

ХЛОРОФИЛЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПОКОЛЕНИИ M₂ У *LINUM HUMILE* MILL. ПОД ДЕЙСТВИЕМ ХИМИЧЕСКИХ МУТАГЕНОВ

А.В. Тигова, А.И. Сорока

Институт масличных культур НААН

В статье приводится описание частоты и спектра хлорофилльных изменений у *Linum humile* Mill. у сортов Айсберг и Солнечный в поколении M₂ после обработки семян химическими мутагенами ДГ-2, ДГ-6, ДГ-7, ДГ-9, ДМС и ЭМС. Установлена летальность хлорофилльных мутаций типа *albina*, *viridis-albina*, *chlorina* и отставание в росте и развитии растений с другими типами хлорофилльных изменений: *xantha*, *lutescent*, *striata*, *corroded*. Общая частота появления мутаций с нарушением синтеза хлорофилла при обработке мутагеном ЭМС 0,5 %-ной концентрации составляла 13,40 % у сорта 'Айсберг' и 31,13 % у сорта 'Солнечный'. Обработка другими мутагенами, – производными ДМС (ДГ-2, ДГ-6, ДГ-7, ДГ-9) в этой же концентрации привела к появлению хлорофилльных изменений с частотой от 0,99 % до 6,37 % у сорта 'Айсберг', и от 4,95 % до 11,64 % у сорта 'Солнечный'.

Ключевые слова: лен, химический мутаген, поколение M₂, хлорофилльная мутация.

Введение. Одним из методов создания нового исходного материала является экспериментальный мутагенез, результатом применения которого уже стали сотни сортов сельскохозяйственных [1, 2] и цветочно-декоративных культур [3]. Использование экспериментального мутагенеза в селекции растений значительно расширяет спектр видимых мутационных изменений, увеличивает возможность отбора форм с селекционно-ценными признаками и, таким образом, укоряет селекционный процесс [3, 4]. В результате многолетней работы в области экспериментального мутагенеза у пшеницы, ячменя, риса, кукурузы, проса, гороха, подсолнечника, льна и других культур получены мутанты следующих типов: раннеспелые, короткостебельные, с высоким содержанием белка, устойчивые к болезням, с улучшенным составом жирных и аминокислот, а также хлорофилл-дефицитные. Так, большая коллекция индуцированных хлорофилльных мутаций ячменя *Hordeum vulgare* L. впервые была описана Густавсоном в Швеции еще в 1940 г. Он разделил хлорофилльные мутации на группы *albina*, *xantha*, *alboviridis*, *viridis*, *tigrina*, *chlorina*, *virescence* и др. [5]. У льна большая работа по индуцированию и описанию хлорофилльных мутантов была проведена Ляхом В.А. и др. [2, 6, 7]. Хлорофилльные мутации являются распространенным тестом в исследованиях по экспериментальному мутагенезу растений, главным образом, потому что их сравнительно легко наблюдать среди большого количества исследуемых растений. По частоте хлорофилльных мутаций и их спектру судят об эффективности и специфичности действия мутагенов и мутабельности сортов [1]. Гибель и пониженная жизнеспособность могут являться одной из причин слабой генетической изученности большинства хлорофилльных мутантов [6]. Из литературных данных известно, что

хлорофилльная мутация типа *albina* является результатом точковых рецессивных мутаций и наследуется моногенно [8]. Наблюдаемые нами и другими исследователями хлорофилльные мутации у льна [2, 6-8] представляют интерес с точки зрения интенсивности мутационного процесса, а также как источник новых маркерных признаков. Например, мутация желтые всходы типа *chlorina* легко идентифицируется, начиная со стадии всходов и до созревания растений, и может иметь существенное значение для генетических и цитогенетических исследований в качестве маркера отдельных хромосом и их участков [6].

Целью данной работы было изучить частоту и спектр хлорофилльных изменений у льна масличного, вызванных обработкой семян различными химическими мутагенами.

Материал и методы исследования. Объектом исследования служили образцы из генетической коллекции Института масличных культур – два сорта (Айсберг и Солнечный) льна масличного *Linum humile* Mill. В качестве химических мутагенов использовали супермутаген ЭМС, а также ДМС и ряд его производных – ДГ-2, ДГ-6, ДГ-7, ДГ-9, синтезированных в Институте биорганической химии и нефтехимии НАН Украины. Методика обработки семян и анализа растений поколения M_1 описана в [9]. Для получения растений поколения M_2 семена M_1 высевали в открытый грунт питомника. Каждая семья в M_2 – это потомство одного растения из M_1 . В течение всего вегетационного периода проводили наблюдения за растениями. В каждом варианте подсчитывали количество мутантных семей и отмечали растения с хлорофилльными изменениями. При изучении спектра видимых изменений определение их типа проводилось по главному, четко выраженному мутантному признаку, в сравнении с таковым у исходного генотипа (контроль). Частоту предполагаемых мутантных изменений высчитывали как отношение числа мутантных семей к общему их количеству. Математическую обработку полученных данных осуществляли согласно общепринятым методикам статистической обработки экспериментальных данных [10].

Результаты исследования и их обсуждение. При характеристике хлорофилл-дефицитных изменений мы пользовались классификацией хлорофилльных мутаций описанной в [1, 6]. Ниже приведены основные типы хлорофилльных мутаций льна масличного согласно их фенотипическому проявлению на ранних этапах онтогенеза и их характеристика:

1. *albina* – белые всходы, проростки слабые. При достаточной влажности и не высокой температуре формируется 1-2 пары настоящих листьев белого цвета. Растение погибает на ранних стадиях развития (рис. 1, б);

2. *viridis-albina* – край семядольных листьев белый, пластинка светло-зеленая. Настоящие листья также имеют белый край и светло-зеленое основание листа. Растения сильно угнетены, отстают в росте, низкопродуктивные (рис. 1, в);

3. *xantha* – желтые всходы. Настоящие листья светло-зеленые. Самые яркие часто погибают. Сильно отстают в росте и развитии (рис. 1, г);

4. *chlorina* – желтые всходы и растения. Появляющиеся настоящие листья также желтые или желто-зелёные, и по мере роста растение не меняет цвет. Растения сильно отстают в росте и развитии, часто погибают (рис. 1, д);

5. *viridis* – светло-зеленые всходы. Настоящие листья и все растение бледно-зеленое, тонкое. Наблюдается отставание в росте (рис. 1, е);

6. *lutescent* – семядольные листья зеленые. При дальнейшем росте четко выделяется светло-зеленая с желтым оттенком верхняя часть растения, остальное



а) контроль (Солнечный)



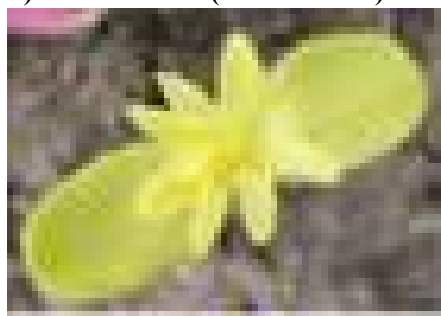
б) *albina* (Солнечный)



в) *viridis-albina* (Солнечный)



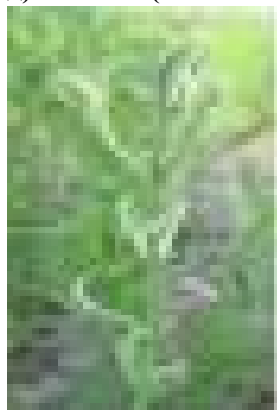
г) *xantha* (Солнечный)



д) *chlorina* (Солнечный)



е) *viridis* (Солнечный)



ж) *striata* (Айсберг)



з) *lutescent* (Солнечный)



Рис. Фенотипическое проявление хлорофилл-дефицитных изменений у *Linum humile* Mill. сортов Айсберг и Солнечный в поколении M₂

растение при этом остается зеленым. Наиболее подходит к описанию изменения типа “золотистая верхушка” (рис. 1, з);

7. *striata* – семядольные листья зеленые. Растение зеленое, листья имеют продольную полосатость: белую или желтую (рис. 1, ж);

8. *corroded* – семядольные листья зеленые. Настоящие листья желто-зеленого цвета и деформированы, край листа подсыхает и сворачивается, некротические пятна на листьях.

Мутации с нарушением синтеза хлорофилла выявляли у всходов и взрослых растений обоих исследованных сортов. Эти изменения выделялись с достаточно высокой частотой. Максимальная частота появления мутаций с нарушением синтеза хлорофилла у обоих сортов наблюдалась при обработке мутагенами в концентрации 0,5 %. Так, общая частота появления хлорофилльных изменений при обработке мутагеном ЭМС в концентрации 0,5 % у сорта Айсберг составляла 13,40 %, а у сорта Солнечный 31,13 %, соответственно (табл. 1, 2). При обработке этим же мутагеном, но уже в концентрации 0,05 % общая частота появления хлорофилльных нарушений была существенно меньше, и составила у сорта Айсберг 10,93 %, и у сорта Солнечный 18,69 % (табл. 3, 4). Как видно из вышеприведенных данных, появление хлорофилльных мутаций в нашем эксперименте в значительной степени зависело от сорта. Наибольшее их разнообразие и частоту наблюдали у сорта Солнечный. Сорт Айсберг в этом отношении оказался более стабильным, что, вероятно, связано с его происхождением, поскольку изначально он получен путем радиационного мутагенеза в ИМК НААН.

Таблица 1

Частота хлорофилльных изменений у *Linum humile* Mill. в поколении M₂ при обработке семян мутагенами в концентрации 0,5 % у сорта Айсберг (данные за 2016 г.)

Тип хлорофилльных изменений	Контроль	Мутаген				
		ДГ-2	ДГ-6	ДГ-7	ДГ-9	ЭМС
Количество семей, шт.	100	106	5	101	110	112
<i>albina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>viridis-albina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,68±1,53
<i>xantha</i>	0,00	0,00	0,00	0,99±0,98	1,82±1,27	2,68±1,53
<i>chlorina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>viridis</i>	0,00	1,89±1,32	0,00	0,00	2,73±1,55	5,36±2,13
<i>lutescent</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>striata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>corroded</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,82±1,27	2,68±1,53
Всего хлорофилльных изменений, %	0,00	1,89	0,00	0,99	6,37	13,40

При обработке другими мутагенами, производными ДМС (ДГ-2, ДГ-6, ДГ-7, ДГ-9), максимальная частота появления хлорофилльных изменений у сортов Айсберг и Солнечный также наблюдалась при 0,5 %-ной обработке.

Как видно из таблиц 1 и 2, среди мутагенов серии ДГ наиболее эффективным в концентрации 0,5 % оказался мутаген ДГ-9, обработка которым привела к выявлению хлорофилльных изменений с частотой 6,37 % у сорта Айсберг и 11,64 % у сорта Солнечный.

Таблица 2

Частота хлорофилльных изменений у *Linum humile* Mill. в поколении M₂ при обработке семян мутагенами в концентрации 0,5 % у сорта Солнечный
(данные за 2016 г.)

Тип хлорофилльных изменений	Контроль	Мутаген				
		ДГ-2	ДГ-6	ДГ-7	ДГ-9	ЭМС
Количество семей, шт.	100	102	21	101	103	122
<i>albina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,92±1,96
<i>viridis-albina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,73±2,10
<i>xantha</i>	0,00	0,00	9,52±6,40	3,96±1,94	4,85±2,12	7,37±2,37
<i>chlorina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,27±1,61
<i>viridis</i>	0,00	5,88±2,33	0,00	0,00	5,82±2,31	6,56±2,24
<i>lutescent</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>striata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>corroded</i>	0,00	2,94±1,67	0,00	0,99±0,98	0,97±0,96	3,28±1,61
Всего хлорофилльных изменений, %	0,00	8,82	9,52	4,95	11,64	31,13

При обработке этим же мутагеном в концентрации 0,05 % появление хлорофилльных изменений составило 4,58 % у сорта Айсберг и 6,79 % у сорта Солнечный (табл. 3, 4).

Таблица 3

Частота хлорофилльных изменений у *Linum humile* Mill. в поколении M₂ при обработке семян мутагенами в концентрации 0,05 % у сорта Айсберг
(данные за 2016 г.)

Тип хлорофилльных изменений	Контроль	Мутаген					
		ДГ-2	ДГ-6	ДГ-7	ДГ-9	ДМС	ЭМС
Количество семей, шт.	100	104	102	108	109	106	128
<i>albina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>viridis-albina</i>	0,00	0,00	0,00	1,85±1,30	0,00	0,00	0,00
<i>xantha</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,83±1,28	0,00	3,12±1,54
<i>chlorina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78±0,77
<i>viridis</i>	0,00	0,96±0,96	1,96±1,37	2,77±1,58	1,83±1,28	0,00	5,47±2,01
<i>lutescent</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>striata</i>	0,00	0,00	0,00	1,85±1,30	0,92±0,91	0,00	0,00
<i>corroded</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,56±1,09
Всего хлорофилльных изменений, %	0,00	0,96	1,96	6,47	4,58	0,00	10,93

Нами выявлены хлорофилльные мутации с летальным исходом: белые всходы типа *albina* и желтые – типа *chlorina* и *xantha* (рис., б-д). Гибель этих мутантов происходила на стадии семядольных листьев. Некоторые мутанты

выживали, однако они были сильно ослаблены и отставали в росте и развитии от контрольных растений. Тип хлорофилльных изменений *albina* был выявлен с частотой 4,92 % только у сорта Солнечный при обработке мутагеном ЭМС в концентрации 0,5 % (табл. 2).

Тип *viridis-albina* (рис., в) у сорта Солнечный встречался при обработке мутагеном ЭМС обеих изученных концентраций, а у сорта Айсберг – лишь в концентрации 0,5 %. Растения с данным типом хлорофилльных изменений были сильно ослаблены и низкопродуктивны.

Таблица 4

Частота хлорофилльных изменений у *Linum humile* Mill. в поколении M₂ при обработке семян мутагенами в концентрации 0,05 % у сорта Солнечный (данные за 2016 г.)

Тип хлорофилльных изменений	Контроль	Мутаген					
		ДГ-2	ДГ-6	ДГ-7	ДГ-9	ДМС	ЭМС
Количество семей, шт.	100	103	103	101	103	105	107
<i>albina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>viridis-albina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,74±1,83
<i>xantha</i>	0,00	0,00	2,91±1,66	0,00	3,88±1,90	0,95±0,94	4,67±2,04
<i>chlorina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>viridis</i>	0,00	1,94±1,36	3,88±1,90	2,97±1,69	2,91±1,66	0,00	3,74±1,83
<i>lutescent</i>	0,00	0,00	0,97±0,96	0,00	0,00	0,00	0,93±0,92
<i>striata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>corroded</i>	0,00	0,00	1,94±1,36	2,97±1,69	0,00	0,00	5,61±2,24
Всего хлорофилльных изменений, %	0,00	1,94	9,70	5,94	6,79	0,95	18,69

К типу *viridis* (рис., е) относятся светло-зеленые мутанты. Частота их появления варьировала у обоих сортов. Так, у сорта Айсберг максимальная частота предполагаемых мутаций *viridis* при концентрации мутагенов 0,5 % наблюдалась при обработке ЭМС и составила 5,36 %, а минимальная, при обработке мутагеном ДГ-2, – 1,89 % (табл. 1). Что касается концентрации 0,05 %, то здесь частота появления изменений типа *viridis* колебалась в пределах от 5,47 % (мутаген ЭМС) до 0,96 % (мутаген ДГ-2). У другого сорта – Солнечный, максимальная частота появления изменений типа *viridis* наблюдалась при обработке 0,5 %-ным раствором мутагена ЭМС и составила 6,56 %, а минимальная – при обработке мутагеном ДГ-9 – 5,82 %. Мутагенная обработка в концентрации 0,05 % у сорта Солнечный была также эффективна. Практически все мутагены, кроме ДМС, способствовали появлению хлорофилльных изменений типа *viridis* с разной частотой (табл. 4). Хлорофилл-дефицитные мутанты данного типа имели пониженную жизнеспособность и немного отставали в росте и развитии.

Хлорофилльная мутация типа *lutescent* “золотистая верхушка” наблюдалась только у сорта Солнечный при обработке мутагенами ДГ-6 и ЭМС в концентрации 0,05 % с частотой 0,97 и 0,93 %, соответственно. Как видно из полученных нами данных, предполагаемая мутация *striata*, когда на листьях присутствовали белые или желтые полосы (рис., ж), наблюдалась только у сорта

Айсберг при обработке мутагенами ДГ-7 и ДГ-9 в концентрации 0,05 % с частотой 1,85 и 0,92 %, соответственно.

Что касается хлорофильных изменений типа *corroded*, то они наблюдались у обоих изученных сортов с достаточно высокой частотой, причем максимум их появления отмечался при действии мутагена ЭМС. Различия замечены между действием мутагенов разного типа. У сорта Солнечный предполагаемые мутации *corroded* индуцировались как ЭМС, так и рядом производных ДМС, тогда как у сорта Айсберг эффективным было лишь использование ДГ-9.

Как мы уже упоминали ранее, хлорофильные мутации часто используют как самостоятельный тест на мутагенность. Однако для получения полной характеристики действия мутагена нужен полный анализ всех возникающих мутаций. Учет хлорофильных мутаций – лишь предварительная оценка интенсивности мутационного процесса.

Выводы

Обработка семян мутагенами ДГ-2, ДГ-6, ДГ-7, ДГ-9, ДМС и ЭМС привела в поколении М₂ к появлению хлорофилл-дефицитных изменений.

Выделено 8 типов хлорофильных изменений: *albina*, *viridis-albina*, *xantha*, *chlorina*, *viridis*, *lutescent*, *striata*, *corroded*.

Изменения типов *albina*, *chlorina* и *xantha* приводили к летальному исходу на разных стадиях развития растения.

Максимальная частота появления мутаций с нарушением синтеза хлорофилла у обоих сортов наблюдалась при обработке мутагеном ЭМС в концентрации 0,5 %.

Из серии мутагенов – производных ДМС, наиболее эффективным оказался мутаген ДГ-9.

Наиболее часто встречались хлорофильные изменения типов *viridis*, *xantha* и *corroded*.

Благодарности

Авторы выражают благодарность сотруднику Института биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины П.Г. Дульневу за любезно предоставленные мутагены.

Литература

1. Моргун В.В. Мутационная селекция пшеницы / В.В. Моргун, В.Ф. Логвиненко. – Киев: Наукова думка, 1995. – 625 с.
2. Лях В.А. Индуцированный мутагенез масличных культур: монография / Лях В.А., Полякова И.А., Сорока А.И. – Запорожье: ЗНУ, 2009. – 266 с
3. Кудина Г.А. Химические мутагены в селекции цветочно-декоративных растений. / Г.А. Кудина / Промышленная ботаника, № 6, 2006, С. 116–120.
4. Гужов Ю. Селекция и семеноводство культивируемых растений / Ю. Гужов, А.Фукс, П. Валичек. – Москва.: Мир, 2003. – 2003. – 536 с.
5. Ладыгин В.Г. Структурно-функциональная организация хлоропластов у мутанта *xantha-702* хлопчатника *Gossypium hirsutum* L. / В.Г. Ладыгин, Г.А. Семенова, И.Д. Шегай // Цитология, Том 48, № 7, 2006, С. 537-553.
6. Полякова И.А. Фенотипическое проявление мутаций хлорофиллдефицитности на ранних этапах онтогенеза льна масличного / И.А. Полякова, В.В. Яранцева, А.Н. Левчук, В.А. Лях // Вісник ЗНУ. – № 1., 2013. – С. 49-57.

7. Полякова И.А. Спектр индуцированных гамма-лучами мутаций у льна масличного / И.А. Полякова, Л.Ю. Мищенко, В.А. Лях // Вісник ЗНУ. – № 2, 2001. – С. 1-4.

8. Вайло В.В. Вплив летальної хлорофільної мутації типу "albina" на ознаки проростків льону олійного та її успадкування / В.В. Вайло, В.О. Лях // Вісник ЗНУ. – №1, 2014. – С. 111-116.

9. Тигова А.В. Влияние новых химических мутагенов на растения *Linum humile* Mill. в поколении M1 / А.В. Тигова, А.И. Сорока // Вісник ЗНУ. – №1, 2016. – С. 15-22.

10. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М. : Высшая школа, 1990. – 352 с.

ХЛОРОФІЛЬНІ ЗМІНИ В ПОКОЛІННІ M₂ У *LINUM HUMILE* MILL. ПІД ДІЄЮ ХІМІЧНИХ МУТАГЕНІВ

А.В. Тігова, А.І. Сорока

У статті наводиться опис частоти та спектра хлорофільних змін у *Linum humile* Mill. у сортів Айсберг та Сонячний в поколінні M₂ після обробки насіння хімічними мутагенами ДГ-2, ДГ-6, ДГ-7, ДГ-9, ДМС і ЕМС. Встановлена летальність хлорофільних мутацій типу albina, viridis-albina, chlorina та відставання у рості і розвитку рослин з іншими типами хлорофільних змін: xantha, lutescent, striata, corroded. Загальна частота появи мутацій з порушенням синтезу хлорофілу при обробці мутагеном ЕМС 0,5%-ної концентрації становила 13,40 % у сорту 'Айсберг' і 31,13 % у сорту 'Сонячний'. Обробка іншими мутагенами, - похідними ДМС (ДГ-2, ДГ-6, ДГ-7, ДГ-9) в цій же концентрації призвела до виявлення хлорофільних змін з частотою від 0,99 % до 6,37 % у сорту 'Айсберг', і від 4,95 % до 11,64 % у сорту 'Сонячний'.

Ключові слова: льон, хімічний мутаген, покоління M₂, хлорофільна мутація

CHLOROPHYLL CHANGES IN M₂ GENERATION OF *LINUM HUMILE* MILL. INDUCED WITH CHEMICAL MUTAGENS

A.V. Tigova, A.I. Soroka

Institute of oilseeds NAAS

One of the methods for production a new source material is experimental mutagenesis, which already resulted in hundreds of varieties of agricultural and ornamental crops. The usage of experimental mutagenesis in plant breeding significantly expands the range of visible mutations, increases the possibility for selection of accessions with agronomically valuable traits, and thus reduces the breeding process. As the result of years of work in the field of experimental mutagenesis in wheat, barley, rice, corn, millet, peas, sunflower, flax and other crops there were derived mutants of the following types: early-maturing, small height, with high protein content, disease-resistant, with an improved fatty acids and amino acids composition, as well as with chlorophyll deficiency.

Chlorophyll mutations serve as a common test in the studies for experimental mutagenesis of plants, mainly because they are relatively easy to monitor among a large number of test plants. According to the frequency of chlorophyll mutations and their range it is possible to judged on the effectiveness and specificity of mutagen action and the mutability of species. The death and reduced viability may be one reason for the weak genetic study of the majority of chlorophyll mutants.

The objects for the current study were two samples from the genetic collection of the Institute of Oilseed Crops – breeding varieties of oil flax *Linum humile* Mill., – Iceberg and Solnechny. In each case 300 seeds were treated. Seeds were soaked in 0.05 and 0.5% aqueous solutions of the following mutagens: DG-2, DG-6, DG-7, DG-9, DMS, and EMS. Mutagens of DG series are the derivatives of Dimethyl sulfate (DMS) – a chemical mutagen which belongs to the group of alkylating agents. Ethyl methanesulfonate (EMS) is a super mutagen that is often used in works on induced mutagenesis, and which usually causes alkylation of the seventh nitrogen atom of guanine.

Flax seeds were soaked either in distilled water (control) or in the 0.5 and 0.05% aqueous solutions of the studied mutagens for 16 hours. After the treatment the seeds were washed during one hour under running tap water and sown on the same day into the soil. At the end of vegetation period M1 seeds were collected individually from every plant. Next year about 200 of M1 seeds from each plant were sown in separate rows to produce M2 generation. Every family in M2 – the offspring of one plant from the M1. During the whole growing season observations of plants were carried out. We counted the number of mutant families and recorded the plants with any modified traits. Mutations with distortion of chlorophyll synthesis were observed on seedlings and adult plants in both investigated varieties. These changes were expressed with sufficiently high frequencies. The maximum rate of mutations with chlorophyll deficiency was observed for both varieties at the treatment with 0.5% concentration of mutagens. Thus, the maximum frequency of chlorophyll changes after treatment with EMS mutagen at 0.5% amounted to 13.40% for Iceberg variety, and to 31.13% for Solnechny variety.

In our experiment the appearance of chlorophyll mutations was greatly dependent on the variety. Their highest rate was recorded for Solnechny variety. Iceberg variety in this respect proved to be more stable, probably due to its origin, as it was originally generated through radiation mutagenesis in the Institute of Oilseed Crops.

In conclusion, we can say that seed treatments with DG-2, DG-6, DG-7, DG-9, DMS, and EMS mutagens resulted in various types of chlorophyll deficiency in M₂ generation of flax. We recorded 8 types of chlorophyll changes: *albina*, *viridis-albina*, *xantha*, *chlorina*, *viridis*, *lutescent*, *striata*, *corroded*. *Albina*, *chlorina*, and *xantha* mutations turned to be lethal at early and mid-early stages of development. The maximum rate of violation of chlorophyll synthesis for both studied varieties was observed after EMS treatment at the concentration of 0.5%.

Keywords: flax, chemical mutagen, M₂ generation, chlorophyll mutation.

Рецензент: Е.А. Бойка, канд. биол. наук, преподаватель кафедри садово-паркового господарства і генетики біологічного факультета Запорізького національного університету.