

УДК 633.367:631.528.63

## ДЕЙСТВИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ И ХИМИЧЕСКИХ МУТАГЕНОВ НА ЛЮПИН БЕЛЫЙ

Г.Г. ГАТАУЛИНА

(Кафедра растениеводства)

В полевых опытах в условиях Тамбовской области изучали реакцию растений 4 сортообразцов люпина белого на обработку сухих семян  $\gamma$ -лучами в дозах от 5 до 35 кР и химическими мутагенами — нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,003; 0,006 и 0,010% и этиленимином (ЭИ) 0,025 и 0,050%. Составлена схема модификационной изменчивости растений в  $M_1$  в зависимости от дозы мутагена.

Выделенные в  $M_2$  и последующих поколениях мутанты были получены в основном от сортообразца Белый 7 при обработке семян  $\gamma$ -лучами в дозах от 10 до 30 кР.

Методом искусственного мутагенеза создан новый исходный материал для селекции скороспелых и продуктивных сортов люпина белого. Из мутанта 6, характеризующегося ограниченным ветвлением и низкорослостью, получен наиболее скороспелый сорт Старт с урожайностью семян 3—4 т/га и содержанием белка в семенах 37—40%.

Изучение выделенных мутантов в течение 10—17 поколений показало, что большинство из них достаточно стабильно. В то же время у некоторых новых форм мутантные признаки в ряду поколений постепенно элиминируются (хлорофилльные мутанты, карликовая форма и др.).

Под действием радиоактивных излучений и химических мутагенов изменяются процессы роста и развития растений. Эффект действия может изменяться от стимулирую-

щего до летального [1—3, 8]. Индуцированный мутагенез в настоящее время находит широкое применение в селекции прежде всего как способ создания генетического раз-

нообразия растений [4—10]. Известно, что мутагенные факторы в первом поколении ( $M_1$ ) вызывают разнообразные модификации у растений [1, 2, 6—8]. Некоторые исследователи использовали воздействия излучений и химических мутагенов на люпин для получения нового исходного селекционного материала [2, 4, 5, 8].

Цель нашей работы — изучение влияния ионизирующих излучений ( $\gamma$ -лучей в дозах от 5 до 35 кР) и химических мутагенов в различных дозах на рост, развитие, продуктивность сортов белого люпина в  $M_1$ . В дальнейшем эти же вопросы изучались в последующих поколениях. Одной из задач работы было также выявление мутантов начиная с  $M_2$ , выявление особенностей их роста, развития, формирования семян в последующих поколениях, выделение хозяйственно ценных мутантов.

### Методика

В течение 4 лет ежегодно обрабатывали различные образцы семян белого люпина химическими мутагенами и  $\gamma$ -лучами и изучали растения в  $M_1$ , а также в последующих поколениях. Выделенные мутанты выращивали в питомнике мутантов и рассматривали особенности их развития в течение ряда лет, обращая внимание на наследуемость индуцированных мутагенами признаков.

В опытах с химическими мутагенами семена сортов люпина белого (Белый 7, Белый 6, Носовский 3, 2243 и 2242) намачивали в течение 12 ч в растворах нитрозометилмочевины (НММ) в концентрациях 0,003, 0,006 и 0,010 и этиленамина (ЭИ) — 0,025 и 0,050 %.

Затем их промывали водой и сразу высевали в поле. Для контроля семена намачивали в воде.

В опытах с  $\gamma$ -лучами  $^{60}\text{Co}$  семена этих же образцов люпина облучали в дозах 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 и 40 кР за 10 дней до посева.

Полевые опыты проводили на экспериментальной базе учхоза им. Калинина Мичуринского района Тамбовской области на выщелоченном черноземе средней мощности, рН 6,0—6,7.

В первом поколении ( $M_1$ ) вели фенологические наблюдения, учитывали полевую всхожесть и выживаемость, определяли рост растений в высоту, а также семенную продуктивность. Фиксировали степень угнетения и различные отклонения от нормального фенотипа.

Второе и третье поколения ( $M_2$  и  $M_3$ ) высевали по семьям: для посева были взяты целиком потомства отдельных растений. В этих поколениях отмечали растения, отклоняющиеся от исходного сортообразца по длине вегетационного периода, габитусу и степени проявления и развития морфологических признаков, продуктивности.

Семена выделенных в  $M_2$  и  $M_3$  измененных растений высевали отдельными семьями. Те из них, что сохранили измененные признаки, считались мутантными. Количество мутантов подсчитывали в процентах по отношению к общему числу просмотренных растений в  $M_2$ , а также к количеству семей в  $M_3$ .

Наблюдения за мутантными формами проводили в течение 9—10 поколений, а за отдельными из них — более 15 поколений.

### Действие химических мутагенов и излучений на люпин белый в М<sub>1</sub>

Полевая всхожесть и выживаемость растений в вариантах с ЭИ мало отличались от контроля. В вариантах с НММ значения этих показателей зависели от концентрации, условий года и генотипа люпина. Так, при концентрациях НММ 0,003 и 0,006% полевая всхожесть составляла 90—70% к контролю в зависимости от условий года; при концентрации 0,010% — всего 60—40%. В благоприятные по влагообеспеченности и температурному режиму годы выживаемость растений в вариантах с НММ была такой же, как в контроле, а в условиях недостатка влаги составила только 30—50% к контролю.

При обработках ЭИ растения не отставали в развитии от контрольных, в то время как НММ сильно угнетала их рост и развитие.

По степени угнетения растения в вариантах НММ можно разделить на 3 группы. Во время цветения к I группе отнесены растения, у которых конус нарастания главного побега не погиб; они значительно ниже контрольных. На нижних листьях большое количество хлорофилльных пятен. Количество цветков в соцветии небольшое — 5—7, в то время как в контроле — 15—25. Цветки деформированы, парус и крылья сморщены. Наблюдается открытое цветение. Растения, отнесенные к I группе, при разных дозах неравноценны. Так, при дозе НММ 0,010% они ниже ростом и более угнетены, чем при дозе 0,006%. Например, высота растений люпина Белого 7 в начале цветения в первом

случае составила 45 см, а в последнем — всего 25 см.

Ко II группе отнесены растения с погибшим конусом нарастания. Высота их меньше, чем в I группе. Наблюдается много хлорофилльных пятен на листьях и листьев с измененной окраской. Цветки аномального строения. Растения III группы — карлики высотой 5—8 см. У отдельных растений наблюдалось цветение на главном побеге, другие совсем не цвели, были сильно угнетены.

При обработке НММ в дозе 0,006% к I группе в период цветения относилось 73—96% растений в зависимости от сорта (табл. 1). С повышением дозы до 0,010% во много раз увеличилось количество карликов, относящихся к III группе. Выявлены сортовые различия в распределении растений по группам.

В последующие фазы растения отставали в развитии от контроля тем больше, чем выше была концентрация НММ. При концентрации 0,006% растения сформировали на главном побеге всего 1—2 боба с высокой абортивностью семян. При этом усилилось ветвление. При концентрации НММ 0,010% растения были низкорослые, сильно угнетенные, на главном побеге не образовалось бобов, у некоторых растений на побегах I порядка отмечены уродливые бобы с очень высокой абортивностью семян. На побегах II порядка соцветия ветвились, цветки были недоразвитыми. Семенная продуктивность растений при обработке ЭИ существенно не отличалась от контроля, а в вариантах с НММ была значительно ниже (табл. 2).

**Распределение растений по группам (в % от общего количества в период цветения на главном побеге)**

Группа	Белый 7	2243	2242	Белый 6
НММ, 0,006 %				
I	96	93	73	81
II	4	6	27	7
III	0	1	0	11
НММ, 0,010 %				
I	61	43	44	53
II	8	9	8	12
III	31	48	48	35

Таким образом, НММ в испытуемых дозах оказывала сильное угнетающее влияние на рост и развитие растений всех сортов, которое усиливалось вплоть до летального, если условия были неблагоприятны. На растениях, обработанных НММ, было много хлорофилльных пятен. При увеличении дозы повышалось число растений с погибшей центральной точкой роста и растений-карликов с цветками аномального строения. Выжившие растения во второй половине вегетации имели метлообразный вид, их вегетация продолжалась до поздней осени, а продуктивность семян сильно снижалась. Многие растения оказались стерильными. У отдельных бобов с боковых побегов была очень высокая абортивность семян—70—80 %.

Облучение семян  $\gamma$ -лучами оказало разнобразное влияние на люпин белый.

Повышение дозы существенно влияло на динамику появления всходов и выживаемость растений. С увеличением дозы замедлялось появление всходов. Количество взшедших растений в контроле и в

вариантах 5—10 кР незначительно изменялось до конца вегетации. При более высоких дозах отмирание растений усиливалось, причем большая их часть погибала в течение 2 нед после появления максимума всходов. Выживаемость растений при облучении 15 кР составляла 80—90 %, при 20 кР—70 %. При дальнейшем повышении дозы погибало до 40 % взшедших растений.

$\gamma$ -лучи угнетающе действовали на рост растений в высоту. Чем выше доза облучения, тем в большей степени были подавлены ростовые процессы в первый период вегетации. Во время ветвления у ранее угнетенных растений они обычно усиливались, особенно при дозах свыше 20 кР. У растений этих вариантов появилось больше побегов II—III порядков, наблюдалось цветение на них, чего не отмечалось в контроле.

Изучение пыльцы растений разных вариантов показало, что при облучении изменяются ее форма и размер. Для каждого варианта было определено количество пыльцевых зерен в поле зрения микроскопа при увеличении 15х40 в 20-кратной повторности. В поле зрения обычно

## Действие мутагенов на число бобов и семян (шт/раст.) у люпина Белого 7

Вариант	Число бобов		Число семян	
	всего	на главном побеге	всего	на главном побеге
Контроль	9,3±1,1	5,8±0,5	34±4	25±2
ЭИ, 0,025	8,4±0,7	6,1±0,3	31±2	26±2
ЭИ, 0,050	8,4±0,6	6,2±0,3	37±2	32±2
НММ, 0,003	11,5±0,9	6,6±0,4	25±2	17±1
НММ, 0,006	11,3±0,9	5,8±0,3	16±2	10±1
НММ, 0,010	4,8±0,8	2,5±0,4	6±1	4±1

находилось 40—50 пыльцевых зерен. По размеру и морфологическим признакам встречавшаяся пыльца была отнесена к 4 типам (табл.3): I — нормальная пыльца округло-треугольной формы (210—220 мк), II — круглая, неправильной формы (180—220 мк), III — мелкая (150—170 мк), IV — очень мелкая, недоразвитая, прозрачная (100—130 мк).

Уже при дозах 5—10 кР образуется много пыльцы неправильной формы и появляется до 10 % пыльцы очень мелкой, недоразвитой. При 25—35 кР количество такой пыльцы увеличивается до 40—50 %, чем можно объяснить более низкую завязываемость семян и высо-

кую их абортивность у растений, выращенных из облученных семян.

Завязываемость плодов при облучении семян дозами 5—20 кР снижается по сравнению с контролем. При дальнейшем повышении дозы до 35 кР увеличивается число плодов с боковых побегов, что объясняется усилением ветвления, а также большей площадью питания сохранившихся к уборке растений в этих вариантах. Семенная продуктивность растений снижается с повышением дозы [3].

При облучении семян увеличивается изменчивость таких признаков, как высота, число плодов и семян на растении. Коэффициент вариации

## Распределение пыльцы по типам (% к общему количеству) в зависимости от дозы облучения

Доза облучения, кР	Тип пыльцы			
	I	II	III	IV
Контроль	78,1	9,6	12,2	0
5	50,4	48,2	3,0	1,3
10	42,4	40,1	6,8	10,6
15	31,0	40,8	6,9	21,3
20	41,9	33,1	3,6	21,3
25	32,6	20,8	5,3	39,3
35	19,7	12,2	14,1	53,9

повышается по сравнению с контролем по высоте растений с 10—13% до 20—22% при облучении, по числу плодов и семян на растении — соответственно с 30—40 до 60—70%.

На основании проведенных исследований действия излучений и химических мутагенов на люпин белый составлена общая схема модификационной изменчивости растений в  $M_1$  (табл.4).

Т а б л и ц а 4

**Модификационная изменчивость растений люпина белого в  $M_1$  по фазам развития под влиянием обработки семян  $\gamma$ -лучами (в сравнении с контролем)**

Посев — всходы	Всходы — цветение	Цветение — образование бобов, ветвление	Созревание
<i>Доза 5 кР</i>			
Нет изменений. Всходы появляются дружно, через 10—12 дней	Лучшее развитие листьев	Без существенных изменений	Мало отличаются от контроля
<i>Доза 10—15 кР</i>			
Всхожесть близка к контролю	На 5-7 см ниже контроля	Появление 10-20% недоразвитой пыльцы. Увеличивается вариабельность по числу плодов и семян на растении	По продолжительности вегетации мало отличаются от контроля. Увеличение вариабельности по семенной продуктивности, общее снижение числа семян, возрастание абортивности семян
<i>Доза 20—25 кР</i>			
Растянутое появление всходов, снижение всхожести на 10—20%	Погибает 20—30% взошедших растений. Ростовые процессы угнетены	Появление 25—45% недоразвитой пыльцы. Усиливается ветвление выживших растений, образуются побеги III—IV порядков и плоды на них	Вегетация выживших растений затягивается. Повышается вариабельность по числу плодов и семян. Увеличивается доля бобов с боковых побегов и абортивность семян
<i>Доза 30—35 кР</i>			
Очень растянуто появление всходов (более месяца), снижение всхожести на 20—30%	Погибает 40—50% взошедших растений. Ростовые процессы сильно угнетены	Появление 55—70% недоразвитой пыльцы. Усиление ветвления	Вегетация растянута. Увеличено число бобов на побегах высших порядков, семенная продуктивность снижена из-за высокой абортивности семян

Приведенные выше данные позволяют сделать вывод, что люпин белый весьма устойчив к действию  $\gamma$ -излучений. При дозах 10—15 кР отмечаются лишь относительно небольшие изменения в росте, развитии и продуктивности растений. Дозы 20—25 кР дают значительный повреждающий эффект (гибнет 20—30 % взошедших растений), вызывают заметное угнетение ростовых процессов в первой половине вегетации. У выживших растений усиливаются ветвление и доля бобов с высокой абортивностью семян на боковых побегах. С повышением дозы увеличивается вариабельность по высоте, числу плодов и семян, сформировавшихся на растении. Дозы 30—35 кР приводят к гибели почти половины взошедших растений, а у выживших — к сильному угнетению роста до цветения. Эти растения в дальнейшем сильно ветвятся, однако семенная продуктивность их понижена из-за сильной абортивности семян.

Сходное, но более сильное действие оказывает НММ. Даже доза 0,003% вызывает сильное угнетение роста и последующую гибель части растений. Выжившие растения «израстают», т.е. беспредельно ветвятся, семенная продуктивность их понижена. С увеличением дозы повреждающее действие НММ усиливается. При дозе 0,010 % в условиях недостатка влаги растения погибают.

Нами замечено, что на действие любых факторов, вызвавших повреждение, угнетение активных центров роста у люпина белого ( $\gamma$ -лучи в дозах 25—35 кР, НММ в дозах 0,003—0,006 %, град, заморозки), растения в дальнейшем реагируют однозначно: у них появляется боль-

шое число боковых побегов, ветвление часто продолжается до поздней осени, формируются растения типа «метла» с низкой продуктивностью семян, т.е. отмечается «израстание». Таким же образом растения могут реагировать на засуху, если после нее процессы ветвления не закончены, а обеспеченность влагой достаточная. «Израстание» наблюдается в случае вирусного поражения растений. Обычно чем сильнее повреждение, угнетение роста каким-либо фактором, тем в дальнейшем больше «израстание», усиление вегетативного роста боковых побегов, удлинение вегетации и резкое снижение семенной продуктивности.

#### **Морфологические изменения растений в $M_2$ и $M_3$**

Под влиянием обработки НММ большинство семей в  $M_2$  отличалось от контроля по габитусу растений и продуктивности (табл.5).

Особенно много семей, где все растения оказались на 10-30 см выше контрольных и дольше вегетировали. Однако уже в  $M_3$ , а также в последующих поколениях растения мало отличались от контрольных как по габитусу, так и по продолжительности вегетации и продуктивности. Следовательно, указанные изменения, появившиеся в  $M_2$ , являются модификационными.

Кроме того, в  $M_2$  возникали хлорофильные мутации. Например, у сорта Белый 7 при обработке семян НММ в дозе 0,006 % таких растений было 3,3 %, у образцов 2242 и 2243 — 1,2—1,8 %. Наибольшее количество изменений относилось, как отмечалось выше, к габитусу растений (высокорослые и

повышается по сравнению с контролем по высоте растений с 10—13% до 20—22 % при облучении, по числу плодов и семян на растении — соответственно с 30—40 до 60—70 %.

На основании проведенных исследований действия излучений и химических мутагенов на люпин белый составлена общая схема модификационной изменчивости растений в  $M_1$  (табл.4).

Т а б л и ц а 4

**Модификационная изменчивость растений люпина белого в  $M_1$  по фазам развития под влиянием обработки семян  $\gamma$ -лучами (в сравнении с контролем)**

Посев — всходы	Всходы — цветение	Цветение — образование бобов, ветвление	Созревание
<i>Доза 5 кР</i>			
Нет изменений. Всходы появляются дружно, через 10—12 дней	Лучшее развитие листьев	Без существенных изменений	Мало отличаются от контроля
<i>Доза 10—15 кР</i>			
Всхожесть близка к контролю	На 5-7 см ниже контроля	Появление 10-20 % недоразвитой пыльцы. Увеличивается вариабельность по числу плодов и семян на растении	По продолжительности вегетации мало отличаются от контроля. Увеличение вариабельности по семенной продуктивности, общее снижение числа семян, возрастание abortивности семян
<i>Доза 20—25 кР</i>			
Растянутое появление всходов, снижение всхожести на 10—20%	Погибает 20—30% взошедших растений. Ростовые процессы угнетены	Появление 25—45% недоразвитой пыльцы. Усиливается ветвление выживших растений, образуются побеги III—IV порядков и плоды на них	Вегетация выживших растений затягивается. Повышается вариабельность по числу плодов и семян. Увеличивается доля бобов с боковых побегов и abortивность семян
<i>Доза 30—35 кР</i>			
Очень растянуто появление всходов (более месяца), снижение всхожести на 20—30%	Погибает 40—50% взошедших растений. Ростовые процессы сильно угнетены	Появление 55—70% недоразвитой пыльцы. Усиление ветвления	Вегетация растянута. Увеличено число бобов на побегах высших порядков, семенная продуктивность снижена из-за высокой abortивности семян



Приведенные выше данные позволяют сделать вывод, что люпин белый весьма устойчив к действию  $\gamma$ -излучений. При дозах 10—15 кР отмечаются лишь относительно небольшие изменения в росте, развитии и продуктивности растений. Дозы 20—25 кР дают значительный повреждающий эффект (гибнет 20—30 % взошедших растений), вызывают заметное угнетение ростовых процессов в первой половине вегетации. У выживших растений усиливаются ветвление и доля бобов с высокой абортивностью семян на боковых побегах. С повышением дозы увеличивается вариабельность по высоте, числу плодов и семян, сформировавшихся на растении. Дозы 30—35 кР приводят к гибели почти половины взошедших растений, а у выживших — к сильному угнетению роста до цветения. Эти растения в дальнейшем сильно ветвятся, однако семенная продуктивность их понижена из-за сильной абортивности семян.

Сходное, но более сильное действие оказывает НММ. Даже доза 0,003% вызывает сильное угнетение роста и последующую гибель части растений. Выжившие растения «израстают», т.е. беспредельно ветвятся, семенная продуктивность их понижена. С увеличением дозы повреждающее действие НММ усиливается. При дозе 0,010 % в условиях недостатка влаги растения погибают.

Нами замечено, что на действие любых факторов, вызвавших повреждение, угнетение активных центров роста у люпина белого ( $\gamma$ -лучи в дозах 25—35 кР, НММ в дозах 0,003—0,006 %, град, заморозки), растения в дальнейшем реагируют однозначно: у них появляется боль-

шое число боковых побегов, ветвление часто продолжается до поздней осени, формируются растения типа «метла» с низкой продуктивностью семян, т.е. отмечается «израстание». Таким же образом растения могут реагировать на засуху, если после нее процессы ветвления не закончены, а обеспеченность влагой достаточная. «Израстание» наблюдается в случае вирусного поражения растений. Обычно чем сильнее повреждение, угнетение роста каким-либо фактором, тем в дальнейшем больше «израстание», усиление вегетативного роста боковых побегов, удлинение вегетации и резкое снижение семенной продуктивности.

### Морфологические изменения растений в $M_2$ и $M_3$

Под влиянием обработки НММ большинство семей в  $M_2$  отличалось от контроля по габитусу растений и продуктивности (табл.5).

Особенно много семей, где все растения оказались на 10-30 см выше контрольных и дольше вегетировали. Однако уже в  $M_3$ , а также в последующих поколениях растения мало отличались от контрольных как по габитусу, так и по продолжительности вегетации и продуктивности. Следовательно, указанные изменения, появившиеся в  $M_2$ , являются модификационными.

Кроме того, в  $M_2$  возникали хлорофилльные мутации. Например, у сорта Белый 7 при обработке семян НММ в дозе 0,006 % таких растений было 3,3 %, у образцов 2242 и 2243 — 1,2—1,8 %. Наибольшее количество изменений относилось, как отмечалось выше, к габитусу растений (высокорослые и

Т а б л и ц а 5

Распределение семей люпина Белого 7 по группам в  $M_2$  (%)

Группа	Характеристика растений	Концентрация НММ, %		
		0,006	0,010	0,012
1	Нормальные	27,7	30,6	33,3
2	Низкорослые	4,5	—	16,7
3	Высокорослые	40,0	25,0	50,0
4	Невыравненные (высокорослые и нормальные)	7,6	36,1	—
5	По габитусу сходные с контролем, но малопродуктивные	22,2	8,3	—

низкорослые), а также к снижению семенной продуктивности. При обработке ЭИ семьи в  $M_2$  в целом не отличались от контрольных по общему габитусу растений. Учет отдельных измененных растений

в  $M_2$  показал, что среди них преобладали особи с хлорофильными мутациями. Выход измененных растений варьировал от 0 до 2,0% к изученным в зависимости от сорта и концентрации (табл.6).

Т а б л и ц а 6

Выход измененных растений в  $M_2$  и  $M_3$  под влиянием ЭИ

Показатель	ЭИ, 0,025%		ЭИ, 0,050%	
	$M_2$	$M_3$	$M_2$	$M_3$
Количество изученных растений	2400	6700	2400	3600
Количество измененных растений:				
шт.	34	14	46	16
% к изученным	1,40	0,20	1,90	0,44

Химические мутагены в  $M_2$  давали 1,4—2,5 % измененных форм, с повышением концентрации их выход увеличивался. По сортам картина довольно пестрая, и разброс полученных данных не позволяет сделать определенных заключений.

Измененные растения, выделенные в  $M_2$ , высевали в питомнике мутантов, остальные — пересевали

по семьям. В  $M_3$  продолжалось выделение измененных форм, в том числе и хлорофильных мутантов. Выход таких форм в процентах от изученных растений в  $M_3$  резко снижается, но если его рассчитывать на число семей, то он остается практически таким же, как в  $M_2$ .

Обработка сухих семян  $\gamma$ -лучами  $^{60}\text{Co}$  непосредственно перед посе-

вом позволила получить значительное количество измененных форм в  $M_2$ , спектр которых показан в табл. 7.

Больше всего изменений относилось к габитусу растения — типы 1—3, а также к форме и окраске листьев — типы 5, 6, развитию цвет-

ков (типы 8, 9, 10) и плодов (типы 16, 17, 18, 19).

При обработке  $\gamma$ -лучами четко проявились сортовые различия. У сорта Белый 7 было в 4—5 раз больше мутантных форм, чем у других образцов (табл. 8).

Т а б л и ц а 7

Типы изменений (мутаций и модификаций) в  $M_2$ ,  
возникших под влиянием  $\gamma$ -лучей

№ типа	Характеристика
1	Низкорослость, карликовость
2	Высокорослость, усиление ветвления
3	Раннеспелость
4	Позднеспелость
5	Окраска листьев (светло-зеленая, желтая, мозаичная, темно-зеленая, с хлорофилльными пятнами, белая)
6	Форма листочков (деформированные, гофрированные, ковшеобразные, утолщенные, узкие, с черешками, морщинистые, округлые)
7	Размер листочков (крупные, мелкие)
8	Недоразвитие цветков
9	Закрытое цветение (парус не раскрывается)
10	Формирование цветков и бобов в пазухе верхнего листа
11	Фасциация стебля, цветоноса
12	Вьющийся (скрученный) стебель
13	Стерильные
14	Форма и размер бобов
15	Окраска цветков
16	Пониженная продуктивность семян
17	Высокая abortивность семян
18	Повышенная семенная продуктивность
19	Высокая завязываемость бобов
20	Угол отклонения боковых побегов (острый)
21	Увеличенное ветвление
22	Размер семян

За годы испытаний при облучении дозами 10—30 кР в  $M_2$  было изучено 6850 растений сорта Белый 7, среди них выявлено 306 измененных растений, или 4,5 % к числу изученных, а у Белого 6 из 8720 изученных растений измененных

оказалось только 77, или 0,8 %. У других образцов — Носовского 3, 2242, 2243, 2252 — изменчивость находилась в пределах 0,5—1,5 %.

В  $M_3$  мутационный процесс продолжался: вновь появились измененные формы (табл. 9).

**Выход измененных растений сортов Белый 7 и Белый 6\* в  $M_2$   
в зависимости от дозы  $\gamma$ -лучей**

Показатель	Конт- роль	Доза $\gamma$ -лучей, кР					
		5	10	15	20	25	30
<i>Белый 7</i>							
Количество изу- ченных растений	1600	450	1530	1500	1170	1100	1550
Количество изме- ненных растений:							
шт.	22	10	75	70	63	37	61
% к изученным	1,3	2,2	4,9	4,7	5,4	3,4	3,9
<i>Белый 6</i>							
Количество изу- ченных растений	1640	470	1600	1600	1680	2340	1500
Количество изме- ненных растений:							
шт.	4	3	16	8	23	16	14
% к изученным	0,2	0,6	1,0	0,5	1,3	0,7	1,1
* Другие образцы (Носовский 3, 2242, 2243, 2252) по выходу измененных растений существенно не отличались.							

У Белого 7 почти половину таких форм составляли высокорослые сильно ветвящиеся формы, однако отмечены также низкорослые и скороспелые. Доля хлорофилльных мутаций была относительно невелика — 10—15 %, в то время как у других сортов на этот тип мутаций приходилась большая часть измененных форм, хотя по количеству хлорофилльных форм сорта существенно не различались.

В  $M_3$  Белый 7 был почти в 10 раз мутабельнее других образцов. В связи с резким увеличением числа растений в  $M_3$  выход измененных форм в процентах к количеству растений в этом поколении сильно снижался, в расчете же на число семей он

составлял у Белого 7 70—90% в зависимости от дозы, у Белого 6 — 6—10%, в  $M_2$  — соответственно 50—120 и 10—20%.

#### Индукцированные мутанты

Наблюдения за мутантами велись в течение 9—10 поколений, а в ряде случаев на протяжении 15—17 поколений. Ниже мы приводим характеристику некоторых мутантов в разных поколениях в сравнении с исходным сортом Белый 7. Описание начинаем с поколения  $M_3$ , когда подтвердилось, что признаки, по которым проводился отбор в  $M_2$ , наследственные. Отмечаем признаки, отличающие форму от исходного сорта.

Выход измененных растений в  $M_3$  (% к изученным)

Образец	Конт- роль	Доза $\gamma$ -лучей, кР				
		10	15	20	25	30
Белый 7	0,70	1,60	1,70	1,30	1,20	1,70
Белый 6	0,0	0,1	—	0,16	0,18	0,15
Носовский 3	0,0	—	—	0,28	0,12	—
2252	0,0	—	—	0,00	0,15	—

*Мутант 1 (10 кР):*

$M_3$  - низкорослые, скороспелые растения с мелкими семенами. Боковые побеги I порядка отходят под острым углом. По массе семян с I растения менее продуктивны, чем контроль. Хозяйственно ценные признаки — низкорослость, скороспелость, мелкосемянность.

$M_4, M_5$  - мутантные признаки полностью сохранились. На боковых побегах I порядка и главном побеге цветение происходит почти одновременно. Характерна высокая завязываемость плодов вплоть до верхних цветков в отличие от контроля, однако верхние плоды впоследствии опадают.

$M_6$  - появились отдельные высокорослые растения.

$M_7, M_8$  - отмечается невыравненность растений по высоте. Отдельные растения высокорослые, как в контроле.

$M_9, M_{10}$  - мутантные признаки сохранены, преобладают низкорослые растения (50—60 см), но есть и более высокорослые (70—75 см).

*Мутант 3 (20 кР):*

$M_3$  - длинный главный побег, высокое прикрепление нижних бобов, короткие побеги I порядка.

$M_4$  - признаки те же: растения более продуктивны по сравнению с контролем.

$M_5$  - растения фенотипически не отличались от контроля.

$M_6$  - растения более низкорослые и скороспелые в сравнении с контролем.

$M_7—M_{10}$  - невыравненная линия, есть низкорослые и высокорослые растения.

*Мутант 5 (20 кР):*

$M_3$  - скороспелая семья, боковые побеги под острым углом, цветение и созревание дружные.

$M_4$  - низкорослые, скороспелые, мелкосемянные растения. По массе семян с I растения уступают контролю.

$M_6—M_{10}$  - мутантные признаки — низкорослость, скороспелость, мелкосемянность, отрастание боковых побегов под острым углом — сохранились.

*Мутант 6 (25 кР):*

$M_3$  - все растения низкорослые, скороспелые и продуктивные, созрели на 2 нед раньше контроля. Более высокая завязываемость плодов, но плоды и семена мельче контрольных.

$M_4$  - все мутантные признаки отчетливо проявились. В отличие от контроля отмечается образование цветков и плодов не только на соцветии, но и в пазухе верхних листьев.

$M_5$  - очень выравненная по высо-

те (как подстрижена), самая низкорослая и скороспелая линия из всех коллекционных образцов и мутантов. Цветение и созревание дружные. Завязываемость плодов высокая, масса 1000 семян на 20—30 % ниже контроля.

$M_6$ — $M_{10}$  - все мутантные признаки четко проявляются.

Эта мутантная линия положила начало сорту Старт - наиболее скороспелому из сортов белого люпина, устойчиво созревающему во все годы в условиях северной части Центрально-Черноземного региона.

#### *Мутант 8 (25 кР):*

$M_3$  - растения с пестрой окраской листьев, бобы сильно поражаются бактериозом.

$M_4$  - признаки те же.

$M_5$  - появилась примерно треть растений, у которых листья были нормально окрашенные.

$M_6$  - продолжается появление растений с нормальной окраской листьев. К  $M_{10}$  пестролистность утрачена.

#### *Мутант 11 (15 кР):*

$M_3$ — $M_4$  - карликовая форма, главный и боковые побеги очень короткие, листочки мелкие с короткими черешками, главного стебля почти не видно, кажется, что на растении одни бобы.

$M_5$  - кроме карликовых растений, в семье появились нормальные растения и низкорослые.

$M_6$  - карликовая форма элиминировалась.

*Мутант 13 (сорта Носовский 3, 20 кР):*

$M_3$  - главный побег длинный, скрученный, «вьющийся», очень крупные листья и бобы.

$M_4$  - в семье с указанными мутан-

тными признаками появились 2 растения с нормальным стеблем. Они оказались алкалоидными.

$M_5$ — $M_6$  - из семян с растений со скрученным стеблем и гигантскими бобами были получены растения нормальные и промежуточного типа.

$M_7$  - форма с мутантными признаками исчезла.

Большинство мутантных линий показало высокую стабильность в ряде поколений.

### **Заключение**

При облучении семян  $\gamma$ -лучами сорт Белый 7 по мутабельности в несколько раз превосходил другие образцы, выход измененных форм (4—5 % к числу изученных растений) был выше, чем при действии химических мутагенов. Дозы от 10 до 30 кР практически давали одинаковый выход измененных растений. Испытание в последующих поколениях позволило выявить истинно мутантные формы. Почти все они получены в результате обработки  $\gamma$ -лучами семян сорта Белый 7.

Методом искусственного мутагенеза создан новый исходный материал для селекции люпина белого. Этот вид характеризуется продолжительным вегетационным периодом, поэтому особую ценность представляют низкорослые и скороспелые мутанты с ограниченным ветвлением.

Полученный методом искусственного мутагенеза с помощью облучения сортообразца Белый 7  $\gamma$ -лучами в дозе 25 кР с последующим отбором сорт Старт - наиболее скороспелый и мелкосемянный из сортов люпина белого. Он характеризуется высокой семенной продуктивностью (3—4 т/га) при содержании в семе-

нах 37—40 % белка и 12—14 % жира, устойчиво созревает в условиях Центрально-Черноземной зоны.

Люпин белый проявляет высокую степень устойчивости к облучению сухих семян. Даже при весьма высокой дозе (35 кР) не было выявлено сильного угнетения прорастания семян. Выживаемость растений зависела от дозы облучения: при 15 кР она составила 80—90 %, при 35 кР - 70—60 % к контролю, причем гибель растений отмечалась в течение 2 нед после полного появления всходов.

На основании исследований составлена схема модификационной изменчивости растений люпина белого в  $M_1$  под влиянием облучения  $\gamma$ -лучами. Дозы 10—15 кР вызывают относительно небольшие изменения в росте, развитии и продуктивности растений в сравнении с контролем. С повышением дозы усиливается угнетение ростовых процессов в первой половине вегетации, а во второй - растения сильно ветвятся, однако их семенная продуктивность понижена из-за сильной абортивности семян.

От сорта Белый 7 было выделено и изучено в течение 10—17 поколений более 80 жизнеспособных макромутаций, у которых в ряде поколений подтверждена наследуемость отмеченных при отборе изменений. Выделенные мутанты, как правило, отличаются от контроля комплексом признаков. При изменении даже одного морфологического или физиологического признака изменяется норма реакции растений в сравнении с контролем, растения по-иному развиваются, меняется их продуктивность.

Во многих мутантных линиях, представляющих потомство одного мутантного растения, при выращивании без изоляции в ряде поколений появляются новые формы, усиливается невыравненность растений по габитусу (высокорослые и низкорослые). По-видимому, это частично объясняется появлением новых мутантных форм, а также возможным перекрестным опылением (мутанты 11, 13, 17, 12, 16, 29, 30, 24, 26, 37, 38).

Некоторые мутантные признаки постепенно элиминируются и мутантная линия, характеризующаяся четкими однотипными морфологическими измененными признаками в первых поколениях, к  $M_6$  теряет их (мутанты 17, 11, 13, 24, 57, 39, 22). Так постепенно исчезли все хлорофилльные мутанты, мутант со скрученным стеблем и гигантскими плодами, розеточная карликовая форма. Однако большинство мутантных форм характеризуется стабильностью. В частности, к ним относится мутант 6, положивший начало сорту Старт.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Батыгин Н.Ф., Савин В.Н. Использование ионизирующих излучений в растениеводстве. М: Колос, 1966. - 2. Бовтрамович И.Б. Создание нового исходного материала белого люпина методом экспериментального мутагенеза и его селекционно-генетическое изучение. - Автореф. канд. дис. Жодино, 1976. - 3. Гатаулина Г.Г. Действие излучений и химических мутагенов на белый люпин в первом поколении. - Докл. ТСХА, 1967, вып. 131, с. 111—113. - 4. Густафссон А. Мутационная теория и ее применение

- ние в селекции растений. - С.-х. биол., 1968, т. 3, № 1, с. 26—37. - 5. *Дебелый Г.А., Зекунов А.В.* Спонтанная и индуцированная изменчивость у сортов узколистного люпина. - Генетика, 1977, т. 13, № 13, с. 1949—1954. - 6. *Санаев Н.Ф.* Влияние гамма-облучения на спектр и частоту изменчивости люпина. - Цитология и генетика, 1979, т. 13, № 2, с. 92—95. - 7. *Сидорова К.К.* Сравнительное изучение радиочувствительности и мутабельности разных сортов гороха при гамма-облучении. - Генетика, 1967, № 4, с. 34—46. - 8. *Солодюк Н.В.* Создание исходного материала для селекции люпина методом экспериментального мутагенеза. - Селекция, семеноводство и приемы возделывания люпина. Орел, 1974, с. 251—258. - 9. *Plarre M.* Mutation breeding. - Proceed. of 6 th Intern. Lupin Conf., Chile, 1990, p. 340—349. - 10. *Swiecicki W.* Developments in *L. albus* breeding. - Proceed. of the Fourth Intern. Lupin Conf. Geralton, W. Austr., 1986, p. 14—19.

*Статья поступила 11 июня  
1994 г.*

## SUMMARY

In field experiments conducted in Tambovsky region the response of plants of 4 white lupin variety samples to treatment of dry seed with  $\gamma$ -rays in doses from 5 to 35 kR and with chemical mutagenes nitrosomethylurea (NMU) in concentration 0.003; 0.006 and 0.010 % and with ethylene imine (EI) in concentration 0.025 and 0.050 % was studied. The chart of modification variability of plants in  $M_1$  depending on mutagene dose has been drawn up.

The mutants found in  $M_2$  and in subsequent generations were mostly obtained from variety sample Bely-7 with treating the seed with  $\gamma$ -rays in doses from 10 to 30 kR.

New initial material for selection of early maturing and productive of white lupine has been developed using artificial mutagenesis technique. From mutant 6 which is low and has limited branching the most early maturing variety Start with seed yield 3—4 t/ha and protein content in seed 37—40 % has been obtained.

The study of the mutants in 10—17 generations has shown that most of them are stable enough. At the same time in some new forms the mutant characters gradually eliminate generation series (chlorophyll mutants, dwarf form and others).