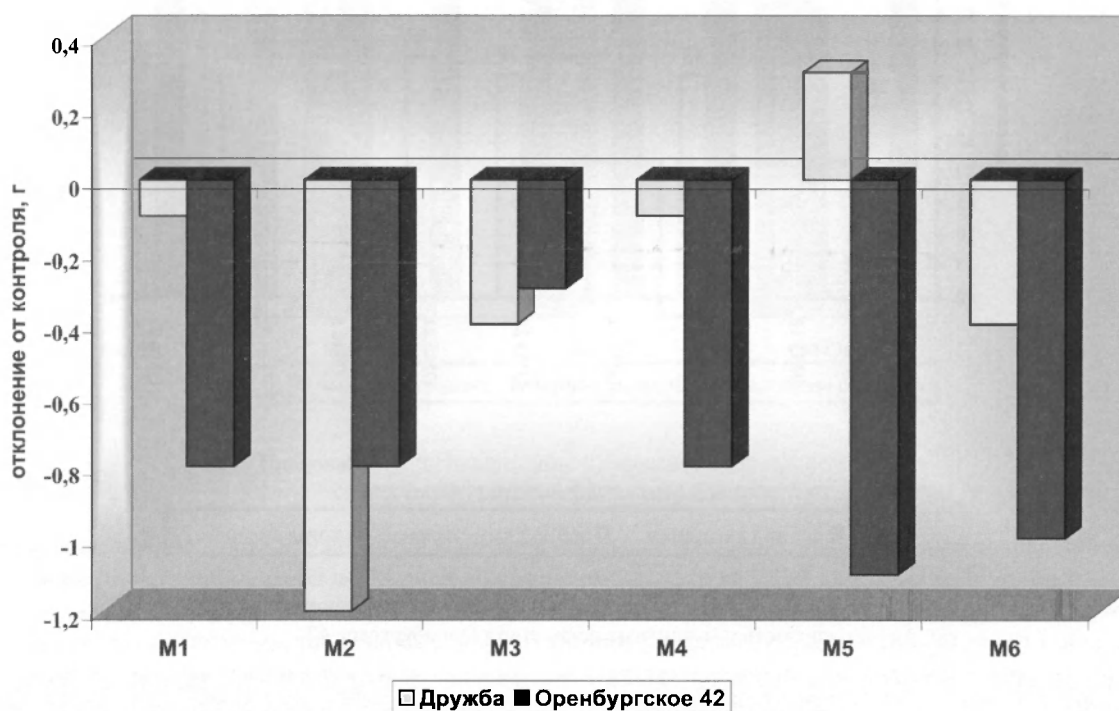


Рис. 5. Отклонение показателя продуктивности главной метелки от контроля в зависимости от мутантного поколения у сортов проса Дружба и Оренбургское 42

На рис. 6 показано, что в мутантных популяциях сорта Белир, у которых не было выявлено значимых изменений по показателям продолжительности вегетации и межфазных периодов, при некоторой депрессии признака продуктивности в ранних мутантных поколениях, в поколениях M₄-M₆ увеличивалось число высокопродуктивных растений, и средние показатели массы зерна с метелки были выше, чем у контроля. У сорта Быстрое при увеличении варьирования продолжительности вегетации и периода выметывание-восковая спелость также наблюдалось отрицательное отклонение среднего показателя продуктивности от контроля, и лишь в поколении M₆ была прибавка 0,4 г.

При анализе варьирования продуктивности главной метелки и оценке факторов условий года, сортовых особенностей и мутантного поколения было установлено, что наиболее сильное влияние на данный показатель оказывали погодные условия конкретного года исследований – 46,7 % (табл. 4).

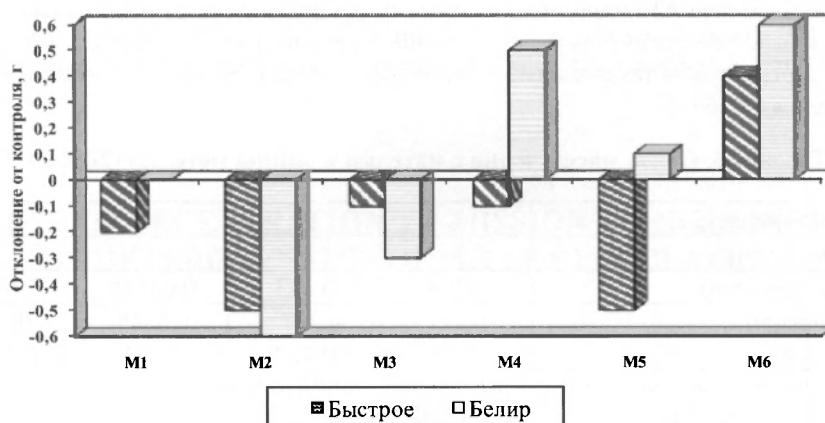


Рис. 6. Отклонение показателя продуктивности главной метелки от контроля в зависимости от мутантного поколения у сортов проса Белир и Быстрое

Таблица 4. Доля влияния года, сорта и мутантного поколения на продуктивность главной метелки проса

Факторы и их взаимодействие	Доля влияние, % (по Плохинскому)
А (год)	46,7*
В (сорт)	0,7*
С (мутантное поколение)	3,0*
АВ	36,2*
АС	2,5*
ВС	4,3*
АВС	6,3*
случайное	0,08
повторения	0,22

Примечание: * достоверно при $P < 0,01$

Также существенное значение имело взаимодействие факторов «условия года» и «сортовые особенности» – 36,2 %. Влияние фактора «мутантное поколение» невелико – всего 3,0 %, однако выше, чем влияние фактора «сорт», доля которого составляет 0,7 %. Не велико и влияние взаимодействия этого фактора с факторами «условия года» и «сортовые особенности» – 2,5 % и 4,3 %, но повышалось взаимодействие всех трех факторов – 6,3 %. Анализ влияния факторов отдельно за 2003–2004 гг. в популяциях контроля и поколений M_1 и M_3 показал, что на первое место после фактора «условия года» выдвигался фактор «сортовые особенности» – от 55,9 % до 59,0 % (табл. 5). Влияние γ -излучения в разные годы возделывания менялось и составляло от 14,0 до 30,0 %. Взаимодействие факторов колебалось от 11,2 до 24,2 %.

Таблица 5. Доля влияния сортовых особенностей и мутантного поколения на продуктивность главной метелки проса (%, 2002–2004 гг.)

Факторы и взаимодействия факторов	Доля влияние, % (по Плохинскому)		
	2003 г.	2004 г.	2005 г.
А (сорт)	59,0*	55,9*	58,8*
В (М-поколение)	24,2*	14,0*	30,0*
АВ	15,1*	29,2*	11,2*
случайное	1,68	0,60	0,30
повторения	0,02	0,33	0,01

Примечание: * достоверно при $P < 0,01$

Таким образом, мы можем сделать вывод, что факторы «погодные условия возделывания» и «сортовые особенности» являются наиболее значимыми в формировании как общей урожайности, так и продуктивности главной метелки проса.

При анализе взаимосвязи между признаками габитуса растения и продуктивности метелки у мутантных поколений сорта Оренбургское 42 видно, что, начиная с M_4 , появилась средняя положительная связь ($r = 0,633-0,730$) между признаком продуктивности и длиной метелки, имеющая место у сортов разновидности *subcoccineum* [8]. У сорта Дружба такая взаимосвязь появилась уже в M_3 , но ее проявление было нестабильным в разных поколениях (табл. 6).

Таблица 6. Связь массы зерна с метелки и длины метелки (2006 г.)

Сорт (разновидность)	К	M_3	M_4	M_5	M_6
Белир (<i>subcoccineum</i>)	0,072	–	–	0,829**	0,786**
Оренбургское 42 (<i>sangvineum</i>) ⁺	0,129	0,173	0,633**	0,705**	0,730**
Дружба (<i>subauranthiacum</i>)	0,121	0,597*	0,574*	0,149	0,491**
Быстрое (<i>subcoccineum</i>)	-0,049	0,417	0,343	0,492*	0,714**

Примечание: + – мутантная форма относится к разновидности *subcoccineum*;

*достоверно при $P = 0,05$; **достоверно при $P = 0,01$

Между признаками высота растений и продуктивность метелки постоянная связь была только у мутантов сорта Оренбургское 42, у остальных образцов ее проявление носило случайный характер (табл. 7).

По признаку масса 1000 зерен снижение средних показателей наблюдалось у мутантных форм сортов Белир и Быстрое. У мутантов сорта Дружба средние показатели повышались на 0,2–0,3 г по сравнению с контролем, у сорта Оренбургское 42 в поколениях M_3 – M_4 количество крупнозерных форм уменьшалось, но в последующих поколениях находилось на уровне контроля. Таким образом, отобрать крупнозерные форм можно было только у сорта Дружба, начиная с поколения M_3 , когда увеличивался коэффициент вариации по признаку масса 1000 зерен, и у некоторых семей данный показатель достигал 10 г и выше [4].

Таблица 7. Связь массы зерна с метелки и высоты растений (2006 г.)

Сорт (разновидность)	К	M_3	M_4	M_5	M_6
Белир (<i>subcoccineum</i>)	0,258	–	–	0,568	0,733**
Оренбургское 42 (<i>sangvineum</i>) ⁺	-0,287	0,502*	0,447*	0,286	0,566**
Дружба (<i>subauranthiacum</i>)	-0,047	-0,330	0,212	-0,035	0,444*
Быстрое (<i>subcoccineum</i>)	0,054	0,525	0,414*	0,506*	0,494

Примечание: + – мутантная форма относится к разновидности *subcoccineum*;

*достоверно при $P = 0,05$; **достоверно при $P = 0,01$

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований установлено, что метод тормозного γ -излучения может использоваться для повышения гетерогенности популяций проса, так как наблюдается повышение варьирования основных количественных признаков, начиная с поколения M_3 – M_5 в зависимости от изучаемого сорта.

По показателю продуктивности растений влияние тормозного γ -излучения было менее значимым (3,0 %), чем влияние условий выращивания (46,7 %) и сортовых особенностей (от 55,9 % до 59,0 %), что свидетельствует о сложном комплексном характере проявления признака.

Применение метода γ -излучения с целью получения более широкого диапазона селекционно-ценных признаков целесообразно в случае дифференцированного подхода при подборе сорта и признака.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубинин, Н.П. Эволюция популяций и радиация / Н.П. Дубинин. – М.: Атомиздат, 1966. – С. 95–107.
2. Рапопорт, И.А. Экспериментальное исследование взаимодействия индуцированных мутаций и естественного отбора / И.А. Рапопорт // Применение химических мутагенов в защите окружающей среды от загрязнения и в сельскохозяйственной практике; по ред. И.А. Рапопорта. – М.: Наука, 1981. – С. 3–40.
3. Отбор и мутационный процесс в популяциях / В.К. Савченко [и др.]. – Минск: Наука и техника, 1985. – С. 45–50.
4. Кравцова, В.Н. Влияние γ -излучения на изменчивость количественных признаков сортов проса / В.Н. Кравцова // Земледелие и селекция в Беларуси: Сб. науч. тр. / ИЗИС НАН Беларуси; под ред. М.А. Кадырова. – Минск, 2005. – Вып. 41. – С. 210–217.
5. Изучение влияния предпосевного облучения семян хлопчатника тормозным излучением бетатрона СВ-50 на хозяйственно-ценные и морфологические признаки растения / А.С. Алматов [и др.] // Сельскохозяйственная радиобиология: Межвуз. сб. науч. тр. / Кишиневский СХИ; под ред. О.В. Бляндур. – Кишинев, 1989. – С. 19–24.
6. Яшовский, И.В. Селекция и семеноводство проса / И.В. Яшовский. – М.: Агропромиздат, 1987. – 256 с.

7. Шишлов, М.П. Индуцированный мутагенез и рекомбиногенез ячменя и овса / М.П. Шишлов. – Минск, 2004. – С. 5–19.

8. Кравцова, В.Н. К вопросу о связи продуктивности проса с длиной и формой метелки / В.Н. Кравцова // Земледелие и селекция в Беларуси: Сб. науч. тр. / ИЗИС НАН Беларуси; под ред. М.А. Кадырова. – Минск, 2005. – Вып. 41. – С. 217–222.

THE USE OF DECELERATION γ -EMISSION FOR THE INCREASE OF HETEROGENEITY OF MILLET POPULATIONS

V.N. KRAVTSOVA

Summary

The results of the influence of deceleration γ -emission on the variability of morphological and economic attributes of millet varieties are presented.

On the basis of the lead researches it is established, that a method of deceleration γ -emission can be used for the increase of heterogeneity of millet populations, because since M_3 - M_5 generation the increase of a variation of the basic quantitative traits is observed, depending on a studied variety.

Поступила в редакцию 12 мая 2008 г.