

СОЗДАНИЕ НОВОГО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА (*LINUM USITATISSIMUM L.*) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ХИМИЧЕСКОГО МУТАГЕНЕЗА

П. Р. ХАМУТОВСКИЙ, Е. М. ХАМУТОВСКАЯ, Д. В. БАЛАШЕНКО, А. В. РЫЖКОВА

РУП «Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН Беларуси»,
аг. Дашковка, Республика Беларусь, 213108

(Поступила в редакцию 25.01.2021)

В статье приведены результаты изучения действия химических мутагенов нитрозометилмочевины (НММ) и нитрозогуанадина (НГУД) при различных концентрациях и экспозиции выдержки на полевую всхожесть семян, выживаемость, фенотипическую изменчивость растений льна-долгунца сортов Могилевский, Ритм, Малахит и Drakkar.

В результате проведенных исследований и наблюдений выявлено, что химические мутагены нитрозометилмочевина (НММ) и нитрозогуанадин (НГУД) в питомнике мутантов первого поколения M_1 снижали полевую всхожесть семян льна-долгунца, выживаемость растений, задерживали развитие растений, увеличивая продолжительность вегетационного периода, при этом увеличение концентрации мутагена усиливало угнетающее действие на семена и развитие растений. Изучаемые концентрации мутагенов снижали полевую всхожесть семян по сравнению с контролем на 18,2 %–62,4 % на всех исследуемых сортах льна-долгунца. Прослеживалось отрицательное влияние химических мутагенов на выживаемость растений льна-долгунца прямо пропорционально их концентрации и экспозиции выдержки.

В результате оценки полученного при помощи химического мутагенеза селекционного материала льна-долгунца в питомнике мутантов третьего поколения M_3 было установлено, что максимальное количество семей льна-долгунца, у которых содержание волокна превышает контрольный вариант, получены у сорта Могилевский и Малахит в варианте обработки нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,01 % с экспозицией 12 и 18 часов – 7,74 %, 5,71 % и 7,42 % соответственно; у сорта Drakkar – в варианте обработки нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,12 % с экспозицией 12 часов – 7,36 %; у сорта Ритм – в варианте обработки нитрозогуанадином (НГУД) в концентрации 0,01 % с экспозицией выдержки 6 часов – 5,92 %. Выделенные перспективные мутантные формы льна-долгунца с комплексом хозяйственно полезных признаков представляют практическую ценность и будут использованы в дальнейшем селекционном процессе этой культуры.

Ключевые слова: лен-долгунец, химические мутагены, сорт, мутантные формы.

The article presents results of research into the influence of chemical mutagens nitrosomethylurea (NMU) and nitrosoguanidine (NG) at various concentrations and exposure time on field germination of seeds, survival rate, phenotypic variability of long-fiber flax plants of varieties Mogilevskii, Ritm, Malakhit and Drakkar.

As a result of the research and observations, it was established that chemical mutagens nitrosomethylurea (NMU) and nitrosoguanidine (NG) in the nursery of the first generation M_1 mutants reduced the field germination of long-fiber flax seeds, plant survival, delayed plant development, increasing the duration of the growing season, while increased mutagen concentration increased the inhibitory effect on seeds and plant development. The studied concentrations of mutagens reduced the field germination of seeds in comparison with the control by 18.2 %–62.4 % on all studied varieties of long-fiber flax. The negative effect of chemical mutagens on the survival rate of long-fiber flax plants was traced in direct proportion to their concentration and exposure of the extract.

As a result of the assessment of long-fiber flax breeding material obtained by means of chemical mutagenesis in the nursery of third generation M_3 mutants, it was found that the maximum number of long-fiber flax families in which the fiber content exceeds the control variant was obtained from varieties Mogilevskii and Malakhit in the variant of treatment with nitrosomethylurea (NMU) at a concentration of 0.01 % with an exposure of 12 and 18 hours – 7.74 %, 5.71 % and 7.42 %, respectively; in the Drakkar variety – in the variant of treatment with nitrosomethylurea (NMU) at a concentration of 0.12 % with an exposure of 12 hours – 7.36 %; in the Ritm variety – in the variant of treatment with nitrosoguanidine (NG) at a concentration of 0.01 % with an exposure time of 6 hours – 5.92 %. The isolated promising mutant forms of long-fiber flax with a complex of economically useful traits are of practical value and will be used in the further breeding process of this crop.

Key words: long-fiber flax, chemical mutagens, variety, mutant forms.

Введение

Одной из первоочередных задач селекции растений является создание исходного материала с хозяйственно ценными признаками. В мировой практике индуцирование мутаций признано одним из важных методов создания разнообразия в исходном материале. Индуцированный мутагенез в сотни раз увеличивает частоту появления измененных форм, и поэтому в настоящее время он признан достаточно эффективным методом создания генетической вариабельности у растительных организмов. Широкое использование метода экспериментального мутагенеза открывает большие возможности для прогресса в селекции культурных растений, использование индуцированных мутаций в селекции сельскохозяйственных культур позволяет решить ряд задач, стоящих перед генетиками и селекционерами, одной из которых является расширение генетического разнообразия создаваемых сортов [1, 2, 3].

В экспериментальном мутагенезе для индуцирования мутаций используют главным образом химические мутагены [4]. Использование химических мутагенов для улучшения хозяйственно полезных признаков и свойств культурных растений представляется весьма перспективным. Ценным качеством химических мутагенов является их способность индуцировать большое число мягких изменений при сохранении нормальной жизнеспособности растений [5]. Поэтому в настоящее время в селекционной практике разных сельскохозяйственных культур для получения нового исходного материала, кроме классических методов селекции, широко применяется и метод химического мутагенеза. Применение

этого метода увеличивает изменчивость морфо-биологических признаков у растений и позволяет индуцировать мутации с новыми признаками и свойствами, и, следовательно, способствует ускорению селекционного процесса [6, 7]. Мутации поставляют селекционеру новый генетический исходный материал, который может быть использован для создания сортов как в чистом виде, так и в качестве родительских форм при гибридизации [8, 9, 10].

Большинство сортов льна было создано с помощью классических методов селекции. В связи с этим вопросы по разработке новых способов расширения генетической изменчивости этой культуры нуждаются в постоянном внимании ученых. Мутагенез занимает одно из ведущих мест среди тех приемов, которые с успехом можно использовать для создания новых сортов. Использование метода химического мутагенеза позволяет за короткий срок создавать ценный исходный материал с разнообразными морфологическими и физиологическими признаками, биохимическими показателями, увеличивать частоту и расширять спектр оригинальных мутаций [11]. В экспериментальном мутагенезе в ряде случаев удается изменить ограниченное число признаков растения, и, если эти признаки являются полезными, мутантные формы требуют только размножения и обычного испытания для получения нового сорта. Однако в большинстве случаев мутанты требуют дальнейшей работы с ними, чаще всего скрещивания либо с исходным сортом, либо с другими сортами или мутантами [12].

Цель исследований – создание с использованием метода химического мутагенеза новых селекционно-ценных форм льна-долгунца с морфологическими, биологическими и основными хозяйственно ценными признаками и свойствами.

Основная часть

Исследования по изучению действия химических мутагенов на семена и растения льна-долгунца проводили в питомнике мутантов M_1 , по изучению и оценке полученных и отобранных форм льна-долгунца второго и третьего мутантного поколения – в питомнике мутантов M_2 и M_3 , которые были заложены в полевых опытах селекционного участка.

Агротехнические мероприятия по защите растений льна-долгунца в питомниках мутантов M_1 - M_3 от болезней и сорной растительности проводили согласно отраслевому регламенту возделывания этой культуры [13]. Уход за посевами льна, учеты и наблюдения выполняли согласно методическим указаниям по селекции льна-долгунца [14].

Схема опыта включала обработку семян сортов льна-долгунца Могилевский, Ритм, Малахит и Drakkar химическими мутагенами нитрозометилмочевиной (НММ) в концентрации 0,006 %; 0,01 %; 0,12 % и 0,25 %, экспозиция составляла 6, 12 и 18 часов, и нитрозогуанадином (НГУД) в концентрации 0,01 %; 0,05 %; 0,1 % и 0,15 %, экспозиция – 6, 12 и 18 часов.

Химические мутагены предварительно растворяли до нужной концентрации в дистиллированной воде для получения водного раствора. Сухие семена обрабатывали при комнатной температуре в соответствии со схемой опыта. После промывки в водопроводной воде их просушивали и высевали на опытные делянки.

Посев питомника мутантов M_1 проводили вручную по 200 обработанных химическими мутагенами семян на 1 метр погонный согласно схеме опыта в трехкратной повторности. В качестве контроля использовали изучаемые сорта без обработки мутагенами, семена которых замачивали в воде и которые высевали перед вариантами с обработкой семян. В период вегетации в первом мутантном поколении M_1 учитывали всхожесть семян, проводили фенологические наблюдения за ростом и развитием растений льна-долгунца, отмечали морфологические и физиологические отклонения от контроля, учитывали количество выживших растений в ранней желтой спелости.

Посев питомника мутантов второго поколения M_2 проводили на высоком агротехническом фоне с междурядьями 15 см. с густотой 150–200 штук семян на один погонный метр ряда под специальный маркер. Через каждые семь делянок высевали контрольные сорта. Мутантные популяции льна-долгунца питомника мутантов второго поколения M_2 были выделены из вариантов опыта, которые включали обработку семян этих сортов в предыдущий год химическими мутагенами.

Посев питомника мутантов третьего поколения M_3 в количестве 560 семей был проведен луночным способом на высоком агротехническом фоне с площадью питания 2,5 x 2,5 см. на 1 растение под специальный маркер. Почву под луночные посевы рыхлили на глубину 10–12 см, разделявали граблями до мелкокомковатой структуры с удалением всех крупных примесей и корневищ сорняков. Затем ее уплотняли под специальный маркер, делали лунки, в которые раскладывали семена. Лунки заделывали чистым песком, питомник обсеивали двумя защитными рядками сплошного посева. Наряду с мутантами для сравнения высевали соответствующие контрольные сорта (Могилевский, Ритм, Малахит, Drakkar) без обработки мутагенами. Посев рядкового питомника мутантов третьего поколения M_3 также проводился на высоком агротехническом фоне с междурядьями 15 см. Через каждые десять делянок также высевали контрольные сорта.

В результате проведенных исследований было отмечено, что полевая всхожесть семян, обработанных химическими мутагенами нитрозометилмочевиной (НММ) и нитрозогуанадином (НГУД), у изучаемых сортов в питомнике мутантов первого поколения M_1 варьировала в пределах 22,9–75,2 % (табл.

1). Изучаемые концентрации мутагенов снижали полевую всхожесть семян по сравнению с контролем на 18,2–62,4 % у всех исследуемых сортов льна-долгунца. Наименьшая всхожесть составила на вариантах опыта, где семена были обработаны концентрацией мутагена нитрозогуанадина (НГУД) 0,1 % и 0,15 % с экспозицией 12 и 18 часов, и составила 22,9–39,0 %. В этих же вариантах опыта отмечена и повышенная гибель растений от полных всходов до фазы «елочка» и «быстрый рост». Погибшие растения, в том числе и на других вариантах опыта, имели недоразвитую корневую систему, были низкорослыми, с мелкими листьями, без семян и т.д. Наименьшее снижение полевой всхожести (до 22,9–39,0 %) отмечено у сорта Drakkar при обработке семян нитрозогуанадином (НГУД) и нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,15 % и 0,25% соответственно с экспозицией выдержки 18 часов. Выживаемость растений льна-долгунца в опыте варьировала в зависимости от типа мутагена, его концентрации, экспозиции выдержки и обрабатываемого сорта и была в пределах показателей 7,2–55,1 %, прослеживалось отрицательное влияние мутагенов прямо пропорционально их концентрации и экспозиции выдержки на этот показатель. Выживаемость растений льна-долгунца у всех исследуемых сортов при обработке мутагеном нитрозометилмочевинной (НММ) была в среднем на 5,9–10,8 % выше, чем при обработке мутагеном нитрозогуанадином (НГУД). Фенологическими наблюдениями также отмечено, что появление всходов у обработанных мутагенами семян исследуемых сортов было продолжительным и растянутым.

Таблица 1. Влияние концентрации химических мутагенов и различной экспозиции при обработке семян на полевую всхожесть и выживаемость растений льна-долгунца в М₁

Мутаген, концентрация	Экспозиция, час	Могилевский		Ритм		Малахит		Drakkar	
		всхожесть, %	выживаемость, %	всхожесть, %	выживаемость, %	всхожесть, %	выживаемость, %	всхожесть, %	выживаемость, %
Без обработки (контроль Н ₂ O)		90,2	83,2	93,4	85,1	91,7	88,4	85,3	80,2
НММ - 0,006%	6	73,2	55,1	71,1	54,2	75,2	53,9	67,5	50,0
НММ - 0,01%	6	70,1	50,2	65,2	49,3	69,1	48,1	62,1	48,5
НММ - 0,12%	6	54,3	48,3	58,3	47,4	60,3	46,5	53,0	45,0
НММ - 0,25%	6	49,6	42,1	51,1	40,1	57,1	43,2	45,2	39,7
НММ - 0,006%	12	71,3	30,3	69,1	30,0	71,9	29,1	64,0	31,7
НММ - 0,01%	12	68,5	28,1	63,4	25,0	69,0	26,2	61,3	28,0
НММ - 0,12%	12	49,1	26,2	55,2	26,0	60,3	25,0	53,7	27,0
НММ - 0,25%	12	48,2	21,7	47,9	24,3	52,7	22,0	45,2	21,8
НММ - 0,006%	18	61,0	28,2	60,2	25,0	62,1	24,3	58,7	22,1
НММ - 0,01%	18	58,3	27,1	55,8	26,0	57,0	22,1	46,2	20,0
НММ - 0,12%	18	47,1	22,4	45,6	22,0	48,5	19,1	42,0	19,7
НММ - 0,25%	18	42,0	20,9	40,7	19,9	41,3	18,0	39,0	18,1
Без обработки (контроль Н ₂ O)		89,5	80,3	87,1	82,0	93,4	90,1	90,1	85,0
НГУД - 0,01%	6	65,3	43,0	69,7	45,0	72,5	49,2	73,8	47,2
НГУД - 0,05%	6	61,0	40,2	63,2	42,1	65,7	43,7	64,2	42,3
НГУД - 0,1%	6	45,3	35,3	49,3	38,9	50,1	40,3	51,3	39,8
НГУД - 0,15%	6	43,1	30,9	45,1	30,1	47,2	35,7	46,2	31,0
НГУД - 0,01%	12	63,2	36,7	62,3	35,3	59,9	36,8	55,1	32,1
НГУД - 0,05%	12	48,1	32,2	50,9	33,3	49,3	32,0	47,8	30,0
НГУД - 0,1%	12	38,3	28,0	39,0	27,0	37,4	28,5	36,1	26,7
НГУД - 0,15%	12	35,0	21,1	31,7	20,0	30,9	22,7	29,3	20,0
НГУД - 0,01%	18	60,0	22,3	55,3	21,1	59,5	23,0	52,1	18,1
НГУД - 0,05%	18	45,3	20,1	48,5	17,5	47,8	19,9	43,6	15,0
НГУД - 0,1%	18	29,1	18,0	28,9	12,3	29,3	14,1	24,5	10,2
НГУД - 0,15%	18	25,3	11,0	27,4	8,0	26,1	12,3	22,9	7,2

Повышенные концентрации химических мутагенов нитрозометилмочевинной (НММ) и нитрозогуанадина (НГУД) оказывали угнетающее действие на семена. Позднее всех, на 14 день, всходы были отмечены у всех сортов на вариантах опыта, где семена были обработаны высокой концентрацией мутагенов – НММ – 0,25 %, НГУД – 0,1 %, НГУД – 0,15 % и экспозиция составляла 12 и 18 часов.

В течение периода вегетации в питомнике мутантов первого поколения М₁ наблюдалось отставание в развитии растений льна-долгунца на всех сортах в зависимости от концентрации химического мутагена, чем выше концентрация, тем больше наблюдалось отставание в развитии, мутагены затягивали развитие растений, увеличивая продолжительность вегетационного периода. Продолжительность вегетационного периода в вариантах с обработкой семян высокой концентрацией мутагенов и большей экспозицией была на 3–6 дней длиннее, чем в контроле.

Также отмечалась пестрота растений льна-долгунца по высоте растений в пределах варианта опыта, обработанных химическими мутагенами. Особенно сильно различались по высоте растения льна-долгунца на всех исследуемых сортах, которые были обработаны мутагеном нитрозогуанадином (НГУД) в концентрации 0,1 % и 0,15 % с экспозицией 12 и 18 часов.

В результате проведенных фенологических наблюдений в питомнике мутантов второго поколения М₂ была отмечена различная продолжительность межфазных периодов роста и развития растений льна в отдельных вариантах опыта в зависимости от сорта, концентрации мутагена и экспозиции выдержки,

отмечены растения более раннеспелые и позднеспелые по отношению к контрольным вариантам. Уменьшение вегетационного периода на 1–2 дня было отмечено у сортов Могилевский при обработке НММ в концентрации 0,01 % с выдержкой 6 часов; Малахит – НММ в концентрации 0,12 % с выдержкой 6 часов и в концентрации 0,25 % с выдержкой 6 часов; Drakkar – нмм в концентрации 0,12 % с выдержкой 12 часов и при обработке нгуд в концентрации 0,05 % с выдержкой 6 часов.

В результате проведения морфологического анализа растений льна-долгунца питомника мутантов второго поколения M_2 установлено, что химические мутагены НММ и НГУД в основном вызывали уменьшение общей и технической высоты стебля, количества семенных коробочек на растениях, но практически в каждом варианте опыта отмечались отдельные высокорослые растения, а также растения с большим количеством коробочек и числом семян в коробочках, которые были выделены и в дальнейшем использованы для закладки питомника мутантов третьего года M_3 . Общая высота растений у изучаемых сортов, обработанных химическими мутагенами нитрозометилмочевинной (НММ) и нитрозогуанадином (НГУД), варьировала в пределах 80,0–89,0 см по сорту Могилевский (в контрольном варианте – 89,2–89,3 см); 84,3–88,0 см по сорту Ритм (в контрольном варианте – 87,4–87,5 см); 86,5–88,6 см по сорту Малахит (в контрольном варианте – 88,6–88,7 см); 89,1–91,5 см по сорту Drakkar (в контрольном варианте – 91,7–91,8 см)

У сорта Drakkar при обработке химическим мутагеном нитрозогуанадин (НГУД) в концентрации 0,1 % с экспозицией выдержки 12 часов были отмечены низкорослые растения с увеличенным числом коробочек на растении и более крупными семенами.

При действии отмеченных химических мутагенов в питомнике мутантов M_2 был выявлен целый ряд изменений различного типа, выделены растения льна-долгунца с различной окраской цветка: белой, розовой, красной и другими оттенками, которые были обнаружены, например, в вариантах опыта при обработке мутагеном нитрозогуанадин (НГУД) в концентрации 0,01–0,15 % при экспозиции 12–18 часов на сорте Малахит. Также в питомнике мутантов M_2 отмечались растения с различными морфологическими изменениями, были отмечены такие морфологические изменения как ветвление растений в технической части стебля и у корневой шейки, сплюснутые, искривленные стебли, растения с измененными коробочками и т.д. Мутантные растения, которые отмечены увеличенным числом коробочек, были выявлены при обработке мутагеном нитрозогуанадин (НГУД) в концентрации 0,1–0,15 % с выдержкой 12–18 часов. В вариантах опыта при обработке мутагеном нитрозометилмочевина (НММ) в концентрации 0,25 % при экспозиции 6, 12, 18 часов на сорте Могилевский в фазу «всходы» и «елочка» на листьях льна отмечались беловатые полосы или полностью белые растения без хлорофилла, которые впоследствии имели летальный исход. Мутантные растения с более высоким ростом получены в вариантах опыта при обработке мутагеном нитрозометилмочевина (НММ) в концентрации 0,01 %, 0,12 % и 0,25 % при экспозиции 6 и 12 часов.

Изучение полученного в результате химического мутагенеза селекционного материала льна-долгунца было продолжено в питомнике мутантов третьего поколения M_3 в рядковом и луночном посевах. Измененные мутантные формы, выделенные в питомнике мутантов M_2 , высевали в питомнике мутантов M_3 отдельными семьями для определения наследования измененных признаков и изучения по основным хозяйственно-полезным признакам: срокам созревания, высоте растений, содержанию волокна, семенной продуктивности, устойчивости к полеганию и болезням и т. д.

В результате проведенных фенологических наблюдений было зафиксировано уменьшение вегетационного периода на 2 дня у выделенных семей сорта Могилевский при обработке НММ в концентрации 0,01 % с выдержкой 6 часов и которые превышали контрольный вариант по содержанию волокна на 0,5–1,0 %; у выделенных семей сорта Малахит – при обработке НММ в концентрации 0,12 % и 0,25 % с выдержкой 6 часов и которые превышали контрольный вариант по содержанию волокна 0,5–0,7 %; у выделенных семей сорта Ритм – при обработке нмм в концентрации 0,25 % с выдержкой 6 и 12 часов и которые имели превышение над контрольным вариантом по содержанию волокна 0,8–0,9 %. У сорта льна-долгунца Drakkar выделены семьи с укороченным вегетационным периодом на 3 дня из варианта опыта при обработке химическим мутагеном НММ в концентрации 0,12 % с выдержкой 12 часов, имеющие превышение над контрольным вариантом по высоте растений, проценту содержания волокна, устойчивости к фузариозному увяданию.

Высота растений льна-долгунца – важный признак, определяющий выход длинного волокна. Мутантные формы льна-долгунца с более высоким ростом по отношению к контрольному варианту получены в 133 семьях, с более низким ростом – в 58 семьях из исследуемых семей.

Мутантные формы льна-долгунца с ярко выраженным увеличенным количеством коробочек и семян на растении получены в 7 семьях на сорте Drakkar при обработке мутагеном нитрозогуанадин (НГУД) в концентрации 0,05–0,1 % при экспозиции 6–12 часов. Наибольшее количество мутантных растений с высоким ростом наблюдали в семьях на сорте Малахит при обработке мутагеном нитрозометилмочевина (НММ) в концентрации 0,006–0,01 % при экспозиции 12 и 18 часов.

По основному хозяйственно ценному признаку льна-долгунца – содержанию волокна – выделена 121 семья с лучшими показателями, чем в контрольном варианте. Мутантные формы льна-долгунца, у которых отмечено наибольшее увеличение содержания волокна – на 0,8–1,6 % – выделены в вариантах опыта при обработке нитрозометилмочевина (НММ) в концентрации 0,01 % при экспозиции 12–18 часов на сортах Могилевский и Малахит; на сорте Drakkar при обработке этим химическим мутагеном в концентрации 0,12 % при экспозиции 12 часов. Также мутантные формы с увеличенным содержанием волокна по отношению к контролю были получены на сорте Могилевский при обработке нитрозогуанадином (НГУД) в концентрации 0,05 % при экспозиции 12 часов и на сорте Малахит при обработке этим химическим мутагеном в концентрации 0,15 % при экспозиции 12 часов.

При обработке и действии химического мутагена нитрозометилмочевина (НММ) получено наибольшее количество мутантных форм льна-долгунца с измененными хозяйственно полезными признаками (табл. 2).

Таблица 2. Количество мутантных форм льна-долгунца в питомнике мутантов Мз с измененными признаками, (в % от общего количества высевавшихся семей в пределах изучаемого сорта)

Мутаген, концентрация, экспозиция выдержки	Количество измененных признаков, %									
	Вегетационный период		Изменение по высоте растений		Размер коробочек и семян		Слабое поражение фузариозным увяданием		Высокое содержание волокна	
	число	%	число	%	число	%	число	%	число	%
Сорт Могилевский (всего изучавшихся семей – 155 штук)										
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НММ 0,01 (6 ЧАС.)	2	1,29	6	3,87	–	–	–	–	8	5,16
НММ 0,01 (12 ЧАС.)	2	1,29	15	9,67	–	–	3	1,93	12	7,74
НММ 0,25 (6 ЧАС.)	5	3,22	9	5,80	–	–	1	0,64	7	4,51
НММ 0,25 (12 ЧАС.)	–	–	2	1,29	–	–	–	–	3	1,93
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НГУД 0,01 (6 ЧАС.)	–	–	3	1,93	–	–	–	–	2	1,29
НГУД 0,05 (12 ЧАС.)	4	2,58	7	4,51	–	–	6	3,87	4	2,58
ВСЕГО:	13	8,38	42	27,07	–	–	10	6,44	36	23,21
Сорт Ритм (всего изучавшихся семей – 135 штук)										
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НММ 0,006 (6 ЧАС.)	–	–	5	3,70	–	–	6	4,44	3	2,22
НММ 0,01 (6 ЧАС.)	–	–	3	2,22	–	–	–	–	5	3,70
НММ 0,25 (6 ЧАС.)	1	0,74	1	0,74	–	–	2	1,48	1	0,74
НММ 0,25 (12 ЧАС.)	1	0,74	1	0,74	–	–	–	–	1	0,74
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НГУД 0,01 (6 ЧАС.)	–	–	4	2,96	–	–	3	2,22	8	5,92
НГУД 0,01 (12 ЧАС.)	–	–	2	1,48	–	–	–	–	2	1,48
НГУД 0,1 (18 ЧАС.)	7	5,18	8	5,92	–	–	–	–	2	1,48
ВСЕГО:	9	6,66	24	17,76	0	0	11	8,14	22	16,28
Сорт Малахит (всего изучавшихся семей – 175 штук)										
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НММ 0,006 (12 ЧАС.)	–	–	9	5,14	–	–	3	1,71	7	4,00
НММ 0,006 (18 ЧАС.)	–	–	3	1,71	–	–	–	–	5	2,85
НММ 0,01 (12 ЧАС.)	4	2,28	37	21,14	–	–	11	6,28	10	5,71
НММ 0,01 (18 ЧАС.)	2	1,14	30	17,14	–	–	–	–	13	7,42
НММ 0,012 (6 ЧАС.)	2	1,14	8	4,57	–	–	5	2,85	4	2,28
НММ 0,025 (6 ЧАС.)	8	4,57	4	2,28	–	–	–	–	1	0,57
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НГУД 0,01 (6 ЧАС.)	1	0,57	8	4,57	–	–	1	0,57	5	2,85
НГУД 0,15 (12 ЧАС.)	3	1,71	2	1,14	–	–	–	–	2	1,14
НГУД 0,15 (18 ЧАС.)	1	0,57	1	0,57	–	–	–	–	2	1,14
ВСЕГО:	21	11,98	102	58,4	–	–	20	11,41	49	27,96
Сорт Drakkar (всего изучавшихся семей – 95 штук)										
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НММ 0,006 (12 ЧАС.)	–	–	3	3,16	–	–	–	–	5	5,26
НММ 0,12 (12 ЧАС.)	3	3,16	7	7,36	–	–	2	2,10	7	7,36
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НГУД 0,05 (6 ЧАС.)	1	1,05	3	3,16	3	3,16	–	–	1	1,05
НГУД 0,05 (12 ЧАС.)	2	2,10	2	2,11	2	2,10	1	1,05	1	1,05
НГУД 0,1 (6 ЧАС.)	1	1,05	1	1,05	1	1,05	–	–	–	–
НГУД 0,1 (12 ЧАС.)	5	5,26	7	7,36	7	7,37	3	3,15	–	–
ВСЕГО:	12	12,62	23	24,2	13	13,68	6	6,3	14	14,72

Одним из важных показателей у льна-долгунца является устойчивость к болезням, так как у больных растений значительно снижается выход волокна и его качество. По полевой оценке выделено 6,3–11,41 % семей с более высокой устойчивостью к фузариозному увяданию. Наибольшее число семей с более высокой устойчивостью к фузариозному увяданию присутствовало в вариантах опыта при обработке сорта льна-долгунца Малахит химическим мутагеном нитрозометилмочевина (НММ) в кон-

цетрации 0,01 % с экспозицией выдержки 12 часов и при обработке сорта льна-долгунца Ритм химическим мутагеном нитрозометилмочевина (НММ) в концентрации 0,006 % с экспозицией выдержки 6 часов и при обработке сорта льна-долгунца Могилевский химическим мутагеном нитрозогуанадин (НГУД) в концентрации 0,05 % с экспозицией выдержки 12 часов.

Изменение вегетационного периода в сторону уменьшения или увеличения на 2–6 дней по отношению к контрольному варианту было отмечено у 6,66–12,62 % изучавшихся семей льна-долгунца, под действием химических мутагенов в основном выделялись позднеспелые формы и меньше – раннеспелые формы. Раннеспелые формы в основном были получены на сорте Малахит при обработке химическим мутагеном нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,025 % с экспозицией 6 часов и на сорте Drakkar при обработке нитрозогуанадином (нгуД) в концентрации 0,1% с экспозицией 12 часов. Однако, полученные раннеспелые формы льна на сорте Drakkar обладали повышенной семенной продуктивностью и были низкорослыми.

В результате проведенных исследований были выделены семьи, у которых содержание волокна превышали контрольные варианты. Максимальное количество семей льна-долгунца с высоким содержанием волокна получены у сорта Могилевский и Малахит в варианте обработки нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,01 % с экспозицией 12 и 18 часов – 7,74 %, 5,71 % и 7,42 % соответственно; у сорта Drakkar – в варианте обработки нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,12 % с экспозицией 12 часов – 7,74 %; у сорта Ритм – в варианте обработки нитрозогуанадином (НГУД) в концентрации 0,01 % с экспозицией выдержки 6 часов – 5,92 %.

Заключение

В результате проведенных исследований и наблюдений выявлено, что химические мутагены нитрозометилмочевина (НММ) и нитрозогуанадин (НГУД) в питомнике мутантов первого поколения М₁ снижали полевую всхожесть семян льна-долгунца, выживаемость растений, затягивали развитие растений, увеличивая продолжительность вегетационного периода, при этом увеличение концентрации мутагена усиливало угнетающее действие на семена и развитие растений. Изучаемые концентрации мутагенов снижали полевую всхожесть семян по сравнению с контролем на 18,2–62,4 % на всех исследуемых сортах льна-долгунца. Прослеживалось отрицательное влияние химических мутагенов на выживаемость растений льна-долгунца прямо пропорционально их концентрации и экспозиции выдержки. Продолжительность вегетационного периода в вариантах с обработкой семян высокой концентрацией мутагенов и большей экспозицией была на 3–6 дней длиннее, чем в контрольном варианте.

В результате оценки полученного при помощи химического мутагенеза селекционного материала льна-долгунца в питомнике мутантов третьего поколения М₃ было установлено, что максимальное количество семей льна-долгунца, у которых содержание волокна превышает контрольный вариант, получены у сорта Могилевский и Малахит в варианте обработки нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,01 % с экспозицией 12 и 18 часов – 7,74 %, 5,71 % и 7,42 % соответственно; у сорта Drakkar – в варианте обработки нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,12 % с экспозицией 12 часов – 7,36 %; у сорта Ритм – в варианте обработки нитрозогуанадином (НГУД) в концентрации 0,01 % с экспозицией выдержки 6 часов – 5,92 %.

В питомнике мутантов третьего года М₃ в результате проведенной оценки по морфологическим, биологическим и основным хозяйственно ценным признакам (по высоте растений, устойчивости к полеганию, болезням, по содержанию волокна) выделено 75 перспективных мутантных форм льна-долгунца с комплексом хозяйственно полезных признаков. Полученные мутантные формы льна-долгунца представляют практическую ценность для селекционного процесса и будут использованы в качестве исходного материала в дальнейшей селекционной работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Симаш, С. В. Создание нового исходного материала льна-долгунца с использованием методов индуцированного мутагенеза / С. В. Симаш, К. П. Королев // Молодежь и инновации: сб. науч. мат. Межд. науч.- практ. конф., г. Горки, Могилевской области / БГСХА. – Горки, 2011. – С. 226–228.
2. Цыганков, В. И. Использование индуцированного мутагенеза при создании сортов и линий яровой твердой пшеницы для сухостепных условий Казахстана / В. И. Цыганков // Агротомия и лесное хозяйство. – 2010. – №2. – С. 45–48.
3. Кадушкина, В. П. Использование химического мутагенеза в селекции яровой твердой пшеницы в степной зоне Ростовской области / В. П. Кадушкина, А. И. Грабовец, Р. И. Бондарь // Агротомические науки. – 2008. – №4. – С. 62–65.
4. Тарасенко, Н. Д. Увеличение частоты мутаций у ячменя при обработке химическими мутагенами клеток верхней меристемы / Н. Д. Тарасенко // Сб. науч. тр. «Химический мутагенез и селекция» – Москва: 1971. – С. 178–183.
5. Чекалин, Н. М. Количественные и биохимические мутации у чины посевной под влиянием химических мутагенов / Н. М. Чекалин // Сб. науч. тр. «Химический мутагенез и селекция» – Москва: 1971. – С. 269–278.
6. Бачалис, К. П. Влияние химического мутагенеза этиленмина на изменчивость сортов льна-долгунца в М₁ / К. П. Бачалис // Сб. научных трудов. – Томск, 1997. – С. 43–49.

7. Калайджян, А. А. Химический мутагенез в селекции подсолнечника: автореферат дисс. доктора с.-х. наук: 06.01.05 селекция и семеноводство / А. А. Калайджян. – Краснодар, 1998. – 30 с.
8. Володин, В. Г. Радиационный мутагенез у растений / В. Г. Володин. – Минск, 1975. – С. 124–156.
9. Рапопорт, И. А. Химический мутагенез: теория и практика / И. А. Рапопорт. – Москва, 1966. – С. 3–51.
10. Сидорова, К. К. Влияние химических мутагенов и гамма-лучей на мутационную изменчивость у разных сортов гороха / К. К. Сидорова // Сб. науч. тр. «Специфичность химического мутагенеза» - Москва: 1968. – С. 204–216.
11. Васько, В. А. Применение экспериментального мутагенеза в селекции растений / А. В. Васько, О. В. Гудим, О. Г. Рожков // Селекція і насінництво. – 2015. – Вип. 107. – С. 8–18.
12. Зимонт, С. Л. Мутационная селекция / С. Л. Зимонт, Н. Н. Зоз, И. А. Рапопорт. - М.: Наука, 1968. – 310 С.
13. Отраслевой регламент. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2012. – 48 с.
14. Методические указания по селекции льна-долгунца // Торжок, 1987. – 44 с.