

ОРИГИНАЛЬНЫЕ
СТАТЬИ

УДК 630X46: 630*17:582.475.4

**ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СУПЕРМУТАГЕНОВ
НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАДИАЛЬНЫХ ПРИРОСТОВ
В ОНТОГЕНЕЗЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ***

© 2013 г. *И. В. Тихонова*¹, *О. С. Машкина*^{2,3}, *Ю. Н. Исаков*²

¹ ФГБУН Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН

660036 Красноярск, Академгородок, 50/28

² ФГУП НИИ лесной генетики и селекции

394087 Воронеж, ул. Ломоносова, 105

³ «Воронежский государственный университет»

394006 Воронеж, Университетская пл., 1

E-mail: selection@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 20.08.2011 г.

Исследована изменчивость радиальных приростов ранней и поздней древесины полусибсов в 17-летних культурах сосны обыкновенной, подверженных однократной обработке химическими супермутагенами при проращивании семян. Установлено достоверное влияние мутагенов на изменчивость приростов деревьев и разная чувствительность к ним у полусибсов. Отмечено, что с возрастом культур увеличивается синхронность динамики приростов в вариантах опыта с контролем, наряду со снижением мутагенного эффекта возрастает доля межсемейных различий в изменчивости приростов. Выявлена признакоспецифичность в реакции деревьев на влияние экологических факторов роста.

Химические супермутагены, сосна обыкновенная, радиальные приросты.

В условиях возрастающего глобального загрязнения окружающей среды в любом месте планеты сегодня можно обнаружить токсичные продукты нашей цивилизации: тяжелые металлы, пестициды и другие токсичные органические и неорганические соединения, в том числе мутагены, вызывающие генные, хромосомные и геномные мутации, нарушения процессов воспроизводства здоровых клеток и организмов.

Главная опасность загрязнения окружающей среды мутагенами заключается в том, что вновь возникающие мутации отрицательно влияют на жизнеспособность любых организмов на разных стадиях развития. И если поражение зародышевых клеток может привести к росту числа носителей мутантных генов и хромосом, то при повреждении генов соматических клеток возможно возрастание числа раковых заболеваний, снижение устойчивости организмов к заболеваниям и общее снижение продолжительности жизни. Более того, сов-

местное влияние различных загрязнителей ведет к значительному усилению биологических эффектов. Особенно это касается долгоживущих древесных растений, у которых загрязнения накапливаются. В то же время эта экологическая проблема возникла не так давно и поэтому плохо изучена.

Большинство исследований в этой области связано с выявлением хромосомных аномалий клеток, снижения качества семян и пыльцы, образования терат, ухудшения состояния деревьев. Однако мутагены могут опосредованно влиять и на устойчивость деревьев к естественным экологическим факторам.

Поэтому целью нашей работы было изучение влияния некоторых химических супермутагенов на изменчивость радиальных приростов сосны обыкновенной в культурах Воронежской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в испытательных культурах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), созданных сотрудниками Научно-иссле-

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ (№№11-04-98008-р_сибирь-а и 11-04-92226-Монг_а).

довательского Института лесной генетики и селекции (ФГУП «НИИЛГиС») в Рамонском лесничестве Воронежского лесхоза, трехлетними сеянцами в 1993 г. [8, 12]. Схема посадки – 3×1 м, густота – 5500 деревьев на 1 га.

В работе анализируются семьи, выращенные из семян от свободного опыления пяти материнских деревьев и представляющие собой полусибсы. Семена обработаны тремя супермутагенами: нитрозометилмочевинной (НММ), нитрозодиметилмочевинной (НДММ) и диметилсульфатом (ДМС) в концентрациях 0.05 и 0.1%, в течение 24 ч. В качестве контрольных служили семена тех же деревьев, замоченные в воде на 24 ч.

У потомства каждого из 5 полусибсов (выборка 5 деревьев) брали керны на высоте 30–40 см от земли. Подготовка кернов осуществлялась по стандартной методике [1]. Измерения проводились с использованием микроскопа МБС-10, с точностью 0.01 мм. Измеряли ширину годичных колец, ранней и поздней древесины. Всего проанализировано 122 хронологии.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программ Excel и Statistica. Считали их среднее значение, ошибку, коэффициент вариации. Достоверность различий определяли с помощью однофакторного дисперсионного анализа.

Коэффициент чувствительности, дающий оценку относительных различий по ширине соседних колец, вычисляли по формуле:

$$Kr = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{t=n-1} \left| \frac{2(x_{t+1} - x_t)}{x_{t+1} + x_t} \right|,$$

где x – ширина годичного кольца, или индекс прироста за год t , n – длительность ряда (лет).

Коэффициент синхронности для оценки сходства сравниваемых рядов рассчитывали по формуле:

$$K_c = n^+ \cdot \frac{100}{n} - 1,$$

где n^+ – число совпавших по направлению годичных отрезков кривой, n – длительность сравниваемого интервала времени (лет) [21, 23].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Действие мутагенов вызывает увеличение частоты возникновения мутаций, что ведет к росту так называемого генетического груза, выражающегося в увеличении наследственной патологии. Мишенью действия мутагенов в клетке являются, главным образом, ДНК и, возможно, некоторые

белки. К последним относят белки, играющие как структурную, так и регуляторную роль в организации генома или принимающие участие в фундаментальных матричных процессах: репликации, рекомбинации или репарации ДНК.

Для устранения первичных повреждений генетических структур, вызванных мутагенами, в клетке существует ряд систем репарации (или восстановления) генетических повреждений [3, 14]. Однако в ходе репарации часть первичных повреждений может остаться и привести к возникновению мутаций. В этой связи особый интерес представляет длительное последствие однократной обработки семян супермутагенами на изменчивость радиальных приростов деревьев.

Известно также, что химические супермутагены используют для расширения генетического разнообразия форм культурных растений и как специфические стимуляторы роста и развития организмов [18]. С помощью мутагенов можно разорвать сцепленно наследуемые признаки, преодолеть нескрещиваемость между отдаленными формами и стерильность собственной пыльцы. При использовании более низких концентраций мутагенов индуцируются микромутации, затрагивающие изменение отдельных признаков продуктивности, качества, ранеспелости, некоторых биохимических показателей организма [4]. ДМС, например, может вызвать специфическое расщепление гуанина в ДНК посредством разрушения имидазольного цикла [20]. НММ является цитостатическим (препятствующим росту клеток) алкилирующим соединением [22]. Причем, используемые в нашей работе химические супермутагены относятся к сильным (особенно ДМС) алкилирующим (в том числе, и метилирующим) соединениям, модифицирующим молекулу ДНК путем присоединения алкильной группы (метила – CH_3 , этила – C_2H_5 и др.) к азотистому основанию [6]. В этом случае, наряду с генными мутациями (в результате возникновения апуриновых и апирииминовых брешей с последующей заменой оснований или сдвигом рамки считывания), появлением хромосомных aberrаций, может иметь место и эпигенетическая изменчивость. Одним из ее механизмов является метилирование ДНК вследствие изменения структуры хроматина без изменения первичной структуры ДНК, что влияет на экспрессию генов (программу развития) и фенотип организма. Последняя способна наследоваться митотически (в ряду клеточных поколений, в онтогенезе), а в ряде случаев в процессе мейоза – потомками следующих поколений. В этом случае наследуются особенности регуляции экспрессии генов, не связанные непосредственно с изменением

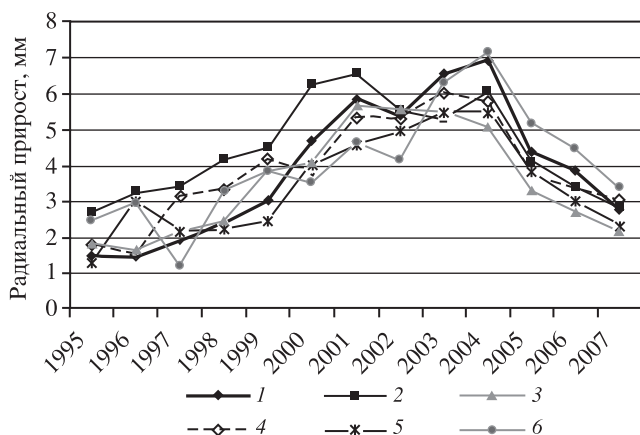


Рис. 1. Динамика среднего радиального прироста сосны в контрольном варианте (1) и вариантах опыта (ДМС 0.05 – 2, ДМС 0.1 – 3, НММ 0.05 – 4, НДММ 0.05 – 5, НДММ 0.1 – 6).

нуклеотидной последовательности ДНК [2, 10]. Все это свидетельствует, что длительная реакция древесных растений на воздействие супермутагенов может иметь место.

Результаты обобщенного анализа (по вариантам опыта) показали, что за период с 1995 по 2007 г. годовые приросты древесины сосны варьировали от 0.6 до 12.3 мм. Средний радиальный прирост в контроле составил 4.72 мм. Рис. 1 показывает, что динамика годовых приростов в вариантах опыта в целом повторяет ход кривой приростов в контрольном варианте. Причем согласованность изменения приростов постепенно повышается с увеличением возраста деревьев. В разных вариантах опыта по сравнению с контрольным наблюдалось как уменьшение, так и увеличение средней величины годового радиального прироста, из них достоверное: между контролем и вариантами ДМС 0.1 и НДММ 0.05, а также между вариантами ДМС 0.1 и ДМС 0.05, ДМС 0.05 и НДММ 0.05.

Коэффициенты межсезонной изменчивости приростов у отдельных деревьев в разных вариантах опыта изменялись от 10.6 до 89.5%. При этом в большинстве вариантов наблюдалось отклонение от контрольного в сторону увеличения индивидуальной изменчивости этого показателя. Достоверные отклонения от контрольного значения по коэффициенту изменчивости приростов отмечены для вариантов ДМС 0.05 и НММ 0.1. Такую реакцию можно считать неспецифической, проявляющейся у деревьев в ответ на стресс, так как повышение изменчивости признаков в условиях стресса, в том числе в связи с загрязнением воздуха, отмечалось для многих видов растений, включая древесные [5, 13, 15, 18, 19]. При этом

лучшим состоянием в условиях лесостепи отличались деревья со средней и ниже среднего чувствительностью годовых приростов [16].

Такой же анализ был проведен отдельно для ранней и поздней древесины деревьев опыта. Средняя ширина ранней древесины у контрольных деревьев составила 3.87 мм. Так же, как и с радиальным приростом, между вариантами отмечено как увеличение (в варианте с НММ 0.1), так и уменьшение средней ширины ранней древесины (в вариантах ДМС 0.1 и НДММ 0.05 различия достоверны). Средняя ширина поздней древесины в контроле равнялась 0.85 мм, или около 18% от средней величины прироста. Достоверные различия по ширине поздней древесины отмечены между: контрольными деревьями и вариантами НДММ 0.05 и НММ 0.1; вариантом НДММ 0.05 и вариантами ДМС 0.05 и НММ 0.05; вариантом НММ 0.1 и вариантами ДМС 0.1, ДМС 0.05 и НММ 0.05.

В вариантах опыта установлены разные отклонения индивидуальной изменчивости радиального прироста и прироста ранней древесины и увеличение индивидуальной изменчивости ширины поздней древесины во всех вариантах опыта по сравнению с контрольным (рис. 2). Для большинства вариантов отклонения от контрольных значений по изменчивости ширины поздней древесины были достоверными ($P < 0.05-0.01$). Таким образом, признак ширины поздней древесины оказался более чувствительным к воздействию супермутагенов по сравнению с радиальным приростом и шириной ранней древесины. Это согласуется с данными некоторых исследователей, подтверждающими, что величина поздней древесины – один из самых изменчивых признаков в разных экологических условиях роста

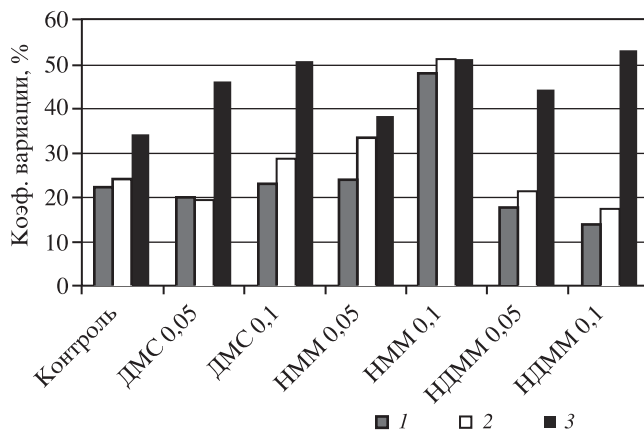


Рис. 2. Индивидуальная изменчивость радиальных приростов (1), ширины ранней (2) и поздней (3) древесины в вариантах опыта.

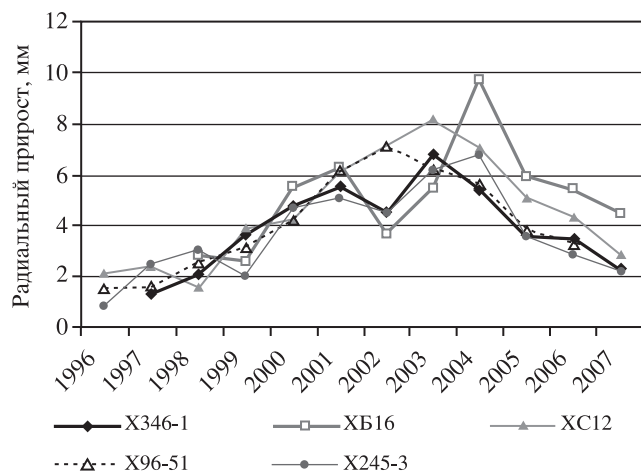


Рис. 3. Динамика средних значений радиальных приростов сосны обыкновенной в контрольном варианте для выборок полусибсов X346-1, XB16, XC12, X96-51, X245-3.

деревьев [11]. Как видим, под влиянием мутагенов его чувствительность к изменению погодных условий становится еще выше.

Для того, чтобы выяснить, сказывается ли влияние наследственных различий между деревьями на их чувствительности к супермутагенам, сравнивали выборки полусибсов (семенного потомства разных материнских деревьев) по радиальным приростам, ширине ранней и поздней древесины.

Из рис. 3 видно, что у потомства разных материнских деревьев имеются различия, заключающиеся в разной интенсивности роста и чувствительности к погодным условиям года. Наблюдаются межсемейные различия в реакции на влияние мутагенов. Ранее на корневых меристемах семенного потомства тех же полусибсов была показана их разная чувствительность к мутагенам по числу патологий митоза [12].

Надо отметить, что, начиная с 10-летнего возраста, различия между потомствами полусибсов в их реакции на изменения погодных условий увеличились (2002–2007 гг.). Наибольшей изменчивостью приростов характеризуется потомство дерева XB16, оно отличается достоверно более высокими значениями приростов по сравнению с выборками полусибсов X346-1 и X96-51 ($P < 0.01$). Достоверные различия были отмечены и по ширине поздней древесины между X245-3 и XB16, XC12, X96-51 ($P < 0.05$). Сравнивая динамику приростов на рис. 1 и 3, можно заметить, что с возрастом культур влияние мутагенов снижается и возрастает доля влияния наследственных различий между полусибсами на фоне растущей конкуренции между деревьями.

Считается, что такой признак, как чувствительность роста, в большей степени зависит от особенностей генотипа дерева. Это подтвердили эксперименты на клонах сосны [17], поэтому его исследование представляет большой интерес. В контрольном варианте были установлены существенные различия по чувствительности приростов между потомствами X96-51, XC12 и потомством дерева XB16 (соответственно, 0.27, 0.28 и 0.43) (рис. 4). В опыте по сравнению с контрольным вариантом наблюдалось как увеличение, так и уменьшение чувствительности деревьев. В выборке самых чувствительных деревьев XB16 отмечено увеличение чувствительности в вариантах опыта НММ 0.1 и НДММ 0.05. Достаточно стабильным этот признак сохраняется в потомстве дерева XC12. Между этими двумя выборками различия достоверны на уровне $P < 0.01$.

Наряду с высокой чувствительностью, выборка XB16 характеризуется достаточно высокой синхронностью приростов индивидуальных деревьев. Причем, в двух вариантах опыта (ДМС 0.05, НММ 0.1) наблюдалась относительно высокая для сосны синхронность приростов с деревьями контрольной выборки (78–80%). Отсутствием либо низкой синхронностью приростов (от 41 до 64%) в вариантах опыта с контрольным отличались потомства деревьев X245-3 и X96-51 (различия достоверны). Это свидетельствует об их большей чувствительности и более длительной реакции на воздействие супермутагенов по сравнению с выборками XB16, XC12 и X346-1.

Для определения степени влияния различных экологических факторов на изменчивость приростов древесины в культурах сосны был проведен трех- и двухфакторный анализ для равномерных комплексов. При этом выборка включала потомство 4 деревьев (346-1, 245-3, XB16 и XC12) в 5-кратной повторности и 4 варианта опыта:

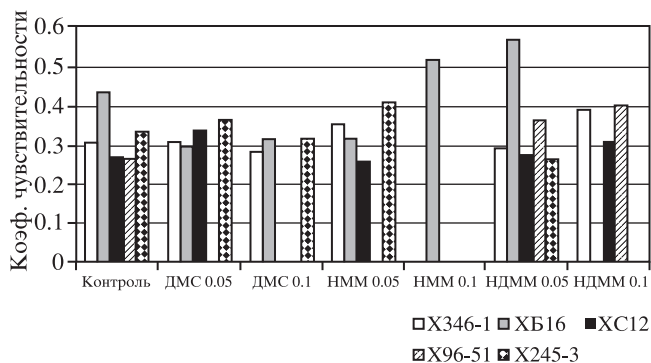


Рис. 4. Чувствительность радиальных приростов потомства 5 деревьев в вариантах опыта.

Таблица. Доля влияния экологических факторов (“мутагены” – влияние вариантов опыта, “семьи” – межсемейных различий, “годы” – межсезонных различий) на изменчивость параметров радиальных приростов древесины.

Факторы	Дисперсия			Доля влияния, %		
	РП	ШПД	Ч	РП	ШПД	Ч
1. “Мутагены”	20.761	2.946	0.002	11.2***	14.0***	3.7
2. “Семьи”	20.713	10.666	0.025	11.2***	50.7***	40.5*
3. “Годы”	113.144	1.897	–	60.9***	9.0*	–
4. п.1+2	15.817	2.860	0.022	8.5***	13.6***	35.2*
5. п. 1+3	5.877	0.577	–	3.2***	2.7	–
6. п. 2+3	3.410	0.556	–	1.8	2.6	–
7. п. 1+2+3	3.077	0.743	–	1.7	3.5	–
8. “Неучтенные”	2.888	0.814	0.013	1.6	3.9	20.5
Всего:	185.69	21.058	0.062	100.0	100.0	100.0
Только в контрольном варианте						
1. “Семьи”	20.078	7.591	0.018	29.5***	79.2***	81.1***
2. “Годы”	39.253	0.623	–	57.7***	6.5	–
3. п.1+2	5.061	0.701	–	7.4	7.3	–
4. “Неучтенные”	3.684	0.675	0.004	5.4	7.0	18.9
Всего:	68.076	9.589	0.022	100.0	100.0	100.0

*...*** – уровни достоверности: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$; РП – радиальный прирост, ШПД – ширина поздней древесины, Ч – чувствительность приростов; п. 1+2 – совместное влияние факторов “мутагены–семьи”, п. 2+3 – “семьи–годы” и т.д.; прочерком отмечена нулевая дисперсия.

контрольный, ДМС 0.05, НММ 0.05 и НДММ 0.05 за 2000–2007 гг. В результате проведенного анализа было установлено, что степень влияния того или иного фактора во многом зависит от признака (таблица).

Так, например, в условиях Воронежской области (лесостепь) был отмечен высокий вклад генотипических различий между деревьями в изменчивость их линейных приростов [7]. По результатам настоящего исследования дисперсия радиальных приростов в тех же условиях, но в более молодых культурах, на 61% определялась влиянием климатических условий роста за указанные годы. Вклад межсемейных различий, отражающих влияние генотипа, и последствия обработки мутагенами были также существенными – по 11%. Полученные данные согласуются с выводами некоторых авторов, что генетическая обусловленность изменчивости линейного прироста (роста деревьев в высоту) выше по сравнению с изменчивостью радиального прироста [9, 11]. Надо отметить также достоверное совместное влияние факторов “мутагены–семьи” и “мутагены–годы” на величину приростов.

По сравнению с величиной радиального прироста вариации ширины поздней древесины гораздо больше зависели от наследственного фактора (семьи) – 51% и в меньшей степени от

климата – 9%. Длительное последствие обработки мутагенами также заметно (14%). В то же время, дисперсия чувствительности деревьев в ответ на мутагены оказалась незначительной. Результаты анализа подтвердили высокое влияние генетического фактора на показатель чувствительности приростов.

Надо отметить, что одним из последствий обработки семян мутагенами было значительное снижение доли влияния “семей” на изменчивость трех признаков: в 1.5 раза для ширины поздней древесины, в 2 раза для чувствительности приростов и почти в 3 раза для абсолютных значений приростов по сравнению с контролем. В 2–3 раза возросла суммарная дисперсия признаков.

Заключение. Благодаря проведенным исследованиям было установлено, что однократное воздействие химическими супермутагенами ДМС, НММ и НДММ в концентрациях 0.05 и 0.1% может оказывать существенное влияние на радиальный рост сосны достаточно длительный период времени. Это свидетельствует, что системы репарации устраняют не все генетические повреждения в соматических клетках, вызванные химическими супермутагенами.

Основной эффект от влияния химических мутагенов заключается в существенных колебаниях

средних значений приростов ранней и поздней древесины, повышении уровня индивидуальной и погодичной изменчивости приростов (наибольший в вариантах НММ и НДММ в концентрации 0.1).

Разные признаки структуры годовичных приростов древесины сосны отличаются разной чувствительностью к химическим мутагенам. Наибольшая чувствительность к влиянию мутагенов отмечена для поздней древесины.

Установлено, что изменчивость радиального прироста сосны на 61% определяется колебаниями погодных условий. В меньшей степени признак зависит от генетических различий между деревьями (11%). Влияние мутагенов достоверно и составляет 11%. Кроме того, имеет место совместное влияние факторов “мутагены–семьи” (8.5%) и, в меньшей степени, “мутагены–годы” (3.2%) на величину приростов. Высокая генетическая детерминация отмечена для признаков ширины поздней древесины (51%) и чувствительности приростов (40%).

Выявлены различия между полусибсами по чувствительности к мутагенам. Наиболее чувствительная к погодным изменениям семья ХБ16 (потомство самофертильного дерева) оказалась более устойчивой к воздействию мутагенов по характеру реакций на изменение погодных условий. В то же время более стабильное потомство самостерильного дерева ХС12 имело более сильные относительно контроля изменения, что согласуется с данными проведенного ранее цитогенетического анализа для этих деревьев.

Надо отметить, что одним из последствий обработки семян мутагенами было значительное снижение доли влияния “семей” на изменчивость трех признаков: в 1.5 раза для ширины поздней древесины, 2 раза для чувствительности приростов и почти в 3 раза для абсолютных значений радиальных приростов по сравнению с контролем. В 2–3 раза возросла суммарная дисперсия признаков. Таким образом, следствием однократного воздействия химических мутагенов на семена во время их прорастания является повышение чувствительности деревьев к изменениям погодных условий и снижение возможности к адаптации сосны на популяционном уровне.

Отмечено, что с возрастом культур влияние мутагенов на динамику приростов древесины снижается и увеличивается доля влияния наследственных различий между полусибсами, в том числе связанная с возрастающей конкуренцией между деревьями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ваганов Е.А., Шашкин А.В. Рост и структура годовичных колец хвойных. Новосибирск: Наука, 2000. С. 7–21.
2. Ванюшин Б.Ф. Метилирование ДНК и эпигенетика // Генетика. 2006. Т. 42. № 9. С. 1186–1199.
3. Гершензон С.М. Мутации. Киев: Наукова думка, 1991. 90 с.
4. Грант В. Эволюция организмов. М.: Наука, 1980. С. 25–31.
5. Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Бондарева Л.М., Кирильчук К.С. Концепция морфометрии в современной ботанике // Черноморский ботанический журнал. 2009. Т. 5. № 1. С. 5–22.
6. Иванов В.И. Генетика. М.: Наука, 2006. 638 с.
7. Исаков Ю.Н. Эколого-генетическая изменчивость и селекция сосны обыкновенной: Автореф. ... д-ра биол. наук: 03.00.15, 06.01.05. СПб., 1999. 36 с.
8. Исаков Ю.Н., Машкина О.С., Кузнецова Н.Ф. Испытательные культуры потомств сосны обыкновенной, полученных от деревьев разного уровня самофертильности при обработке семян химическими мутагенами. Объект № 35 // Опытно-производственные селекционно-семеноводческие объекты НИИ лесной генетики и селекции. Воронеж: Изд-во ин-та. 2004. Т. 1. С. 131–134.
9. Картель Н.А., Манцель Е.Д. Генетика в лесоводстве. Минск: Наука и техника, 1970. 158 с.
10. Коряков Д.Е., Жимулев И.Ф. Хромосомы. Структура и функции. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 258 с.
11. Матвеев С.М. Динамика поздней древесины сосны обыкновенной в различных лесорастительных условиях // Лесн. журн. 2005. № 4. С. 70–75.
12. Машкина О.С., Кузнецова Н.Ф., Исаков Ю.Н., Буторина А.К. Самофертильность у сосны обыкновенной как один из механизмов ее устойчивости к химическим мутагенам // Экология. 2009. № 6. С. 423–428.
13. Ростова Н.С. Изменчивость системы корреляций морфологических признаков // Бот. журн. 1999. № 11. С. 50–65.
14. Сойфер В.Н. Репарация генетических повреждений // Соросовский образовательный журн. 1997. № 8. С. 4–13.
15. Тихонова И.В. Признаки пыльцы *Pinus sylvestris* L. как индикатор состояния деревьев в условиях сухой степи // Лесоведение. 2005. № 1. С. 63–69.
16. Тихонова И.В., Столярова О.А. Индивидуальная чувствительность лиственницы сибирской в редколесье Ширинской лесостепи // Сиб. эколог. журн. 2008. № 6. С. 901–906.
17. Тихонова И.В., Тараканов В.В., Кнорре А.А. Вклад генотипических и метеорологических факторов в

- изменчивость годичных приростов древесины на клоновой плантации сосны // Экология. 2012. № 3. С. 163–169.
18. Шемберг М.А., Жарко Л.Е. Морфо-анатомическая структура городских насаждений березы повислой // Ботанические исследования в Сибири. Красноярск: Изд-во Красноярского отд. РБО, 1994. Вып. 2. С. 151–156.
 19. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике: Учеб. пособие. Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1984. 288 с.
 20. Streitwieser A., Heathcock C.H., Kosower E.M. Introduction to Organic Chemistry. Macmillan, N.-Y.: Macmillan Publ. Comp., 1992. 1169 p.
 21. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 137 с.
 22. Fieser L.F., Fieser M. Reagents for Organic Synthesis. N.-Y.: John Wiley & Sons, 1967. 295 p.
 23. Fritts H.C. Tree-Rings and climate. London; N. Y.; San Francisco: Acad. Press, 1976. 576 p.

Long-Term Effects of Chemical Super-mutagens on Variability of Scots Pine Radial Increment in Ontogeny

I. V. Tikhonova, O. S. Mashkina, Yu. N. Isakov

The variability of radial growth of 17-year-old Scots pine plantations after treatment of seeds with chemical super-mutagens (nitromethylurea, nitrosodimethylurea, and dimethyl sulfate) was investigated. A single treatment with super-mutagens at concentrations of 0.05 and 0.1% during 24 h was found to have a significant long-term impact on the variability of radial increment in pine. The main effect of the chemical mutagens resulted in the significant changes in the average increments of early and especially late wood and increase in the level of variability of the increments. The genotypic differences in sensitivity to mutagens were revealed between half-sibs. The combined significant influence of the mutagen-family factors on the radial increment was observed. As the age of the plantations became lower, the influence of mutagens on the dynamics of forest growth was reduced, and genetic differences between half-sibs became higher.

Chemical super-mutagens, Scots pine, radial increment.