

4.1.6. – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агроресомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

УДК: 576.312.35/37:582.42

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.007.46-51

## Кариологические и цитогенетические исследования хвойных растений в условиях интродукции

Тамара Станиславовна Седельникова<sup>✉</sup>, д.б.н., в.н.с., tss@ksc.krasn.ru, ORCID: 0000-0002-6689-2369

Елена Николаевна Муратова<sup>✉</sup>, elena-muratova@ksc.krasn.ru, д.б.н., ORCID: 0000-0002-5951-4968

Александр Владимирович Пименов, д.б.н., ORCID: 0000-0002-6572-1402

Институт леса им. В. Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН» (ИЛ СО РАН), institute\_forest@ksc.krasn.ru, 660036, Академгородок 50/28, Красноярск, Россия

**Аннотация.** Парки, дендрарии и скверы, в составе которых присутствуют местные и интродуцированные виды хвойных растений, являются обязательными элементами комфортной городской среды. Для разработки научных основ интродукции хвойных необходимо изучение механизмов их адаптации в новых условиях произрастания с использованием цитогенетических методов мониторинга состояния насаждений. Целью работы являлось обобщение полученных авторами данных кариологического и цитогенетического исследования хвойных из семейств сосновые (Pinaceae) и кипарисовые (Cupressaceae) в условиях интродукции. Исследования проводили в дендрариях и парковых насаждениях России и других стран. С использованием кариологических и цитогенетических методов анализировали число хромосом, их морфологические параметры, встречаемость и типы хромосомных перестроек, исследовали митоз и мейоз. У всех изученных видов хвойных, в том числе у декоративных форм и культиваров, в условиях интродукции выявлены различные цитогенетические изменения: вариабельность числа хромосом (миксоплоидия), появление добавочных, или В-хромосом, нарушения морфологии и увеличение числа нуклеолярных локусов в хромосомах, возникновение хромосомных перестроек, аномалий митоза и мейоза. Эти изменения могут свидетельствовать о происходящих процессах адаптации хвойных в условиях интродукции.

**Ключевые слова:** хвойные, хромосомы, митоз, мейоз, интродукция.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания FWES-2021-0009 «Функционально-динамическая индикация биоразнообразия лесов Сибири».

**Цитирование.** Седельникова Т.С., Муратова Е.Н., Пименов А.В. Кариологические и цитогенетические исследования хвойных растений в условиях интродукции // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 46-51. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.007.46-51

Поступила в редакцию: 20.10.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** Парки, дендрарии и скверы являются обязательными элементами комфортных условий проживания людей, «зелеными фильтрами» в очищении воздуха населенных пунктов, особенно крупных городов. Наиболее высокую оздоровительную и эстетическую ценность имеют насаждения, в составе которых присутствуют виды хвойных растений – как местные, так и интродуцированные. Введение в интродукцию инорайонных видов обогащает дендрофлору конкретного региона [16]. Для разработки научных основ интродукции хвойных актуальным является изучение механизмов их акклиматизации и адаптации в новых условиях произрастания. С этой целью используются цитогенетические методы мониторинга состояния интродуцированных видов. Несмотря на то, что хвойные характеризуются стабильностью кариотипа, к настоящему времени накопилось достаточно много сведений о том, что у некоторых видов, форм и сортов (культиваров) встречаются нарушения числа хромосом, хромосомные перестройки и другие цитогенетические аномалии, частота которых повышается в неблагоприятных условиях произрастания [17; 25].

Цель работы. Настоящее сообщение посвящено изложению результатов кариологических и цитогенетических исследований различных видов хвойных растений в условиях интродукции.

**Материалы и методы исследований.** Методической основой исследований явилось обобщение полученных авторами данных цитогенетического мониторинга хвойных, интродуцированных в дендрариях (арборетумах) и парках России и ряда государств. Анализ проводился с использованием результатов собственных исследований, опубликованных авторами за период 2001-2023 гг. Основные сведения об изучаемых объектах и характеристика условий интродукции исследованных видов хвойных растений приводятся в анализируемых работах. Для кариологического анализа использовали меристематические ткани кончиков корешков прорастающих семян. Проростки подвергали предфиксационной обработке 1% р-ром колхицина в течение 4-6 часов, их фиксацию производили спиртово-уксусной смесью из расчета 3 части этилового спирта и 1 часть ледяной уксусной кислоты, окрашивали 1% р-ром ацетогематоксилина. Для просмотра готовили «давленные» препараты с

использованием насыщенного р-ра хлоралгидрата. Препараты просматривали в проходящем свете под микроскопом AxioStar plus (Carl Zeiss) с применением системы формирования изображений AxioVision (окуляр  $\times 10$ , объектив  $\times 90$ ). На метафазных пластинках подсчитывали число хромосом, анализировали их морфологические параметры, встречаемость и типы хромосомных перестроек. Митоз и мейоз исследовали на препаратах без доработки колхицином.

**Результаты и обсуждение.** В семействе сосновые (*Pinaceae* Spreng. ex F. Rudolphi) исследованы представители родов сосна (*Pinus* L.), ель (*Picea* A. Dietr.), пихта (*Abies* Mill.) и лиственница (*Larix* Mill.). Диплоидный набор видов родов *Pinus*, *Picea*, *Abies* и *Larix* включает 24 хромосомы ( $2n = 24$ ).

Изучено 9 интродуцированных видов и 1 гибрид рода *Pinus*: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) в парковых насаждениях г. Ессентуки (Россия), сосна айдахская белая (*Pinus monticola* Douglas ex D. Don), сосна белая юго-западная (*Pinus strobiformis* Engelm.), сосна румелийская (*Pinus peuce* Griseb.), сосна приморская (*Pinus pinaster* Aiton), сосна крючковатая (*Pinus uncinata* Ramond ex DC), гибрид сосны скрученной и сосны Банка (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud.  $\times$  *Pinus banksiana* Lamb.) в арборетуме Софронка (Чехия), сосна красная японская (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.) в дендрарии Института садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, г. Барнаул (Россия), сосна оregonская (*Pinus ponderosa* P. Lawson & C. Lawson) в Аксуйской лесной опытной станции им. В.П. Фатунова Института биологии НАН Республики Кыргызстан (Кыргызстан) [11; 15; 25]. Кроме того, *P. pinaster* исследована в парковых посадках г. Пицунда (Абхазия) [10].

В семенном потомстве деревьев *P. sylvestris*, *P. pinaster*, *P. monticola*, *Pinus contorta*  $\times$  *Pinus banksiana*, *P. densiflora* обнаружена миксоплоидия – одновременное присутствие клеток разного уровня плоидности (как правило, тетраплоидных, реже – триплоидных) или анеуплоидных в одном растении. Было выявлено несколько вариантов миксоплоидии ( $2n = 24, 25$ ;  $2n = 24, 36$ ;  $2n = 24, 48$ ;  $2n = 24, 25, 48$ ), встречающихся с различной частотой [11; 15]. У *P. densiflora* наблюдались нарушения морфологии хромосом, увеличение числа вторичных перетяжек в хромосомах [25].

Миксоплоидия считается важным фактором, способствующим адаптации древесных растений, в частности, хвойных, к различным условиям произрастания [2]. Сочетание диплоидных и полиплоидных клеток у миксоплоидных форм приводит к изменению дозы генов, усилению пластичности генома, обеспечению генетического разнообразия потомства [7]. В ряде обзоров приводятся сведения о том, что единично встречающиеся взрослые полиплоидные и анеуплоидные экземпляры видов семейства *Pinaceae* имеют морфологические отличия от нормальных растений [17; 25].

Проанализировано 7 интродуцированных видов рода *Picea*: 5 декоративных форм ели сибир-

ской (*Picea obovata* Ledeb.), отселектированных в природе – длиннохвойную (*f. densiflora* Lucznik), светящуюся (*f. lucifera* Lucznik), желтую (*f. lutescens* Lucznik) (рис. 1), плакучую (*f. pendula* Lucznik) и семирскую (*f. seminskiensis* Lucznik) в дендрарии Института леса им. В.Н. Сукачева, г. Красноярск (Россия), ель колючую (*Picea pungens* Engelm.) в Национальном парке г. Санта-Фе, штат Нью-Мексико (США), ель шероховатую (*Picea asperata* Mast.), ель толстоиглую (*Picea crassifolia* Kom.), ель Коямы (*Picea koyamae* Shiras.), ель сербскую (*Picea omorika* (Pančić) Purk.), ель отогнутую (*Picea retroflexa* Mast.) в парковых насаждениях штата Вашингтон (США) [5; 6; 8].

У декоративных форм *P. obovata* (как у материнских растений, так и у их семенного потомства) и *P. koyamae* были найдены 1 или 2 добавочные, или В-хромосомы, у *P. pungens* – 1 В-хромосома. При изучении митоза у декоративных форм *P. obovata* с В-хромосомами в кариотипе отмечены следующие аномалии: отставание хромосом, трехполосное и хаотическое расхождение, мосты, фрагменты и др. При этом у деревьев с В-хромосомами процент аномалий на стадиях анафазы и ранней телофазы был выше по сравнению с деревьями без них [5; 6; 8]. Другими авторами у интродуцированного в парке г. Воронежа (Россия) североамериканского вида ели белой (*Picea glauca* (Moench) Voss) также выявлялись В-хромосомы [3]. Добавочные хромосомы хвойных отличаются по размерам и морфологии от хромосом основного набора [22]. Предполагается, что В-хромосомы играют адаптивную роль, их встречаемость у растений, в том числе хвойных, увеличивается под влиянием неблагоприятных факторов среды или резком изменении условий произрастания [7; 20].

Среди семенного потомства деревьев *P. asperata*, *P. crassifolia*, *P. omorika*, *P. retroflexa* и *P. koyamae* обнаружен широкий спектр миксоплоидных растений ( $2n = 24, 12$ ;  $2n = 24, 48$ ;  $2n = 24, 25$ ;  $2n = 24, 25, 48$ ). У данных видов рода *Picea* с различной частотой встречались хромосомные перестройки, представленные хромосомными фрагментами, кольцевыми хромосомами, надетыми кольцевыми хромосомами, ацентрическими кольцами [6]. Хромосомные перестройки представляют собой крупные структурные мутации хромосом – делеции, транслокации, инверсии и др., имеющие определенное значение для эволюционной динамики геномов хвойных в различных местопроизрастаниях. Имеется большое число данных, свидетельствующих об усилении мутационных процессов у хвойных в экстремальных условиях [9; 24]. Вероятно, что миксоплоидные и анеуплоидные экземпляры хвойных служат «источниками» материала для отбора.

Проведено исследование мейоза у представителей родов *Larix* – лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.), *Abies* – пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) и *Picea* – ели сибирской (*P. obovata*), в дендрарии Института леса им. В.Н. Су-



Рисунок 1. Ель сибирская форма желтая в посадках дендрария Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск



Рисунок 2. Туя восточная в парковых насаждениях, г. Ессентуки

качева, г. Красноярск (Россия) [1; 18; 21]. Выявлено, что у *L. gmelinii* в дендрарии мейоз начинался осенью и возобновлялся при наступлении первых положительных дневных температур [21]. В условиях дендрария процесс мейоза у *A. sibirica* начинался раньше и был более растянут во времени, у *P. obovata* он начинался и заканчивался позже, чем в естественных популяциях. У *A. sibirica* встречаемость аномалий на разных стадиях мейоза была выше, а у *P. obovata* – ниже, чем в природных популяциях. У *P. obovata* наблюдались нарушения, не встречающиеся в природных популяциях – агглютинация бивалентов в кольцо в диакинезе, образование трех групп хромосом в метафазе I, хаотическое расположение и отставание хромосом в анафазе I, линейная ориентация веретен деления на стадии метафазы II и др. [1; 19; 21].

У деревьев *L. gmelinii* из дендрария на стадии метафазы I часто наблюдалось расположение одного или нескольких бивалентов вне делящейся пластинки. На стадии анафазы I отмечены мосты, преждевременное расхождение и отставание хромосом. Встречались аномальная ориентация веретен в первом и втором делениях мейоза, микроспороциты с признаками преждевременного цитокинеза. Для второго деления мейоза *L. gmelinii* было характерно большее количество аномалий – мосты, отстающие хромосомы, хаотическое расхождение хромосом, многополюсные или слившиеся веретена [21]. У *A. sibirica* и *P. obovata* в условиях дендрария наблюдалась большая асинхронность развития микроспороцитов в пределах одного микростробила и даже одного микроспорангия, чем в естественных условиях [1; 18], а у *L. gmelinii* асин-

хронность была незначительной [21]. Полученные данные свидетельствуют об индивидуальных особенностях прохождения мейоза у хвойных при интродукции, вероятно, связанных с их адаптацией. Цитогенетическое изучение хвойных растений в условиях интродукции, выполненное другими авторами, также выявило высокую степень нарушения мейоза при микроспорогенезе [4].

В семействе кипарисовые (*Cupressaceae* Gray) изучены виды родов туя (*Thuja* L.), кипарис (*Cupressus* L.), кипарисовик (*Chamaecyparis* Spach). Кариотип представителей семейства включает 22 хромосомы ( $2n = 22$ ). Многие виды семейства *Cupressaceae*, представленные различными сортами (культиварами), широко используются в интродукции.

Изучено 2 вида рода *Thuja*: туя восточная (*Thuja orientalis* L.) (рис. 2) в парковых насаждениях г. Ессентуки (Россия), пос. Пятиморск и г. Калач-на-Дону Волгоградской области (Россия), г. Чолпон-Ата (Кыргызстан), г. София (Болгария), а также в посадках на территории Рильского монастыря в горном массиве Рила (Болгария), и туя западная (*Thuja occidentalis* L.) – в Национальном дендрологическом парке «Софиевка», г. Умань (Украина) [12; 13; 14].

В проростках семян большинства анализируемых деревьев *T. orientalis* выявлена миксоплоидия ( $2n = 19, 22, 44$ ;  $2n = 22, 24, 33$ ;  $2n = 22, 33$ ;  $2n = 22, 33, 44$ ), встречающаяся с очень высокой (до 100%) частотой. В образцах *T. orientalis* из Болгарии обнаружены такие цитогенетические аномалии, как фрагментация хромосом, мультиядрышковые клетки [12; 13]. В семенном потомстве 4 исследованных культиваров *T. occidentalis*: Лютеа (*Lutea*),

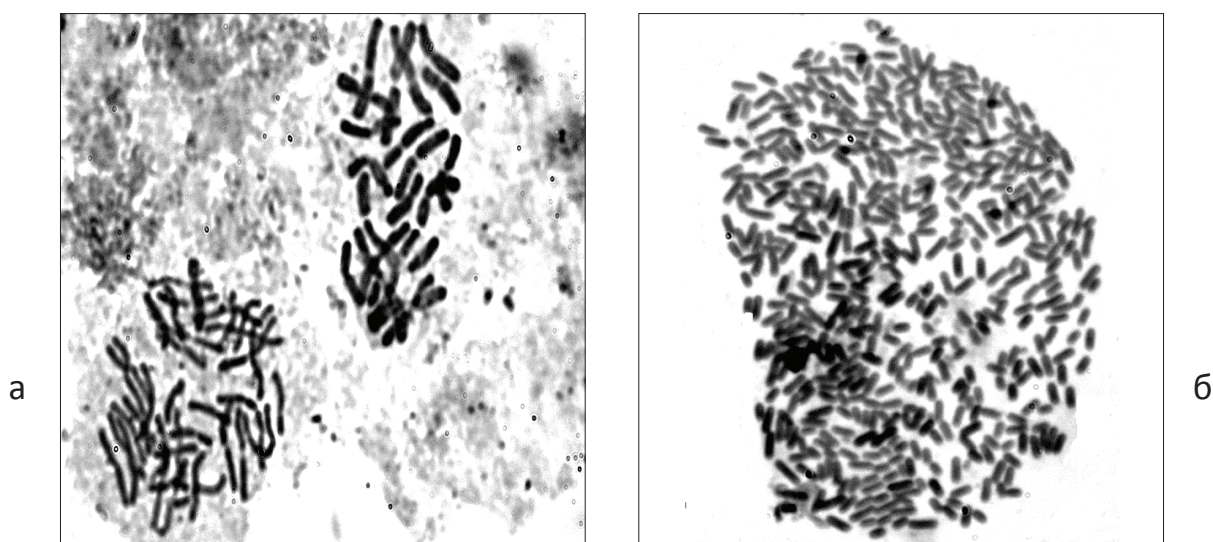


Рисунок 3. Метафазные пластинки хромосом культиваров *Thuja occidentalis*, произрастающих в дендропарке «Софиевка»: а – миксплоидия ( $2n = 22, 33$ ) у *T. occidentalis* Wareana; б – фрагментация хромосом в полиплоидной клетке *T. occidentalis* Lutea. Масштабная линейка – 10 мкм

Вареана (*Wareana*), Шаровидная (*Globosa*), Вареана желтеющая (*Wareana Lutescens*), также выявлена изменчивость хромосомных чисел ( $2n = 22, 33; 2n = 22, 33, 44$ ). Частота встречаемости миксплоидных проростков была высокой, у культивара *Wareana* она достигала 50%. У культиваров *Lutea* и *Wareana Lutescens* обнаружены фрагментация хромосом в полиплоидных клетках, дицентрические хромосомы (рис 3.) [14].

Исследованы представители родов *Cupressus* – кипарис арizonский (*Cupressus arizonica* Greene) в дендрарии Лесотехнического университета в г. Софии (Болгария) и *Chamaecyparis* – кипарисовик Лавсона (*Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parl.) в посадках паркового типа в г. Благоевград, г. Кюстендил и с. Петково Смолянской области (Болгария). В семенном потомстве *C. arizonica* обнаружена миксплоидия ( $2n = 22, 33, 44$ ). Среди проростков семян *Ch. lawsoniana* также встречались миксплоиды ( $2n = 22, 26$  и  $2n = 22, 44$ ) [12; 13].

Известно, что многие селекционные сорта и культивары видов семейства *Cupressaceae* представляют собой полиплоиды или миксплоиды. Так, среди культиваров туи гигантской (*Thuja gigantea* Nutt. var. *gracilis* Beissn.), встречаются миксплоидные деревья, химеры. Многие виды рода можжевельник (*Juniperus* L.) и отдельные расы и сорта криптомерии японской (*Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don) являются триплоидами или тетраплоидами [17; 23]. Предполагается [25], что разнообразие форм, рас и сортов растений из семейства кипарисовые по строению кроны, структуре побегов, окраске хвои может обуславливаться значительной изменчивостью хромосомных чисел.

**Заключение.** У всех исследованных видов хвойных из семейств *Pinaceae* и *Cupressaceae*, в том числе декоративных форм и культиваров, в условиях интродукции наблюдаются различные цитогенетические изменения: вариабельность числа хро-

мосом (миксплоидия, анеуплоидия), появление В-хромосом, нарушения морфологии хромосом и увеличение числа нуклеолярных локусов, возникновение хромосомных перестроек, аномалий митоза и мейоза. Эти изменения, вероятно, свидетельствуют о процессах акклиматизации и адаптации хвойных в условиях интродукции и могут служить источником генетического материала при селекционной работе с представителями данной группы растений.

#### Литература:

1. Бажина Е.В., Седаева М.И., Муратова Е.Н., Бажина Е.А. Особенности мейоза при микроспорогенезе у *Picea obovata* (*Pinaceae*) при интродукции // Ботанический журнал. 2020. Т. 105. № 12. С. 1207–1220. DOI: 10.31857/S000681362012011X
2. Буторина А.К. Факторы эволюции кариотипов древесных // Успехи современной биологии. 1989. Т. 108. Вып. 3 (6). С. 342–357.
3. Буторина А.К., Богданова Е.В. Адаптивное значение и возможное происхождение В-хромосом у ели колючей // Цитология. 2001. Т. 43. № 8. С. 809–814.
4. Гаврилов И.А., Буторина А.К. Цитогенетика тсуги канадской в условиях интродукции в Воронежской области // Лесоведение. 2005. № 7. С. 60–65.
5. Владимирова О.С. Кариологические особенности ели сибирской *Picea obovata* Ledeb. из разных мест произрастания // Цитология. 2002. Т. 44. № 7. С. 712–718.
6. Горячкина О.В., Муратова Е.Н., Безделев А.Б. Числа хромосом некоторых представителей родов *Abies* и *Picea* (*Pinaceae*) // Ботанический журнал. 2013. Т. 98. № 5. С. 645–647.
7. Кунах В.А. Пластичность генома соматических клеток и адаптивность растений // Молекулярная и прикладная генетика. Сборник научных трудов. Минск. 2011. Т. 12. С. 7–14.
8. Муратова Е.Н., Владимирова О.С. Добавочные хромосомы кариотипа ели сибирской *P. obovata* // Цитология и генетика. 2001. Т. 35. № 4. С. 38–44.
9. Седелникова Т.С. Цитогенетический мониторинг хвойных как индикатор уровня экстремальности экоси-

стем // Промышленная ботаника. Сборник научных трудов. Донецк: Донецкий ботанический сад НАН Украины. 2014. Вып. 14. С. 56–63.

10. Седельникова Т.С. Числа хромосом некоторых видов семейств Cupressaceae и Pinaceae в искусственных и парковых насаждениях // Ботанический журнал. 2016. Т. 101. № 11. С. 1350–1352.

11. Седельникова Т.С., Пименов А.В., Онуцин А.А., Янковская В. Числа хромосом некоторых видов хвойных в дендрариях и парковых насаждениях // Ботанический журнал. 2008. Т. 93. № 1. С. 157–158.

12. Седельникова Т.С., Пименов А.В., Ташев А.Н. Числа хромосом видов Cupressaceae при интродукции в Болгарию // Ботанический журнал. 2011. Т. 96. № 7. С. 974–975.

13. Седельникова Т.С., Пименов А.В., Ташев А.Н., Ефремова Т.Т. Числа хромосом интродуцированных и автохтонных видов семейства Cupressaceae // Автохтонні та інтродуковані рослини: Національна академія наук України, Національний дендрологічний парк «Софіївка». 2013. Вип. 9. С. 122–125.

14. Седельникова Т.С., Пименов А.В., Грабовой В.Н., Пономаренко В.А. Числа хромосом *Thuja occidentalis* (Cupressaceae) в Национальном дендрологическом парке «Софиевка», Украина // Ботанический журнал. 2014. Т. 99. № 8. С. 941–944.

15. Седельникова Т.С., Пименов А.В., Муратова Е.Н. Исследование хромосом хвойных при интродукции в ботанических садах, дендрариях и парках // Сибирский лесной журнал. 2023. № 5. С. 32–42. DOI: 10.15372/SJFS20230506

16. Семенютина А.В., Долгих А.А., Панов В.И., Зеленьяк А.К. Интродукция как способ повышения биоразнообразия и обогащения дендрофлоры аридных территорий // Социально-экологические технологии. 2016. № 3. С. 47–54.

17. Ahuja M. R. Polyploidy in gymnosperms: revisited. *Silvae Genetica*. 2005. 54 (2): 59–69. DOI: 10.1515/sg-2005-0010

18. Bazhina E.V., Kvitko O.V., Muratova E.N. Meiosis at microsporeogenesis in Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) in natural populations and in an Arboretum // *Eurasian Journal of Forest Research*. 2008. Vol. 11. N 1. P. 41–49.

19. Bazhina E.V., Kvitko O.V., Muratova E.N. Specific features of meiosis in the Siberian fir (*Abies sibirica*) in the forest Arboretum of the V. N. Sukachev Institute, Russia // *Biodiversity and Conservation*. 2011. Vol. 20. N 2. P. 415–428.

20. Borisov Yu.M., Sedel'nikova T.S. B chromosome variability in plants and animals under extreme environments // *Russian Journal of Genetics*. 2023. Vol. 59. N 9. P. 878–887. DOI: 10.1134/S1022795423080045

21. Goryachkina O.V., Muratova E.N. Meiosis at microsporogenesis in *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. (Gmelin larch) at the V.N. Sukachev Institute of Forest Arboretum // *The International Journal of Plant Reproductive Biology*. 2016. Vol. 8. N 2. P. 139–144. DOI: 10.14787/ijprb.2016.8.2.139–144

22. Muratova E.N. Sedel'nikova T.S. Pimenov A.V. Goryachkina O.V. B chromosomes in conifers (study case of the genus *Picea* A. Dietr.) // *Silva World*. 2023. Vol. 2. N 2. P. 83–91. DOI: 10.61326/silvaworld.v2i2.39

23. Ohri D. Polyploidy in gymnosperms – a reappraisal // *Silvae Genetica*. 2021. Bd. 70. Hf 1. S. 22–38. DOI: 10.2478/sg-2021-0003

24. Sedel'nikova T.S. Variability of genome size in conifers under extreme environmental conditions // *Biology Bulletin Reviews*. 2016. Vol. 6. N 2. P. 177–188. DOI: 10.1134/S2079086416020079

25. Sedel'nikova T.S., Muratova E.N., Pimenov A.V. Variability of chromosome numbers in Gymnosperms // *Biology Bulletin Reviews*. 2011. Vol. 1. N 2. P. 100–109. DOI: 10.1134/S2079086411020083

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.007.46-51

## Karyological and Cytogenetical Studies of Coniferous Plants under Introduction Conditions

Tamara S. Sedel'nikova<sup>✉</sup>, Dr. Sci. (Biol.), tss@ksc.krasn.ru, ORCID: 0000-0002-6689-2369

Elena N. Muratova<sup>✉</sup>, Dr. Sci. (Biol.), elena-muratova@ksc.krasn.ru, ORCID: 0000-0002-5951-4968

Aleksander V. Pimenov, Dr. Sci. (Biol.), ORCID: 0000-0002-6572-1402

V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS», E-mail: institute\_forest@ksc.krasn.ru, 660036, Akademgorodok 50/28, Krasnoyarsk, Russia

**Abstract.** Parks, Arboretums and public gardens, which contain local and introduced species of coniferous plants, are essential elements of a comfortable urban environment. To develop the scientific basis for the introduction of conifers, it is necessary to study mechanisms of their adaptation to new growing conditions using cytogenetic methods for monitoring the condition of plantings. The purpose of the work is to summarize the data obtained by the authors from a karyological and cytogenetic study of conifers from the pine (Pinaceae) and cypress (Cupressaceae) families under introduction conditions. Research was carried out in arboretums and parklands in Russia and other countries. Using karyological and cytogenetic methods,

the number of chromosomes, their morphological parameters, occurrence and types of chromosomal rearrangements were analyzed, and mitosis and meiosis were studied. In all studied conifer species, including decorative forms and cultivars, various cytogenetic changes were revealed under introduction conditions: variability in the number of chromosomes (mixoploidy), the appearance of additional or B chromosomes, morphological disturbances and an increase in the number of nucleolar loci in chromosomes, the emergence of chromosomal rearrangements, anomalies of mitosis and meiosis. These changes may indicate ongoing processes of adaptation of conifers under conditions of introduction.

**Keywords:** conifers, chromosomes, mitosis, meiosis, introduction

**Funding.** This study was carried out as the part of the State Assignment, no. FWES-2021-0009 «Functional-dynamic indication of Siberian forests biodiversity».

**Citation.** Sedel'nikova T.S., Muratova E.N., Pimenov A.V. Karyological and Cytogenetical Studies of Coniferous Plants under Introduction Conditions. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):46-51. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.007.46-51

Received: 20.10.2023

Accepted: 07.12.2023

### References:

- Bazhina E.V., Sedaeva M.I., Muratova E.N., Bazhina E.A. Features of meiosis during microsporogenesis in *Picea obovata* (Pinaceae) during introduction. *Botanicheskii Zhurnal*. 2020;105(12):1207-1220. (In Russ.) DOI: 10.31857/S000681362012011X
- Butorina A.K. Factors of tree species karyotypes evolution. *Uspekhi sovremennoj biologii*. 1989;108(3(6)):342-357. (In Russ.)
- Butorina A.K., Bogdanova E.V. Adaptive significance and possible origin of B chromosomes in *Picea pungens*. *Tsitologiya*. 2001;43(8):809-814. (In Russ.)
- Gavrilov I.A., Butorina A.K. *Tsuga canadensis* cytogenetics in the introduction conditions in the Voronezh Region. *Lesovedenie = Russian Journal of Forest Science*. 2005;7:60-65. (In Russ.)
- Vladimirova O.S. Karyological features of *Picea obovata* Ledeb. from different places of growth. *Tsitologiya*. 2002;44(7):712-718. (In Russ.)
- Goryachkina O.V., Muratova E.N., Bezdelev A.B. The chromosome numbers of the genera *Abies* and *Picea* (Pinaceae) some representatives. *Botanicheskii Zhurnal*. 2013;98(5):645-647. (In Russ.)
- Kunakh V.A. Plasticity of the somatic cell genome and plants adaptability. *Molekulyarnaya i prikladnaya genetika. Compilation of scientific papers*. Minsk. 2011;12:7-14. (In Russ.)
- Muratova E.N., Vladimirova O.S. Additional chromosomes of the *P. obovata* karyotype. *Tsitologiya i genetika = Cytology and genetics*. 2001;35(4): 38-44. (In Russ.)
- Sedel'nikova T.S. Cytogenetic monitoring of conifers as an ecosystem extremity level indicator. *Promyshlennaya botanika. Compilation of scientific papers. Donetsk. Donetsk Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine Publishing*. 2014;14:56-63. (In Russ.)
- Sedel'nikova T.S. Chromosome numbers of some species of the Cupressaceae and Pinaceae families in artificial and park plantations. *Botanicheskii Zhurnal*. 2016;101(11): 1350-1352. (In Russ.)
- Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V., Onuchin A.A., Yankovska V. Chromosome numbers of some coniferous species in arboretums and park plantations. *Botanicheskii Zhurnal*. 2008;93(1):157-158. (In Russ.)
- Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V., Tashev A.N. Chromosome numbers of Cupressaceae species introduced in Bulgaria. *Botanicheskii Zhurnal*. 2011;96(7):974-975. (In Russ.)
- Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V., Tashev A.N., Efremova T.T. Chromosome numbers of introduced and autochthonous species of the Cupressaceae family. *Avtokhtonni ta introdukovani roslini. National Academy of Sciences of Ukraine, National Arboretum "Sofiyevka" Publishing*. 2013;9:122-125. (In Russ.)
- Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V., Grabovoj V.N., Ponomarenko V.A. Chromosome numbers of *Thuja occidentalis* (Cupressaceae) in the National Arboretum "Sofiyevka", Ukraine. *Botanicheskii Zhurnal*. 2014;99(8): 941-944. (In Russ.)
- Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V., Muratova E.N. Examination of coniferous chromosomes during introduction in botanical gardens, arboretums and parks. *Sibirskij lesnoj zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*. 2023;5:32-42. (In Russ.) DOI: 10.15372/SJFS20230506
- Semenyutina A.V., Dolgikh A.A., Panov V.I., Zelenyak A.K. Introduction as a way to increase biodiversity and enrich the dendroflora of arid territories. *Sotsialno-ekologicheskieologii = Environment and Human: Ecological Studies*. 2016;3:47-54. (In Russ.)
- Ahuja M.R. Polyploidy in gymnosperms: revisited. *Silvae Genetica*. 2005;54(2): 59-69. DOI: 10.1515/sg-2005-0010
- Bazhina E.V., Kvitko O.V., Muratova E.N. Meiosis at microsporeogenesis in Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) in natural populations and in an Arboretum. *Eurasian Journal of Forest Research*. 2008;11(1):41-49.
- Bazhina E.V., Kvitko O.V., Muratova E.N. Specific features of meiosis in the Siberian fir (*Abies sibirica*) in the forest Arboretum of the V. N. Sukachev Institute, Russia. *Biodiversity and Conservation*. 2011;20(2):415-428.
- Borisov Yu.M., Sedel'nikova T.S. B chromosome variability in plants and animals under extreme environments. *Russian Journal of Genetics*. 2023;59(9): 878-887. DOI: 10.1134/S1022795423080045
- Goryachkina O.V., Muratova E.N. Meiosis at microsporeogenesis in Larixgmelinii (Rupr.) (Gmelin larch) at the V.N. Sukachev Institute of Forest Arboretum. *The International Journal of Plant Reproductive Biology*. 2016;8(2):139-144. DOI: 10.14787/ijprb.2016.8.2.139-144
- Muratova E.N., Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V., Goryachkina O.V. B chromosomes in conifers (study case of the genus *Picea* A. Dietr.). *Silva World*. 2023;2(2):83-91. DOI: 10.61326/silvaworld.v2i2.39
- Ohri D. Polyploidy in gymnosperms – a reappraisal. *Silvae Genetica*. 2021;70(1). 22-38. DOI: 10.2478/sg-2021-0003
- Sedel'nikova T.S. Variability of genome size in conifers under extreme environmental conditions. *Biology Bulletin Reviews*. 2016;6(2):177-188. DOI: 10.1134/S2079086416020079
- Sedel'nikova T.S., Muratova E.N., Pimenov A.V. Variability of chromosome numbers in Gymnosperms. *Biology Bulletin Reviews*. 2011;1(2):100-109. DOI: 10.1134/S2079086411020083

**Авторский вклад.** Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Author's contribution.** Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

**Conflict of interest.** Authors declare no conflict of interest.