

**Заключение.** В сложившихся в период исследований погодных условиях наибольший эффект в защите посевов кукурузы от сорняков получен при использовании в фазу 3 листа культуры гербицида МайсТер Пауэр, МД (1,3 л/га). В этом случае численность сорняков снижалась в среднем на 97,2%, что обеспечило прибавку урожайности зеленой массы – 114,7%, а зерна – 96,0%. Гербицид МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га) был наиболее эффективным и при внесении в фазу 5 листьев кукурузы. В этом случае различия по гибели сорняков в сравнении с его применением в фазу 3 листа культуры не превышали 0,5%. Из-за более позднего прерывания негативного влияния сорняков на культуру урожайность зеленой массы и зерна при внесении этого гербицида в фазу 5 листьев культуры была ниже в среднем на 3,9 и 5,2% соответственно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Колесник, С. А. Комбинированные гербициды для защиты посевов кукурузы в Беларуси / С. А. Колесник, А. В. Сташкевич, Л. И. Сорока // Защита растений: сб. науч. трудов РНДУП «Институт защиты растений», вып. 40 – Минск: Колорград, 2016. – С. 43-51.
2. Надточаев, Н. Ф. Возделывание кукурузы на зерно и силос / Н. Ф. Надточаев [и др.] // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов/ РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; 3-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – С. 453-492.
3. Обзор распространения вредителей, болезней и сорняков сельскохозяйственных культур в 2009 году и прогноз их появления в 2010 году в Республике Беларусь / Минсельхозпрод, ГУ «Глав. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений», РУП «Ин-т защиты растений»; под ред. А.В. Майсеенко, С.В. Сороки. – Минск, 2010. – С. 192.
4. Тубол, М. И. Особенности применения гербицидов в севообороте: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / М. И. Тубол. – М., 1974. – 19 с.

УДК 634.721+634.726:575.224.46.044

### **ХИМИЧЕСКИЙ МУТАГЕНЕЗ В СЕЛЕКЦИИ *GROSSULARIA RECLINATA* MILL.**

**И. Э. Бученков, И. В. Рышкель**

Международный государственный экологический университет  
им. А. Д. Сахарова

г. Минск, Республика Беларусь

(Республика Беларусь, 220070, г. Минск, ул. Долгобродская, 23/1; e-mail: butchenkow@mail.ru)

*Ключевые слова:* химический мутагенез, нитрозометилмочевина, нитрозоэтилмочевина, мутабельность, крыжовник.

**Аннотация.** Изучена возможность использования нитрозометилмочевины (НММ) и нитрозоэтилмочевины (НЭМ) в селекции крыжовника. Установлено, что большей мутабельностью обладают растворы НЭМ в сравнении с НММ. Сублетальными дозами НЭМ и НММ являются 0,5% растворы, а летальными – 1% растворы. Большой процент развития мутантных форм с хозяйственно ценными признаками наблюдается при обработке верхушечных почек растений 0,01% растворами НЭМ и НММ при экспозиции 12 часов.

Большой мутабельностью у крыжовника характеризуются сорта Розовый 2 (14,88%), Малахит (13,66%), Северный капитан (11,92%), меньшей – Яровой (2,63%) и Машека (0,63%).

Получен фонд из 60 форм крыжовника с различными типами хозяйственно ценных морфозов и мутаций, из которых отобрано 12 форм, превосходящих исходные родительские сорта по комплексу признаков.

## CHEMICAL MUTAGENESIS IN BREEDING GROSSULARIA RECLINATA MILL.

I. E. Buchenkov, I. V. Rishkel

International Environmental Sakharov Institute of Belorussian State University

Minsk, Republic of Belarus

(Republic of Belarus, 220070, Minsk, 23/1Dolgobrodskaya str.; e-mail: butchenkow@mail.ru)

**Key words:** chemical mutagenesis, nitrozoethylurea, nitrozoethylurea, mutability, gooseberry.

**Summary.** The possibility of using nitrosomethylurea (NMU) and nitrozoethylurea (NEU) in the selection of gooseberries was studied. It was found that NEU solutions have higher mutability as compared to the NMU solution. The 0,5% and 1% solutions of NMU and NEU are considered to be the sublethal and lethal doses, respectively. A greater percentage of the development of the mutant forms with economically valuable traits was observed during processing of the apical buds of plants with 0,01% solutions of NEU and of NMU with an exposure time of 12 hours.

More mutability in gooseberries are characterized by varieties Pink 2 (14,88%), malachite (13,66%), Northern captain (11,92%), less – Spring (2,63%) and Masheka (0,63%).

A fund with 60 types of gooseberry with different forms of morphosis and mutations was developed. The following number of cultivars surpassing the original parent varieties for complex traits were selected: 12 types of gooseberry.

(Поступила в редакцию 14.05.2019 г.)

**Введение.** Основные преимущества индуцированного мутагенеза по сравнению с традиционными методами селекции заключаются в более быстром улучшении исходного материала для дальнейших се-

лекционных целей как по одному, так и по ряду хозяйственно ценных признаков.

Однако очень редкое выявление доминантных мутаций и сравнительно частое появление различных хромосомных aberrаций при использовании физических мутагенов (высокие и низкие температуры, рентгеновское излучение,  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -лучи, ультрафиолетовое излучение) создают существенные затруднения для более плодотворного использования индуцированного физическими мутагенами мутагенеза в селекции.

Это в значительной мере может быть устранено путем использования химических мутагенов, которые резко уменьшают количество хромосомных aberrаций и увеличивают долю доминантных мутаций.

В настоящее время накоплен обширный объем знаний об активности и особенностях использования различных химических веществ для индукции хозяйственно ценных мутаций растений. Для целей селекции широкое распространение получили такие мутагены, как этилметансульфонат (ЭМС), N-метил-N-нитро-N-нитрозогуанидин (НГ), N-этил-N-нитрозомочевина (НЭМ), N-нитрозометилмочевина (НММ) и др. С их помощью получен ряд мутантов, представляющих научный и практический интерес: с различными типами хлорофиллдефектности у декоративных растений, мутанты, отличающиеся карликовостью, измененной формой листьев, плодов, сроками созревания, высокой зимостойкостью и иммунитетом у плодов и ягодных растений.

В настоящее время по вопросу мутационной изменчивости представителей рода *Grossularia Mill.* накоплен обширный фактический материал, полученный как в нашей стране, так и за ее пределами [1, 3-12]. Однако первые эксперименты по получению соматических мутаций химическими мутагенами не дали эффективных результатов. Сказалась специфическая реакция растений на обработку химическими соединениями [2].

Дальнейшее расширение экспериментальных исследований по индуцированному химическому мутагенезу крыжовника базировалось на учете специфических особенностей развития самой культуры, изучении полученных морфозов, учете частоты и спектра всех наследуемых изменений. Вместе с тем способность крыжовника к вегетативному размножению дала возможность закрепить полученные наследственные соматические и почковые мутации в последующих вегетативных поколениях.

Опыты с воздействием химических мутагенов на растения крыжовника показали неодинаковую эффективность различных химических соединений в применении к одному и тому же сорту. Так, более

сильный мутагенный эффект наблюдается в результате воздействия на большинство сортов крыжовника этиленимином, нитрозометилмочевиной и нитрозоэтилмочевиной по сравнению с этилсульфатом и диметилсульфатом.

Начиная с 1976 по 1980 гг., Г. А. Бавтуто впервые в почвенно-климатических условиях Беларуси на основе химического мутагенеза были получены мутантные формы крыжовника с отклонениями в морфологии листа, побега, размерах плодов, времени их созревания, урожайности, иммунности, зимостойкости, силе роста, степени самоплодности [2].

В Беларуси исследования по использованию химических мутагенов в создании исходного селекционного материала крыжовника находятся на начальном этапе выяснения эффективных мутагенов, доз, экспозиций воздействия, мутабельности сортов и характера изменчивости признаков.

При изучении влияния того или иного вида мутагена на рост и развитие растений любой сельскохозяйственной культуры первостепенное значение приобретают доза и продолжительность экспозиции обрабатываемого объекта. Кроме того, при использовании мутагенов в селекционной работе необходимо учитывать и то, что разные семейства, роды, виды и отдельные сорта одного и того же вида проявляют четко выраженную неодинаковую чувствительность как к типам воздействующих мутагенных факторов, так и к их дозам. Это проявляется в разной степени выживаемости растений, неодинаковой частоте возникновения индуцированных мутаций и в различии спектров мутаций.

Установлено, что по мере увеличения концентрации мутагена до определенного уровня возрастает и частота жизнеспособных мутаций, а затем происходит ее снижение. Возникшие изменения, произошедшие в результате обработки мутагенами сверх оптимальной нормы, вызывают гибель растений. Следовательно, в селекционной работе использование высоких концентраций мутагенов нецелесообразно, однако концентрации мутагенов не должны быть и слишком низкими, иначе воздействие мутагена будет малоэффективным. В этой связи при создании исходного материала для селекции той или иной сельскохозяйственной культуры с использованием индуцированного мутагенеза концентрации мутагенов целесообразно уточнять для каждого конкретного сорта на основе предварительных исследований [8].

**Цель исследований** – изучить влияние нитрозометилмочевины (НММ) и нитрозоэтилмочевины (НЭМ) на рост и развитие растений сортов крыжовника, отобрать ценные для практической селекции формы.

**Материал и методика исследований.** Исследования проводили с 1998 по 2009 гг. на агробиологической станции Белорусского государственного педагогического университета им. М. Танка, а с 2009 по 2018 гг. на опытном поле Полесского государственного университета. Объекты исследования: сорта крыжовника – Розовый 2, Машека (агробиостанция БГПУ им. М. Танка); Малахит, Северный капитан, Яровой (опытное поле ПлесГУ).

Верхушечные почки, вышеуказанных сортов, обрабатывали НММ и НЭМ в концентрациях 0,001; 0,005; 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1% при экспозициях 6, 12, 24 часа.

При обработке верхушечные почки побегов указанных сортов помещали в желатиновые капсулы с водными растворами мутагенов соответствующих концентраций. В каждом варианте по каждому сорту обрабатывали 30 почек. После определенной экспозиции воздействия почки промывали в воде.

На следующий год выросшие из обработанных почек побеги отчеренковывали и укореняли. Почки в контрольных вариантах обрабатывали водой в желатиновых капсулах.

Критерием определения чувствительности различных сортов являлся показатель количества измененных растений, выращенных из обработанных химическими мутагенами почек.

Чувствительность определяли на второй и последующие годы роста укоренившихся черенков.

**Результаты исследований и их обсуждение.** За годы исследований обработано 7200 почек, выращено 150 растений с различными типами морфозов и мутаций, из которых отобрано 66 с хозяйственно ценными признаками. В процессе исследований установлено, что частота мутационных изменений зависит от исходного сорта, мутагена, его концентрации и экспозиции воздействия (таблица).

Таблица – Обобщенные данные влияния химических мутагенов (НЭМ, НММ) на сорта *Grossularia reclinata* Mill.

Мутаген	Концентрация, ммМ	Экспозиция, час	Распустившиеся верхушечные почки		Укоренившиеся растения		Измененные растения		Отобрано форм с хозяйственно ценными признаками	
			шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
			НММ	контроль	6	112	74,66	105	70,00	-
0,001	107	71,33	68	45,33		1	0,60	-	-	
0,005	102	68,00	59	39,33		3	2,00	1	0,66	
0,01	96	64,00	46	30,66		8	5,33	5	3,33	
0,05	54	36,00	27	18,00		4	2,66	2	1,33	
0,1	21	14,00	14	9,33		2	1,33	-	-	
0,5	7	4,66	4	2,66		1	0,66	-	-	
1	-	-	-	-		-	-	-	-	-
контроль	12	111	74,00	103	68,66	-	-	-	-	
0,001		109	72,66	69	46,00	2	1,33	-	-	
0,005		105	70,00	57	38,00	5	3,33	2	1,33	
0,01		91	60,66	43	28,66	9	6,00	7	4,66	
0,05		49	32,66	24	16,00	4	2,66	2	1,33	
0,1		18	12,00	13	8,66	2	1,33	-	-	
0,5		4	2,66	3	2,00	-	-	-	-	
1		-	-	-	-	-	-	-	-	
контроль	24	113	75,33	104	69,33	-	-	-	-	
0,001		105	70,00	67	44,66	1	0,60	-	-	
0,005		96	64,00	54	36,00	4	2,66	1	0,66	
0,01		83	55,33	37	24,66	11	7,33	5	3,33	
0,05		42	28,00	21	14,00	3	2,00	1	0,66	
0,1		13	8,66	8	5,33	1	0,60	-	-	
0,5		2	1,33	-	-	-	-	-	-	

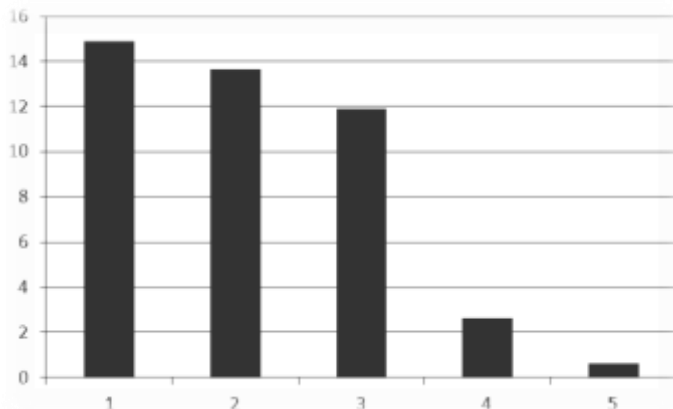
Продолжение таблицы

	1		-	-	-	-	-	-	-		
НЭМ	кон- троль	6	110	73,3 3	106	70,6 6	-	-	-		
	0,001		104	69,3 3	63	42,0 0	4	2,66	1	0,66	
	0,005		92	61,3 3	51	34,0 0	14	9,33	7	4,66	
	0,01		76	50,6 6	32	21,3 3	6	4,00	2	1,33	
	0,05		37	24,6 6	21	14,0 0	3	2,00	-	-	
	0,1		11	7,33	12	8,00	1	0,60			
	0,5		1	0,66	-	-	-	-	-	-	
	1		-	-	-	-	-	-	-	-	
	кон- троль		12	112	74,6 6	105	70,0 0	-	-	-	-
	0,001			106	70,6 6	59	39,3 3	3	2,00	-	-
0,005	87	58,0 0		48	32,0 0	6	4,00	3	2,00		
0,01	68	45,3 3		29	19,3 3	16	10,6 6	9	6,00		
0,05	29	19,3 3		16	10,6 6	5	3,33	2	1,33		
0,1	9	6,00		9	6,00	2	1,33	-	-		
0,5	-	-		-	-	-	-	-	-		
1	-	-		-	-	-	-	-	-		
кон- троль	24	111		74,0 0	107	71,3 3	-	-	-	-	
0,001		103		68,6 6	53	35,3 3	2	1,33	-	-	
0,005		83	55,3 3	42	28,0 0	6	4,00	2	1,33		
0,01		62	41,3 3	26	17,3 3	18	12,0 0	7	4,66		
0,05		22	14,6 6	12	8,00	3	2,00	1	0,66		
0,1		3	2,00	-	-	-	-	-	-		
0,5		-	-	-	-	-	-	-	-		
1		-	-	-	-	-	-	-	-		

Изучение влияния химических мутагенов на сорта крыжовника показало, что для получения хозяйственно ценных форм оптимальными концентрациями растворов мутагенов для обработки сортов являются варианты с 0,005% НЭМ и 0,01% НММ при экспозиции 12 часов. При использовании более высоких концентраций мутагенов (от 0,5 до 1%) не происходит развитие побегов из верхушечных почек вследствие их усыхания.

Установлено, что большей мутабельностью характеризуются сорта Розовый 2 (14,88%), Малахит (13,66%), Северный капитан (11,92%), меньшей – Яровой (2,63%) и Машека (0,63%) (рисунок).

Мутабельность, %



Сорт

Рисунок – Мутабельность сортов *Grossularia reclinata* Mill.:

1 – Яровой; 2 – Розовый 2; 3 – Машека;

4 – Малахит; 5 – Северный капитан

**Заключение.** Таким образом, в результате изучения возможности использования химического мутагенеза (НЭМ и НММ) в селекции крыжовника установлено:

1. Большой мутабельностью обладают растворы НЭМ в сравнении с НММ.

2. Сублетальными дозами НЭМ и НММ являются 0,5% растворы, а летальными – 1% растворы.

3. Большой процент развития мутантных форм с хозяйственно ценными признаками наблюдается при обработке верхушечных почек растений 0,01% растворами НЭМ и НММ при экспозиции 12 часов.

4. Большой мутабельностью у крыжовника характеризуются сорта Розовый 2 (14,88%), Малахит (13,66%), Северный капитан (11,92%), меньшей – Яровой (2,63%) и Машека (0,63%).

5. Получен фонд из 60 форм крыжовника с различными типами морфозов и мутаций, из которых отобрано 12 форм, превосходящих исходные родительские сорта по комплексу признаков.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Артемчук, И. П. Эффективность мутагенных факторов в создании исходного материала с хозяйственно-ценными признаками / И. П. Артемчук // Мат. Межд. науч. конф. «Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы». – Мн., 2012. – С. 39.
2. Бавтуто, Г. А. Обогащение генофонда и создание исходного материала плодово-ягодных культур на основе экспериментальной аллополиплоидии и мутагенеза: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.05 / Г. А. Бавтуто; Тартуский гос. ун-т. – Тарту, 1980. – 49 с.
3. Кадыров, М. А. Селекция основных сельскохозяйственных растений в Беларуси: традиции, инновации, результативность / М. А. Кадыров, Д. В. Лужинский / Сб. науч. тр.: Молекулярная и прикладная генетика / ред. колл.: А. В. Кильчевский (гл. ред.) [и др.]. – Мн., 2009. – Т. 9. – С. 32-37.
4. Картель, Н. А. Молекулярные маркеры в изучении хозяйственно-ценных признаков сельскохозяйственных культур / Н.А. Картель // Сб. науч. тр.: Молекулярная и прикладная генетика / ред. колл.: А. В. Кильчевский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2009. – Т. 9. – С. 19-27.
5. Кильчевский, А. В. Генетические основы селекции растений / А. В. Кильчевский / Сб. науч. тр.: Молекулярная и прикладная генетика // ред. кол. А. В. Кильчевский [и др.]. – Минск, 2007. – Т. 6. – С. 13-21.
6. Коновалов, Ю. Б. Общая селекция растений / Ю. Б. Коновалов, В. В. Пыльцев, Т. И. Хупацария, В. С. Рубец. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – 395 с.
7. Тарасенко, Н. Д. Индуцирование мутации и устойчивость сельскохозяйственных культур к заболеваниям / Н. Д. Тарасенко // Международные научные связи. – 2010. – С. 93-96.
8. Шишлов, М. П. Рекомбиногенез как неиспользованная возможность гибридной селекции растений / М. П. Шишлов, А. М. Шишлова // Материалы конф.: Генетика и биотехнология 21 века: проблемы, достижения, перспективы; Минск, 8-11 октября. – Мн., 2012. – С. 119.
9. Amano, E. Plant cultivars derived from mutation induction or the use of induced mutants in cross breeding Mutation Breeding Newsletter / E. Amano // Plant Mutat. Breed. For Crop Improv: Proc. Int. Symp. – Vol. 1. – № 40. – Vienna, 1993. – P. 25-27.
10. Cannistraro, V. J. Acceleration of 5-methylcytosine deamination in cyclobutane dimers by G and its implications for UV-induced C-to-T mutation hotspots / V. J. Cannistraro, J. S. Taylor // J. Mol. Biol. – 2009. – 392. – P. 1145-1157.
11. Friedberg, E. C. DNA repair and mutagenesis / E. C. Friedberg, G. C. Walker, W. Siede, R. D. Wood, R. A. Schultz, T. Ellenberger. – part 3. Washington: ASM Press. – 2006. 2nd ed.
12. Shy, Q. Y. Mutation techniques for gene discovery and crop improvement / Q. Y. Shy, P. J. Logoda // Molecular Plant breeding. – 2007. – Vol. 5. – P. 193-198.