

БИОЛОГИЯ**BIOLOGY**

УДК 575.224:631.531:582.475.4:635.92

<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2021-65-6-708-714>

Поступило в редакцию 07.10.2021

Received 07.10.2021

**А. Ф. Келько¹, М. О. Слесаренко¹, Р. И. Караневский¹,
член-корреспондент В. И. Торчик²**

¹Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь

²Президиум Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь

**ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ МУТАГЕНОВ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН, РОСТ
И ПРОЯВЛЕНИЕ ДЕКОРАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ В СЕМЕННОМ ПОТОМСТВЕ
У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *PINUS* L.**

Аннотация. Дана оценка влияния различных концентраций химических мутагенов на всхожесть семян, рост и проявление декоративных признаков в семенном потомстве сосны горной (*Pinus mugo* Turra), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и «ведьминой метлы» («ВМ») сосны обыкновенной. В качестве мутагенов использовали 0,1 %-ный водный раствор колхицина, а также 0,1; 0,5 и 1,0 %-ные водные растворы диметилсульфата (ДМС). Установлена видоспецифичность влияния химических мутагенов на всхожесть семян. Так, обработка семян сосны горной водными растворами колхицина и ДМС оказала некоторое стимулирующее влияние на всхожесть. Напротив, всхожесть семян сосны обыкновенной и семян, собранных с «ВМ» сосны обыкновенной, снижалась с увеличением концентрации ДМС в растворе. Среди потомства, полученного с использованием химических мутагенов, выявлены экземпляры с изменениями силы роста в сторону карликовости, особенностей ветвления, которые проявлялись в виде нарушения апикального доминирования и усиления побегообразования, изменениями окраски хвои, в том числе зимним изменением окраски разной интенсивности от зеленой к желтой, бронзовой или бронзово-желтой. В результате исследований отобрано 363 экземпляра с нетипичными признаками для дальнейшей селекционной работы.

Ключевые слова: сосна горная, *Pinus mugo*, сосна обыкновенная, *Pinus sylvestris*, химический мутагенез, колхицин, диметилсульфат, селекция, декоративные формы

Для цитирования. Влияние химических мутагенов на всхожесть семян, рост и проявление декоративных признаков в семенном потомстве у представителей рода *Pinus* L. / А. Ф. Келько [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2021. – Т. 65, № 6. – С. 708–714. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2021-65-6-708-714>

Hanna F. Kelko¹, Maryia A. Slesarenka¹, Ruslan I. Karaneuski¹, Corresponding Member Uladzimir I. Torchyk²

¹Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

²Prezidium of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

**INFLUENCE OF THE CHEMICAL MUTAGENS ON THE SEED GERMINATION, THE GROWTH
AND MANIFESTATION OF DECORATIVE CHARACTERISTICS IN THE SEED OFFSPRING
OF THE REPRESENTATIVES OF THE GENUS *PINUS* L.**

Abstract. The influence of various concentrations of chemical mutagens on the seed germination, the growth and manifestation of decorative traits in the seed offspring of mountain pine (*Pinus mugo* Turra), Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), and Scots pine “witch’s broom” (“WB”) is assessed. A 0.1 % aqueous solution of colchicine, as well as 0.1, 0.5, and 1.0 % aqueous solutions of dimethyl sulfate (DMS) was used as mutagens. The species-specificity of the influence of chemical mutagens on the seed germination was established. Thus, the treatment of mountain pine seeds with aqueous solutions of colchicine and DMS had some stimulating influence on their germination. On the contrary, the germination of the Scots pine seeds and the seeds collected from the Scots pine “WB” decreased with increasing the DMS concentration in the solution. Among the offspring obtained using chemical mutagens, specimens were identified with changes in the growth strength towards dwarfism, the branching features of which manifested themselves in the form of apical dominance violation and shoot formation growth, with changes in the color of needles, including winter color changes of different-intensity color from green to yellow, bronze or bronze yellow. As a result of the research, 363 specimens with atypical traits were selected for further breeding work.

Keywords: mugo pine, *Pinus mugo*, Scots pine, *Pinus sylvestris*, chemical mutagenesis, colchicine, dimethyl sulfate, selection, cultivars

For citation. Kelko H. F., Slesarenka M. A., Karaneuski R. I., Torchuk U. I. Influence of the chemical mutagens on the seed germination, the growth and manifestation of decorative characteristics in the seed offspring of the representatives of the genus *Pinus* L. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2021, vol. 65, no. 6, pp. 708–714 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2021-65-6-708-714>

Введение. Хвойные растения выполняют важную роль в создании комфортной среды проживания населения. В то же время наблюдающиеся изменения экологических условий произрастания растений в населенных пунктах требуют быстрого обновления ассортимента декоративных растений и совершенствования агротехники их выращивания. Увеличение перечня используемых в озеленении декоративных древесных растений в Беларуси до недавнего времени осуществлялось путем интродукции, которая включает привлечение перспективного материала, оценку зимостойкости, устойчивости к болезням и вредителям, разработку технологии получения посадочного материала и другие исследования [1]. Очевидно, что предпочтительным является использование сортов отечественной селекции, изначально более устойчивых в местных условиях, что позволяет также решать вопросы импортозамещения.

Новые сорта растений, в том числе и декоративные формы хвойных, получают путем отбора спонтанных соматических мутаций, возникших на растениях в естественных условиях или массовых посевах в питомнике. Однако наиболее быстрый путь – индуцированный мутагенез, воздействие на семенной или вегетативный материал физическими или химическими мутагенами, которые вызывают у растений новые полезные признаки [2–4]. Характер изменений, возникающих под действием химических мутагенов, принципиально не отличается от подобных изменений, полученных действием экстремальных значений факторов окружающей среды (температура, свет, элементы питания), однако по частоте и спектру изменений химические мутагены более эффективны [5], что позволяет сократить временные сроки и материальные затраты при решении селекционных задач. Наряду с этим необходимо отметить, что химические мутагены могут как индуцировать изменения, имеющие хозяйственное значение, так и вызывать гибель исходного материала или получение нежизнеспособных экземпляров. Кроме того, частота и характер вызываемых мутаций зависит от вида или сорта растений, а также от типа используемого мутагена [2; 6].

В качестве химических мутагенов чаще всего используются растворы колхицина в концентрациях от 0,002 до 0,5 % в зависимости от вида растения и обрабатываемого материала, диметилсульфата (ДМС), нитрозометилмочевины (0,005–0,1 %), этилметансульфоната и других веществ [7–9] при различной экспозиции (от 12 до 24 ч). Эти мутагены легко вступают в реакцию с белковыми молекулами, вызывая изменения на молекулярном уровне, причем восприимчивость к мутагенам является видоспецифичной.

Поэтому целью настоящей работы было определение специфики влияния некоторых мутагенов на семенной материал представителей рода *Pinus* L., выявление его чувствительности к определенным дозам и установление диапазона концентраций мутагенных веществ, которые стимулируют появление новых признаков у потомства.

Материалы и методы исследования. Объектами исследований служили семена сосны горной, сосны обыкновенной и «ведьминой метлы» («ВМ») сосны обыкновенной. Сбор шишек проводили во II декаде января. Извлеченные во II декаде февраля семена замачивали на сутки в талой воде, а затем помещали на ледник для стратификации. Перед посевом, который проводили в III декаде мая, семена замачивали в 0,1 %-ном водном растворе колхицина, 0,1; 0,5 и 1,0 %-ных растворах ДМС. Контролем служили семена, замоченные в дистиллированной воде. Продолжительность обработки составляла 12 ч.

Посевы выполняли в условиях открытого грунта в 2-кратной повторности по 100 семян. В качестве субстрата использовали смесь верхового торфа и листовой земли (1 : 1 по объему). Всходы для защиты от солнечных ожогов притеняли.

Оценку грунтовой всхожести семян проводили на 30-й день после посева [10]. В сентябре сеянцы высаживались в контейнеры в смесь верхового торфа и листовой земли. Следующей весной проводили учет сохранности сеянцев, измеряли их высоту, оценивали морфологические признаки и количество растений, нетипичных по окраске и форме хвои, силе роста, характеру

ветвления, габитусу. Анализ полученных данных выполняли с помощью методов математической статистики – описательная статистика, тесты Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка для проверки на соответствие распределения показателей нормальному закону, U -критерий Манна–Уитни для установления значимости различий между двумя независимыми выборками [11; 12].

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования (табл. 1) свидетельствуют, что при увеличении концентрации ДМС до 1,0 % семена сосны обыкновенной практически полностью теряют всхожесть, тогда как обработка семян 0,1 %-ным раствором препарата существенного влияния на всхожесть не оказала. Не оказал влияния на всхожесть семян сосны обыкновенной и «ВМ» сосны обыкновенной 0,1 %-ный раствор колхицина. У семян сосны горной после обработки растворами ДМС наблюдалось некоторое стимулирование прорастания. Различие с контролем находилось в пределах 6,5–11,5 % в зависимости от концентрации раствора. Обработка семян сосны горной 0,1 %-ным раствором колхицина оказала стимулирующий эффект, о чем свидетельствует увеличение средней всхожести на 24 %. Подобное действие ДМС на всхожесть семян некоторых видов было отмечено ранее и другими исследователями [13]. В то же время семена сосны обыкновенной и «ВМ» сосны обыкновенной проявляют высокую чувствительность к обработке ДМС, что сказывается на их всхожести. Полученные результаты подтверждают установленный ранее другими исследователями факт о видоспецифичности влияния мутагенов на всхожесть семян [9; 14].

Т а б л и ц а 1. Влияние различных концентраций химических мутагенов на всхожесть семян представителей рода *Pinus* L.

Table 1. Influence of different concentrations of chemical mutagens on seed germination of representatives of the genus *Pinus* L.

Вариант опыта Experience option	Концентрация раствора, % Solution concentration, %	Всхожесть семян, % Seed germination, %		
		сосны горной mountain pine	сосны обыкновенной scots pine	«ВМ» сосны обыкновенной “WB” scots pine
Дистиллированная вода (контроль)	—	23,0	75,0	66,0
ДМС	0,1	32,0	83,5	72,0
	0,5	34,5	22,0	51,5
	1,0	29,5	5,5	12,0
Колхицин	0,1	47,0	71,5	61,0

Т а б л и ц а 2. Влияние химических мутагенов на высоту сеянцев у представителей рода *Pinus* L.

Table 2. Effect of chemical mutagens on seedling height in representatives of the genus *Pinus* L.

Опытное растение Experienced plant	Средняя высота сеянцев, см Average height of seedlings, cm				
	Контроль Control	ДМС Dimethyl sulphate			0,1 %-ный р-р колхицина 0.1 % solution of colchicine
		0,1 %-ный р-р 0.1 % solution	0,5 %-ный р-р 0.5 % solution	1,0 %-ный р-р 1.0 % solution	
Сосна горная	$\frac{3,7 \pm 0,2}{38,1}$ <i>ab</i>	$\frac{3,7 \pm 0,2}{40,3}$ <i>a</i>	$\frac{3,2 \pm 0,2}{43,4}$ <i>abc</i>	$\frac{3,2 \pm 0,2}{43,5}$ <i>bc</i>	$\frac{3,1 \pm 0,1}{40,6}$ <i>c</i>
Сосна обыкновенная	$\frac{11,9 \pm 0,3}{35,4}$ <i>a</i>	$\frac{11,1 \pm 0,3}{36,0}$ <i>ab</i>	$\frac{10,9 \pm 0,6}{34,1}$ <i>ab</i>	$\frac{10,7 \pm 0,6}{19,2}$ <i>ab</i>	$\frac{10,2 \pm 0,3}{33,2}$ <i>b</i>
Сосна обыкновенная («ВМ»)	$\frac{10,4 \pm 0,4}{42,5}$ <i>a</i>	$\frac{9,6 \pm 0,4}{44,5}$ <i>a</i>	$\frac{9,6 \pm 0,5}{48,6}$ <i>a</i>	$\frac{9,6 \pm 0,7}{36,1}$ <i>a</i>	$\frac{10,0 \pm 0,4}{37,5}$ <i>a</i>

П р и м е ч а н и я. В числителе – $M \pm m$, где M – среднее значение, m – ошибка среднего; в знаменателе – V – коэффициент вариации. Средние значения высот для одного вида, отмеченные разными буквами, различаются значительно при $p < 0,05$.

N o t e s. In the numerator – $M \pm m$, where M – mean, m – error of the mean; in the denominator – V – coefficient of variation. The mean values of heights for one species, marked with different letters, differ significantly at $p < 0.05$.

Наряду с влиянием химических мутагенов на всхожесть семян опытных растений отмечено их влияние и на высоту полученных сеянцев. Так, обработка семян 0,1 %-ным раствором колхицина ведет к снижению высоты сеянцев сосны горной (табл. 2).

Исследования показали, что распределение сеянцев сосны горной по высоте подчиняется закону нормального распределения (рис. 1).

При этом наибольшее количество сеянцев в контрольном варианте оказалось в высотном интервале 3,0–4,0 см. Он был принят за средний при оценке высоты сеянцев, полученных из семян, обработанных мутагенами (табл. 3).

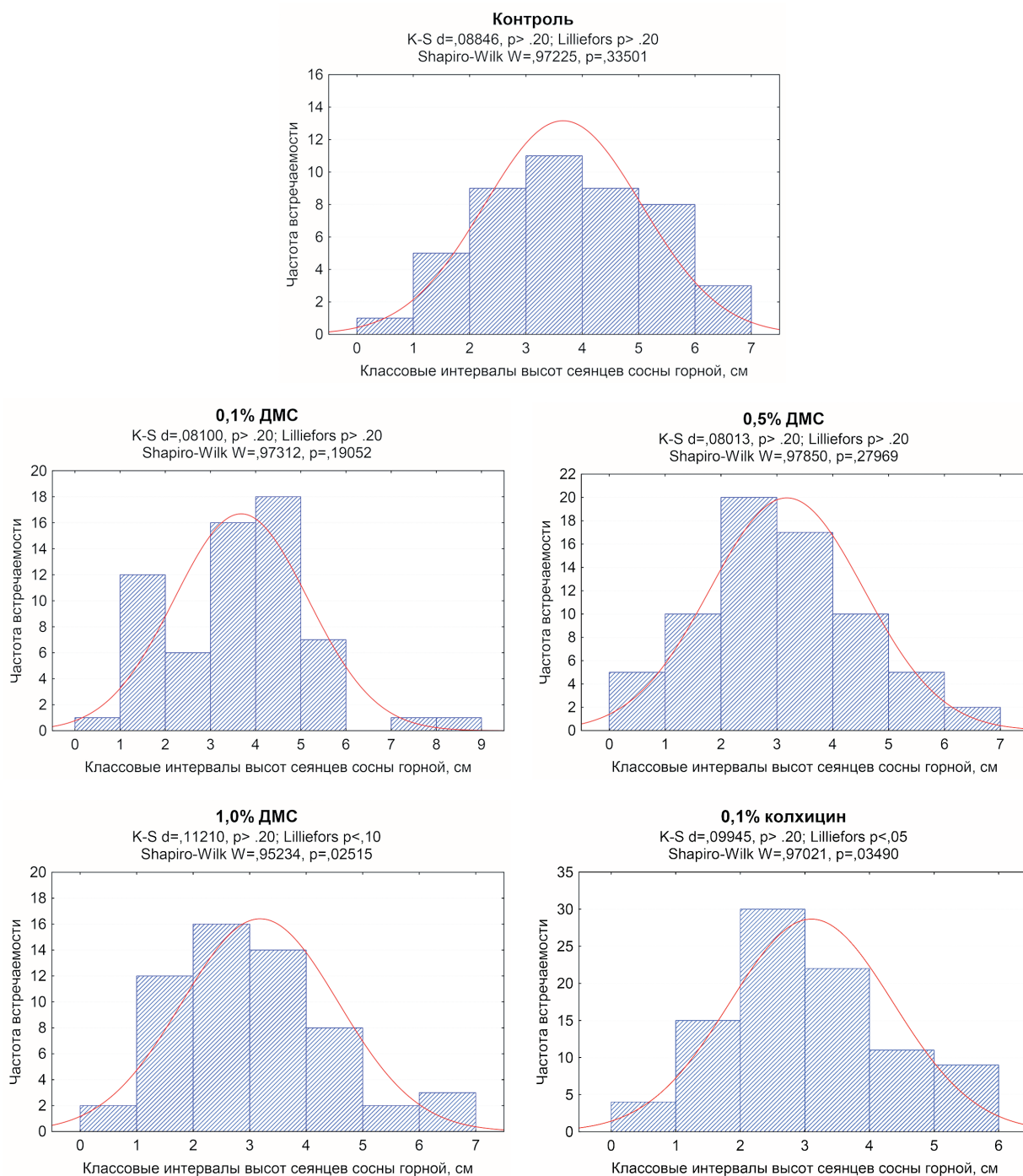


Рис. 1. Влияние химических мутагенов на распределение сеянцев сосны горной по высоте

Fig. 1. Influence of chemical mutagens on the distribution of mountain pine seedlings by height

Т а б л и ц а 3. Влияние химических мутагенов на распределение сеянцев сосны горной по интервалам высот

T a b l e 3. Influence of chemical mutagens on the distribution of mountain pine seedlings over height intervals

Высота сеянцев, см Seedling height, cm	Доля сеянцев, включенных в интервал высот, % Proportion of seedlings included in the height interval, %				
	Контроль Control	ДМС Dimethyl sulphate			0,1 %-ный р-р колхицина 0.1 % solution of colchicine
		0,1 %-ный р-р 0.1 % solution	0,5 %-ный р-р 0.5 % solution	1,0 %-ный р-р 1.0 % solution	
≤3,0	32,7	30,6	50,6	52,7	53,9
3,1–4,0	23,9	25,8	24,6	24,6	24,2
>4,0	43,4	43,6	24,8	22,7	21,9

Т а б л и ц а 4. Распределение сеянцев сосны обыкновенной и «ВМ» сосны обыкновенной по интервалам высот

T a b l e 4. Distribution of Scots pine seedlings and “WB” Scots pine seedlings by height intervals

Высота сеянцев, см Seedling height, cm	Доля сеянцев, включенных в интервал высот, % Proportion of seedlings included in the height interval, %				
	Контроль Control	ДМС Dimethyl sulphate			0,1 %-ный р-р колхицина 0.1 % solution of colchicine
		0,1 %-ный р-р 0.1 % solution	0,5 %-ный р-р 0.5 % solution	1,0 %-ный р-р 1.0 % solution	
<i>Сеянцы сосны обыкновенной</i>					
≤10,0	33,7	41,8	38,1	36,3	46,2
10,1–15,0	44,4	38,8	52,4	63,7	44,8
>15,0	21,9	19,9	9,5	0	9,0
<i>Сеянцы «ВМ» сосны обыкновенной</i>					
≤10,0	54,2	53,8	57,3	52,2	59,6
10,1–15,0	28,6	34,8	27,2	47,8	26,6
>15,0	17,2	11,4	15,5	0	13,8

Установлено, что 0,1 %-ный раствор ДМС не оказал влияния на распределение сеянцев сосны горной по высоте по сравнению с контролем. Однако увеличение концентрации ДМС до 0,5 и 1,0 % привело к более выраженному снижению высоты потомства. Более 50 % сеянцев оказались ниже 3 см, что примерно на 20 % больше, чем в контроле. Аналогичный результат получен и в варианте с 0,1 %-ным раствором колхицина.

Замачивание семян сосны обыкновенной в растворах мутагенов также привело к снижению высоты сеянцев (табл. 4).

При этом отмечено значительное уменьшение, вплоть до нуля, доли сеянцев выше 15 см после предпосевной обработки 0,5 и 1,0 %-ными растворами ДМС и 0,1 %-ным раствором колхи-



Рис. 2. Двухлетние сеянцы сосны горной (a) и сосны обыкновенной (b) с измененной зимней окраской хвои (0,1 %-ный раствор ДМС)

Fig. 2. Two-year-old mountain pine seedlings (a) and Scots pine (b) with altered winter color of needles (0.1 % DMS solution)

цина. Аналогичный вывод можно сделать и в отношении сеянцев, полученных из семян «ВМ» сосны обыкновенной. При этом для большинства сеянцев из семян «ВМ» в целом характерен более медленный рост, что вело к формированию карликовых растений, по сравнению с сеянцами, полученными из семян, собранных с нормальной части кроны.

Это подтверждает мутационное происхождение «ВМ» сосны обыкновенной, которая была отобрана в качестве объекта исследования. Подобная закономерность выявлена ранее у семенного потомства многих «ВМ» сосны обыкновенной, обнаруженных на территории Беларуси [15], что позволило получить ряд сортов отечественной селекции.

Среди полученных в процессе исследований сеянцев выявлены экземпляры, для которых характерно зимнее изменение окраски хвои на желтую разной интенсивности, бронзовую или бронзово-желтую. Причем у отдельных растений в период вегетации отмечалось сохранение желтой окраски на кончиках хвои прошлого года (рис. 2).

В потомстве сосны обыкновенной и, в большей степени, «ВМ» сосны обыкновенной были получены также экземпляры с нетипичным ветвлением, которое проявлялось в усилении побегообразования и нарушении апикального доминирования.

Заключение. В результате выполненной работы установлено влияние различных концентраций химических мутагенов на всхожесть семян и морфологические характеристики семенного потомства сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), сосны горной (*Pinus mugo* Turra) и «ведьминой метлы» («ВМ») сосны обыкновенной. Обработка семян сосны горной 0,1 %-ным водным раствором колхицина, а также 0,1; 0,5 и 1,0 %-ными растворами ДМС оказала некоторое стимулирующее влияние на всхожесть. В то же время при увеличении концентрации раствора ДМС происходило снижение всхожести семян сосны обыкновенной и «ВМ» сосны обыкновенной, вплоть до полной гибели.

Установлено увеличение доли сеянцев сосны горной и сосны обыкновенной с замедленным по сравнению с контролем ростом. Отмечено, что для большинства сеянцев, полученных из семян «ВМ» сосны обыкновенной, в целом характерен более медленный рост по сравнению с сеянцами из семян, собранных с нормальной части кроны, а предпосевная обработка таких семян химическими мутагенами способствует увеличению доли низкорослых сеянцев.

В процессе исследований сформирован селекционный фонд сеянцев с нетипичным ветвлением и окраской хвои, включающий 21 сеянец сосны горной, 80 сосны обыкновенной и 262 сеянца из семян «ВМ» сосны обыкновенной.

Список использованных источников

1. Карпун, Ю. Н. Основы интродукции растений / Ю. Н. Карпун // Hortus botanicus. – 2004. – № 2. – С. 17–32.
2. Бавтуго, Г. А. Использование экспериментального мутагенеза в селекции плодово-ягодных растений / Г. А. Бавтуго, И. Э. Бученков // Обогащение и сохранение генофонда на основе повышения биологического потенциала растительных ресурсов: сб. науч. тр. – Минск, 2000. – С. 18–25.
3. Березина, Н. М. Предпосевное облучение семян сельскохозяйственных растений / Н. М. Березина, Д. А. Каушанский. – М., 1975. – 264 с.
4. Химические супермутагены в селекции: сб. ст. – М., 1975. – 359 с.
5. Бученков, И. Э. Особенности изменчивости признаков у мутантов смородины и крыжовника / И. Э. Бученков, В. Н. Кавцевич // Изучение биоразнообразия флоры Беларуси и обогащение генофонда культурных растений на основе искусственного формообразования: материалы межвузовского семинара ботанических кафедр по проблеме биоразнообразия флоры и селекции культурных растений (Минск, 24–26 апреля 2003 г.). – Минск, 2003. – С. 52–58.
6. Равкин, А. С. О частоте соматических мутаций черной смородины при индуцированном мутагенезе / А. С. Равкин // Докл. ТСХА. – 1972. – Вып. 186. – С. 179–184.
7. Изучение влияния обработок водным раствором колхицина на изменение признаков у двух садовых групп львиного зева (*Antirrhinum majus* L.) / А. В. Исачкин [и др.] // Изв. ТСХА. – 2014. – Вып. 4. – С. 5–17.
8. Кудина, Г. А. Химические мутагены в селекции цветочно-декоративных растений / Г. А. Кудина // Промышленная ботаника. – 2006. – Вып. 6. – С. 116–120.
9. Suprasanna, P. Induced mutations and crop improvement / P. Suprasanna, S. J. Mirajkar, S. G. Bhagwat // Plant Biology and Biotechnology. Vol. I: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement; eds.: B. Bahadur [et al.]. – New Delhi, 2015. – P. 593–617. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2286-6_23
10. Новиков, А. И. Влияние сортирования семян сосны обыкновенной по цвету и размерам на их грунтовую всхожесть в контейнерах / А. И. Новиков // Хвойные boreальной зоны. – 2019. – Т. 37, № 5. – С. 313–319.
11. Малета, Ю. С. Непараметрические методы статистического анализа в биологии и медицине / Ю. С. Малета, В. В. Тарасов. – М., 1982. – 178 с.

12. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – 3-е изд. – Минск, 1973. – 320 с.
13. Орлова, Т. Г. Изменчивость сеянцев *Aster dumosus* L. ‘Blue Bouquet’ под влиянием диметилсульфата / Т. Г. Орлова // Промышленная ботаника. – 2003. – Вып. 3. – С. 171–174.
14. Антонюк, Н. М. Изучение реакции декоративных растений на воздействие облучением и химическими мутагенами / Н. М. Антонюк // Химические супермутagens в селекции / отв. ред. И. А. Рапопорт. – М., 1975. – С. 331–336.
15. Торчик, В. И. Перспективы использования спонтанных соматических мутаций в селекции декоративных форм сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / В. И. Торчик // Наука и инновации. – 2011. – № 8 (102). – С. 67–70.

References

1. Karpun Yu. N. The main problems of introduction. *Hortus botanicus*, 2004, no. 2, pp. 17–32 (in Russian).
2. Bavtuto G. A., Buchenkov I. E. The use of experimental mutagenesis in the selection of fruit and berry plants. *Obogashchenie i sokhranenie genofonda na osnove povysheniya biologicheskogo potentsiala rastitel'nykh resursov: sbornik nauchnykh trudov* [Enrichment and preservation of the gene pool based on increasing the biological potential of plant resources: collection of scientific works]. Minsk, 2000, pp. 18–25 (in Russian).
3. Berezina N. M., Kaushanskiy D. A. *Presowing irradiation of seeds of agricultural plants*. Moscow, 1975. 264 p. (in Russian).
4. Rapoport I. A., ed. *Chemical supermutagens in breeding: collection of articles*. Moscow, 1975. 359 p. (in Russian).
5. Buchenkov I. E., Kavtsevich V. N. Features of variability of traits in mutants of currant and gooseberry. *Izuchenie bioraznoobraziya flory Belarusi i obogashchenie genofonda kul'turnykh rasteniy na osnove iskusstvennogo formoobrazovaniya: materialy mezhvuzovskogo seminaru botanicheskikh kafedr po problem bioraznoobraziya flory i seleksii kul'turnykh rasteniy (Minsk, 24–26 aprelya 2003 goda)* [The study of the biodiversity of the flora of Belarus and the enrichment of the gene pool of cultivated plants on the basis of artificial shaping: materials of the interuniversity seminar of botanical departments on the problem of flora biodiversity and breeding of cultivated plants (Minsk, April 24–26, 2003)]. Minsk, 2003, pp. 52–58 (in Russian).
6. Ravkin A. S. On the frequency of somatic mutations in black currant in induced mutagenesis. *Doklady TSKHA* [Reports of Timiryazev Agricultural Academy], 1972, vol. 186, pp. 179–184 (in Russian).
7. Isachkin A. V., Solov'ev A. A., Khanbabaeva O. Ye., Bogdanova V. D., Zarenkova Ye. G. Study of the effect of treatments with an aqueous solution of colchicine on changes in traits in two garden groups of snapdragons (*Antirrhinum majus* L.). *Izvestiya TSKHA* [Bulletin of Timiryazev Agricultural Academy], 2014, no. 4, pp. 5–17 (in Russian).
8. Kudina G. A. Chemical mutagens in flower-ornamental plant selection. *Promyshlennaya botanika* [Industrial botany], 2006, no. 6, pp. 116–120 (in Russian).
9. Suprasanna P., Mirajkar S. J., Bhagwat S. G. Induced mutations and crop improvement. *Plant Biology and Biotechnology. Vol. I: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement*. New Delhi, 2015, pp. 593–617. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2286-6_23
10. Novikov A. I. Germination in containers of Scots pine seeds: effect of grading by colour and size. *Khvoynye boreal'noy zony* [Conifers of the boreal zone], 2019, vol. 37, no. 5, pp. 313–319 (in Russian).
11. Maleta Yu. S., Tarasov V. V. *Nonparametric methods of statistical analysis in biology and medicine*. Moscow, 1982. 178 p. (in Russian).
12. Rokitskiy P. F. *Biological statistics*. 3rd ed. Minsk, 1973. 320 p. (in Russian).
13. Orlova T. G. Variation of the seedlings of *Aster dumosus* L. ‘Blue Bouquet’ induced by dimethylsulphate. *Promyshlennaya botanika* [Industrial botany], 2003, no. 3, pp. 171–174 (in Russian).
14. Antonyuk N. M. Study of the reaction of ornamental plants to exposure to radiation and chemical mutagens. *Khimicheskie supermutageny v seleksii: sbornik nauchnykh trudov* [Chemical supermutagens in breeding: collection of scientific works]. Moscow, 1975, pp. 331–336 (in Russian).
15. Torchik V. I. Prospects for the use of spontaneous somatic mutations in the selection of decorative forms of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Nauka i innovatsii* [Science and innovations], 2011, no. 8 (102), pp. 67–70 (in Russian).

Информация об авторах

Келько Анна Федоровна – канд. биол. наук, заведующий лабораторией. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, Минск, Республика Беларусь). E-mail: anna.kelko@inbox.ru.

Слесаренко Мария Олеговна – мл. науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, Минск, Республика Беларусь). E-mail: slesarenko.maryia@mail.ru.

Караневский Руслан Игоревич – мл. науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, Минск, Республика Беларусь). E-mail: ruskar1992@mail.ru.

Торчик Владимир Иванович – член-корреспондент, д-р биол. наук, академик-секретарь. Президиум НАН Беларуси (пр. Независимости, 66, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: dendro@tut.by.

Information about the authors

Kelko Hanna F. – Ph. D. (Biology), Head of the Laboratory. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: anna.kelko@inbox.ru.

Slesarenka Maryia A. – Junior researcher. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: slesarenko.maryia@mail.ru.

Karaneuski Ruslan I. – Junior researcher. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ruskar1992@mail.ru.

Torchik Uladzimir I. – Corresponding Member, D. Sc. (Biology), Academic Secretary. Prezidium of the National Academy of Sciences of Belarus (66, Nezavisimosti Ave., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dendro@tut.by.