

УДК 576.312.37:582.475.2

КАРИОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ БОЛОТНОЙ И СУХОДОЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИЙ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ (*Abies sibirica* Ledeb.)

© 2005 г. Т. С. Седельшкова, А. В. Пименов

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, 660036 Красноярск, Академгородок

E-mail: Institute@forest.akadem.ru

Поступила в редакцию 14.07.2003 г.

Представлены данные кариологического изучения популяций пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), произрастающих в болотной согре и на суходоле. Диплоидный набор обеих популяций пихты содержит 24 хромосомы ($In = 24$). С помощью результатов поликариограммного анализа выделяется 7 пар метацентрических и 5 пар субметацентрических хромосом. Выявлены различия между популяциями по абсолютной длине хромосом, количеству нуклеоларных районов, числу ядрышек. Зарегистрированы изменения числа хромосом (миксоплоидия, анеуплоидия), а также хромосомные aberrации. Впервые у данного вида изучен митоз, обнаружены ана-телофазные нарушения. Наиболее широким спектром мутаций характеризуется популяция пихты из экстремальных условий болотной согры.

Пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) является одним из основных видов, образующих темнохвойную формацию лесов северо-востока европейской части России и Сибири. Ареал пихты простирается от бассейна Северной Двины на западе до верховьев Алдана на востоке; северная граница распространения вида достигает полярного круга, южная проходит по хребту Хэнтей (Бобров, 1978). Сведения о биологических особенностях пихты немногочисленны (Некрасова, Рябинков, 1978; Третьякова, 1990; Бажина, 1998; Кокорин, Милютин, 2003). В последнее время появились сообщения о деградации и усыхании лесов из пихты сибирской в некоторых частях ареала (Батраева, 1990; Третьякова, Бажина, 1995). В связи с этим возникает необходимость проведения комплексного изучения пихтовых древостоев в различных условиях произрастания. Важное значение имеет оценка состояния репродуктивной сферы, включающая изучение кариотипа и возможных хромосомных аномалий в популяциях пихты сибирской.

Кариологические исследования *Abies sibirica*, проведенные ранее, ограничены несколькими популяциями вида из Казахстанского Алтая и Сибири (Бударагин, 1972; Муратова, Матвеева, 1996). Настоящая работа посвящена кариологическому анализу болотной и суходольной популяций пихты, произрастающих в Западно-Сибирском регионе, где сосредоточены основные площади равнинных пихтарников.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объекты исследования представляют собой популяции пихты сибирской, расположенные в южно-

таежной подзоне Западно-Сибирской низменности на территории Тимирязевского лесхоза Томской обл. Макростробилы собирали в 1999 г. с 7 модельных деревьев в согре кедрово-елово-пихтовой травяно-болотной кочкарной с глубиной торфяной залежи 4.2-5.5 м (состав древостоя 4КЗЕ1ШЛ1Б) и с 8 деревьев на суходольном участке ельника разнотравно-зеленомошного с примесью пихты (состав древостоя 5ЕЗП1К1Б ед Л, С).

Размеры макростробил и качество семян пихты определялись в соответствии с рекомендациями Т.П. Некрасовой и А.П. Рябинкова (1978). Для кариологического анализа использовались корневые меристемы проростков семян, обработанных 1%-ным раствором колхицина в течение 4-6 ч и зафиксированных спиртово-уксусной смесью (3 : 1). Материал окрашивали 1%-ным раствором гематоксилина. Давленные препараты приготавливали по стандартной для хвойных методике (Правдин и др., 1972) с собственными модификациями. Препараты просматривали под микроскопом МБИ-6, клетки фотографировали в иммерсионной системе.

При измерении хромосом на микрофотографиях определяли абсолютную длину (L мкм), относительную длину (Z , %), центромерный индекс (T° , %), а также суммарную длину диплоидного набора ($V L^a$, мкм). У хромосом с вторичными перетяжками вычисляли их локализацию, как отношение расстояния от вторичной перетяжки до центромеры к общей длине плеча (sc , %), и частоту встречаемости. Для определения морфометрических параметров хромосом использовали по 30 метафазных пластинок пихты с согры и суходола.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Пихта сибирская, произрастающая на суходоле, представляет типичный для вида биоморфотип по признакам габитуса - высокие некустистые одностволовые деревья. Они характеризуются диаметром 14—18 см, высотой - 15-18 м, возрастом - 38-53 года. Форма крон одновершинная, узкопирамидальная, максимальная их ширина в нижней части - 2.0-2.5 м. В более влажных условиях болотной согры образуется второстепенный биоморфотип - высокие деревья с одним лидерным стволом и укореняющимися нижними ветвями. Средний диаметр деревьев в согре составляет 18-24 см, высота - 14-20 м, возраст - 53-67 лет. Форма крон узкопирамидальная, наибольшая ее ширина - 2.0-2.5 м. Высказывается точка зрения, что габитуальный полиморфизм у *A. sibirica* свидетельствует об эволюционной перспективности вида, биоморфы которого осваивают различные экотопы (Нухимовская, 1971).

Полный урожай макростробилов с модельных деревьев на суходоле составляет 365 шт. Средняя длина макростробилов - 7.6 ± 0.5 см, ширина - 2.8 ± 0.1 см, масса семян - 11.6 ± 0.13 г, абсолютная всхожесть - $66.2 \pm 7.87\%$. Полный урожай макростробилов с деревьев в согре составляет 328 шт., средняя длина - 7.5 ± 0.4 см, ширина - 2.9 ± 0.1 см, масса семян - 10.8 ± 0.46 г, всхожесть - $70.4 \pm 4.27\%$.

В диплоидном наборе пихты сибирской с суходола и согры содержится 24 хромосомы ($2n = 2x = 24$), что согласуется с литературными данными для ранее изученных популяций этого вида (Бударагин, 1972; Муратова, Матвеева, 1996). Нормальный кариотип пихты сибирской приведен на рис. 1а. В отдельных проростках как с суходола, так и с согры наблюдалось изменение числа хромосом - миксоплоидия, когда некоторые клетки, наряду с диплоидным, имели триплоидный ($2n = 3x = 36$) и тетраплоидный ($2n = 4x = 48$) наборы хромосом (рис. 1б). В обеих популяциях пихты отмечены анеуплоидные клетки ($2i = 22, 25, 26$).

Суммарная длина диплоидного набора хромосом ($\sum \sqrt{L^*}$) суходольной популяции пихты варьирует от 233.4 до 339.9 мкм ($CV = 8.4\%$), популяции с согры - от 247.6 до 427.6 мкм ($CV = 12.6\%$). Средние значения суммарной длины хромосом у пихты с согры и суходола составляют, соответственно, 321.1 ± 7.37 и 294.3 ± 4.53 мкм. На поликариограммах в обеих популяциях пихты выделяются четыре группы точек. Из них отдельно идентифицируется группа, состоящая из 7 пар длинных метацентрических хромосом (I—VII). Более короткие субметацентрические хромосомы объединяются в группу из 5 пар (VIII—XII), из которых индивидуально идентифицируются VIII и XII пары. В пределах IX—XI пар отдельные хромосомы не идентифицируются.

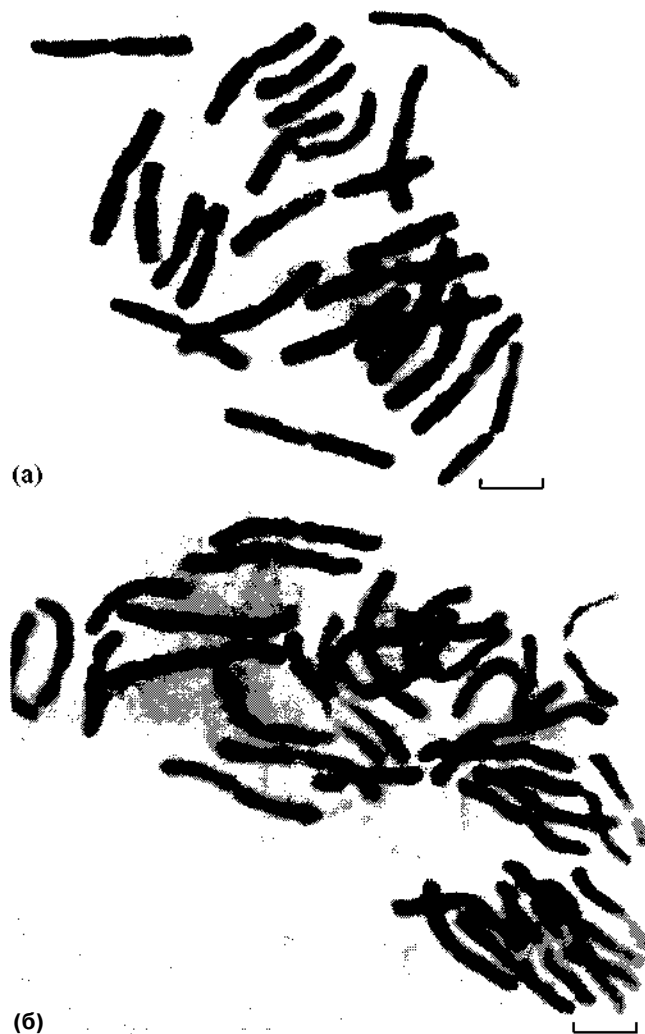


Рис. 1. Хромосомный набор пихты сибирской с согры: а - диплоидный $2n = 2x = 24$. Об. $\times 90$, ок. $\times 10$. Масштабная линейка 5 мкм; б - триплоидный $2n = 3x = 36$. Об. $\times 90$, ок. $\times 10$. Масштабная линейка 5 мкм.

Отдельные пары и группы хромосом идентифицировались с помощью метода поликариограммного анализа (Павулсоне, Иорданский, 1970). Для построения поликариограмм были отобраны 21 метафазная пластинка с суходола и 19 пластинок с согры, имеющие близкие значения спиральности хромосом. Классификацию типов хромосом проводили согласно рекомендациям В.Г. Грифа и Н.Д. Агаповой (1986).

Окраску ядрышек производили 50%-ным раствором азотнокислого серебра в течение 6 ч при температуре 60°C (Муратова, 1995). Число ядрышек определяли в 500 интерфазных ядрах пихты каждого происхождения. Хромосомные мутации учитывали с помощью метафазного и ана-телофазного методов (Бочков и др., 1972).

Таблица 1. Морфометрические параметры хромосом пихты сибирской в различных условиях произрастания

Номера хромосом	Абсолютная длина		Относительная длина		Центромерный индекс	
	$x \pm m_x$, мкм	CV, %	$x \pm m_x$, мкм	cv, %	$x \pm m_x$, мкм	CV, %
Согра						
I	15.4 ± 0.09	9.6	4.7 ± 0.02	8.3	48.3 ± 0.13	4.4
II-III	15.4 ± 0.09	9.6	4.7 ± 0.02	8.3	48.3 ± 0.13	4.4
IV	15.4 ± 0.09	9.6	4.7 ± 0.02	8.3	48.3 ± 0.13	4.4
V	15.4 ± 0.09	9.6	4.7 ± 0.02	8.3	48.3 ± 0.13	4.4
VI-VII	15.4 ± 0.09	9.6	4.7 ± 0.02	8.3	48.3 ± 0.13	4.4
VIII	12.8 ± 0.18	8.5	3.9 ± 0.05	7.1	38.1 ± 0.61	9.8
IX	11.0 ± 0.10	9.4	3.4 ± 0.02	7.4	33.7 ± 0.34	10.7
X-XI	11.0 ± 0.10	9.4	3.4 ± 0.02	7.4	33.7 ± 0.34	10.7
XII	10.3 ± 0.13	8.0	3.1 ± 0.04	7.3	30.9 ± 0.35	7.0
Суходол						
I	13.6 ± 0.08	10.1	4.7 ± 0.02	8.8	48.4 ± 0.12	4.4
II-III	13.6 ± 0.08	10.1	4.7 ± 0.02	8.8	48.4 ± 0.12	4.4
IV	13.6 ± 0.08	10.1	4.7 ± 0.02	8.8	48.4 ± 0.12	4.4
V	13.6 ± 0.08	10.1	4.7 ± 0.02	8.8	48.4 ± 0.12	4.4
VI-VII	13.6 ± 0.08	10.1	4.7 ± 0.02	8.8	48.4 ± 0.12	4.4
VIII	11.0 ± 0.20	11.5	3.8 ± 0.06	10.6	38.6 ± 0.60	10.2
IX-XI	10.0 ± 0.08	9.4	3.4 ± 0.03	9.0	33.5 ± 0.31	10.4
XII	9.5 ± 0.10	7.1	3.3 ± 0.03	6.4	31.2 ± 0.28	5.9

Кариотип болотной популяции пихты сибирской, систематизированный по результатам поликардиограммного анализа, представлен на рис. 2. Полученные данные свидетельствуют, что хромосомный набор *Abies sibirica*, имеющий большое число неравноплечих хромосом, отличается асимметричностью. Высказываются предположения, что асимметрия кариотипа свойственна более молодым и эволюционно прогрессивным представителям семейства Pinaceae (Муратова, 1983).

Морфометрические параметры хромосом изученных популяций пихты приведены в табл. 1. Сравнительный анализ показывает, что хромосомы в популяциях данного вида с суходола и согра имеют близкие значения абсолютной длины, относительной длины и центромерного индекса в пределах каждой идентифицируемой группы. Изменчивость морфометрических характеристик хромосом соответствует низкому и среднему уровням.

В качестве дополнительных маркеров при выделении отдельных пар хромосом использовались вторичные перетяжки. Известно, что вторичные перетяжки в функциональном отношении соответствуют одному или нескольким кластерам многократно повторенных рибосомных генов, в результате транскрипции которых образуется ядрышко (Челдизе, Зацепина, 1988). Широкое распространение

нуклеолярного полиморфизма у представителей Pinaceae, по мнению ряда авторов, имеет важное эволюционное значение для этой группы растений (Муратова, 1983; Буторина, 1989).

Данные об особенностях локализации вторичных перетяжек в хромосомах болотной и суходольной популяций пихты и изменчивости этого признака представлены в табл. 1. Встречаемость и распределение перетяжек на плечах хромосом отражены в табл. 2. Выявлено, что как в болотной, так и в суходольной популяциях пихты I, II-III и IV пары хромосом содержат по одной постоянной (с частотой встречаемости выше 15%) вторичной перетяжке в проксимальной и близких к ней зонах длинного плеча. V пара хромосом в обеих популяциях также имеет вторичную перетяжку в проксимальном районе длинного плеча. Кроме того, V пара хромосом в болотной популяции пихты содержит две перетяжки в проксимальной и медиальной зонах короткого плеча, а в суходольной - в проксимальной зоне короткого плеча. Предполагается, что присутствие в кариотипе растений хромосом с "двойными" перетяжками на одном плече и перетяжками на обоих плечах диагностирует структурные перестройки районов ядрышковых организаторов (Nicoloff *et al.*, 1977; Буторина, 1989). Непостоянные вторичные



Рис. 2. Кариотип пихты сибирской, систематизированный по результатам поликариограммного анализа ($2n = 24$). I–XII - номера хромосом.

перетяжки (встречаемость которых не превышает 15%) отмечаются в медиальной зоне VIII пары хромосом обеих популяций, а также в IX и XII парах хромосом популяций с согры.

Таким образом, общее число хромосом с вторичными перетяжками в суходольной популяции пихты составляет 6 пар, что соответствует зарегистрированному максимальному количеству яд-

Таблица 2. Характеристика вторичных перетяжек пихты сибирской

Номера хромосом	Локализация вторичной перетяжки на плечах хромосомы, %			Частота встречаемости, %		
	sc ₁	sc ₂	sc ₃	sc ₁	sc ₂	sc ₃
Согра						
I	27.7 ± 0.38 длинное	—	-	60.0	-	-
II-III	34.0 ± 0.44 длинное	—	-	70.0	-	-
IV	44.5 ± 0.63 длинное	-	-	56.7	-	-
V	39.1 ± 2.46 длинное	31.9 ± 1.62 короткое	56.2 ± 3.37 короткое	23.3	26.7	16.7
VI-VII	Перетяжек нет					
VIII	53.6 ± 3.0 длинное	—	-	10.0	-	-
IX	27.9 ± 2.08 длинное	-	-	13.3	-	-
X-XI	Перетяжек нет					
XII	55.4 единично длинное	-	-	3.3	-	-
Суходол						
I	27.1 ± 0.52 длинное	-	-	50.0	-	-
II-III	34.1 ± 0.35 длинное	-	-	83.3	-	-
IV	43.5 ± 0.72 длинное	—	-	53.3	-	-
V	31.8 ± 1.04 длинное	38.6 ± 2.34 короткое	-	16.7	13.3	-
VI-VII	Перетяжек нет					
VIII	52.1 ± 0.96 длинное	-	-	13.3	-	-
IX-XII	Перетяжек нет					

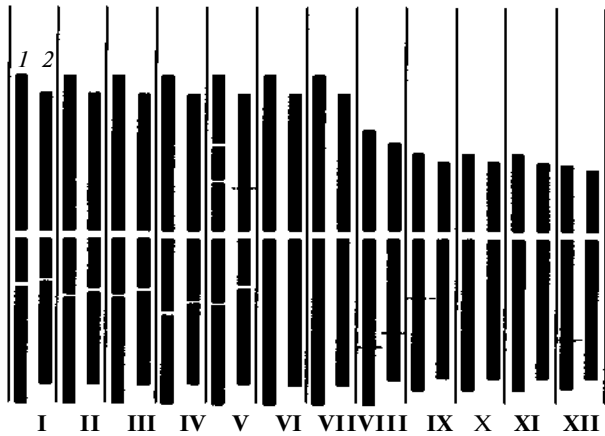


Рис. 3. Сравнительная идиограмма пихты сибирской (пробелами обозначены постоянные вторичные перетяжки с частотой встречаемости свыше 15%, пунктирной линией — непостоянные вторичные перетяжки): 1 - согра, 2 - суходол; I—XII - номера хромосом.

рышек, формирующихся в интерфазных ядрах (13). В популяции пихты с согры число хромосом, имеющих перетяжки (8 пар), не согласуется с максимальным количеством ядрышек в интерфазных ядрах (10). В болотных популяциях других видов Pinaceae также наблюдалось несоответствие между числом хромосом с вторичными перетяжками и максимальным количеством ядрышек (Седельникова и др., 2000). Высказывается точка зрения, что некоторые вторичные перетяжки не связаны с образованием ядрышка, а их появление обусловлено функциональным состоянием и особенностями укладки хромосомного материала (Муратова, 1991).

Среднее число ядрышек в интерфазных ядрах пихты с согры составляет 4.2 ± 0.06 , с суходола - 5.1 ± 0.09 . В популяциях пихты сибирской из других условий произрастания также наиболее часто наблюдались ядра с 4 и 5 ядрышками, при этом число хромосом с вторичными перетяжками в среднем составляло 6 пар (Муратова, Матвеева, 1996).

Данные поликариограммного анализа, характеристика морфометрических параметров хромосом, а также результаты изучения вторичных перетяжек позволили построить сравнительную идиограмму популяций пихты с согры и суходола (рис. 3).

Структурные мутации, выявленные в метафазных клетках пихты с согры и суходола, представлены дицентрическими хромосомами, кольцевыми хромосомами, "надетыми" кольцевыми хромосомами, фрагментами, хромосомами с отклонением положения центромеры от нормального, а также комплексными нарушениями. При этом спектр хромосомных перестроек у растений с согры шире, чем у деревьев с суходола. В популяции пихты с согры зарегистрировано 2.2% клеток с перестройками. Встречаемость мутантных

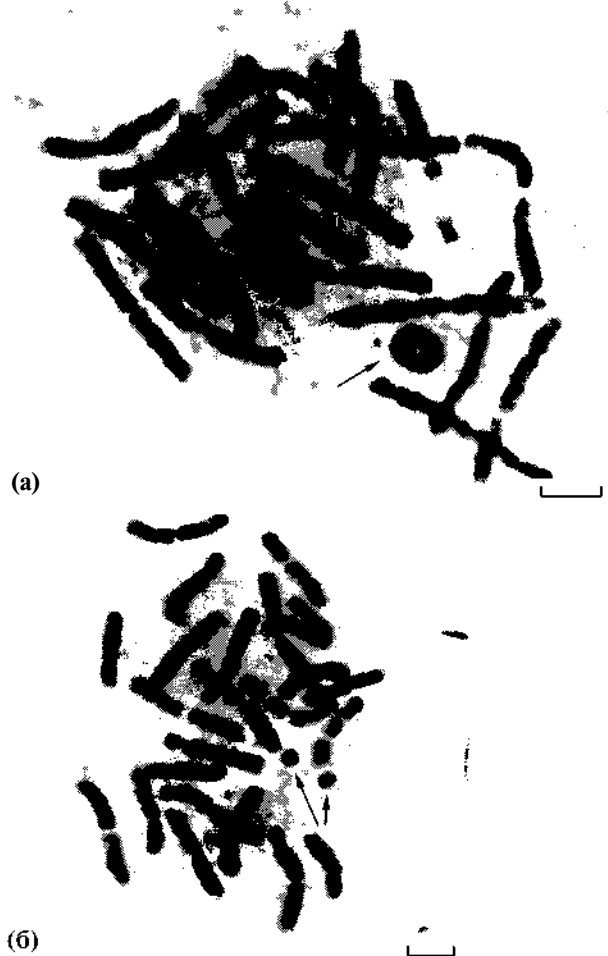


Рис. 4. Метафазная пластинка: а - с кольцевой хромосомой (указана стрелкой) у пихты сибирской с согры; б - с двумя фрагментами (указаны стрелками) у пихты сибирской с суходола. Об. $\times 90$, ок. $\times 10$. Масштабная линейка 5 мкм.

клеток у суходольных деревьев составляет 2.7%. Микрофотографии хромосомных мутаций представлены на рис. 4. Подобные типы хромосомных aberrаций были описаны у пихты в ранее опубликованных работах, причем наиболее часто аномалии отмечались в экстремальных условиях произрастания - в горах и на границе ареала вида (Муратова, Матвеева, 1996).

Исследование патологий митоза, проведенное впервые для пихты сибирской, выявило более высокую их встречаемость в ана-телофазных клетках суходольных деревьев (9.6%), по сравнению с растениями с согры (7.5%). Однако спектр митотических нарушений у пихты с согры отличается большим разнообразием. Основные типы повреждений представлены неправильным расхождением хромосом, включающим многополюсные митозы, а также отстающими хромосомами. Кро-

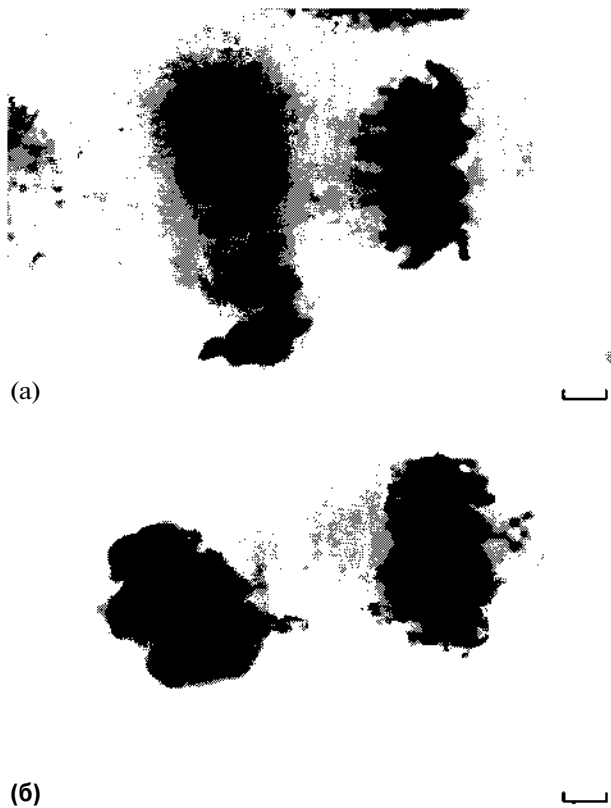


Рис. 5. Многополюсной митоз у пихты сибирской с согры (а), двойной мост в анафазе у пихты сибирской с согры (б). Об. х90, ок. х10. Масштабная линейка 5 мкм.

ме того, в клетках пихты с согры наблюдались одиночные и парные мосты, фрагменты (рис. 5).

Выявлено, что болотные популяции других представителей Pinaceae - *Pinus sylvestris* L., *Pinus sibirica* Du Tour, *Picea obovata* Ledeb., *Larix sibirica* Ledeb. также отличаются широким спектром хромосомных мутаций, наличием редких типов нарушений (Седельникова и др., 1999, 2000; Sedelnikova, Pimenov, 2002). Данные особенности могут свидетельствовать о перестройке и дифференцировке генотипов хвойных в экстремальных условиях болотных местообитаний.

Таким образом, сравнительный кариологический анализ популяций пихты сибирской с болотной согры и суходола выявил как сходство, так и различия (вероятно, имеющие адаптивное значение) хромосомных наборов вида в данных условиях произрастания. С эволюционной точки зрения, по таким признакам кариотипа, как асимметричность, нуклеолярный полиморфизм, отклонение числа хромосом от нормального и наличие хромосомных перестроек, *Abies sibirica* можно отнести к продвинутым, филогенетически молодым видам.

Авторы выражают признательность заведующему лабораторией биогеоценологии, СП. Ефремову за предоставление материала для исследова-

ния, а также заведующему лабораторией лесной генетики и селекции, Е.Н. Муратовой за обсуждение статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бажина Е.В. Семенная продуктивность и качество семян пихты сибирской в зоне влияния Байкальского целлюлозно-бумажного комбината // Лесоведение. 1998. № 2. С. 10-15.
- Батраева А.Л. Содержание серы в хвое пихты сибирской как показатель загрязнения атмосферы // География и природные ресурсы. 1990. № 3. С. 66-70.
- Бобров Е.Г. Лесообразующие хвойные СССР. Л.: Наука, 1978. 189 с.
- Бочков Н.П., Демин Ю.С., Лучник Н.В. Классификация и методы учета хромосомных aberrаций в соматических клетках // Генетика. 1972. Т. 8. № 5. С. 133-141.
- Бударагин В.А. Кариотип пихты сибирской Казахского Алтая // Цитология. 1972. Т. 14. № 1. С. 130-133.
- Буторина А.К. Факторы эволюции кариотипов древесных // Успехи соврем. биологии. 1989. Т. 108. Вып. 3(6). С. 342-357.
- Гриф В.Т., Агапова Н.Д. К методике описания кариотипов растений // Ботан. журн. 1986. Т. 74. № 4. С. 550-553.
- Кокорин Д.В., Милютин Л.И. Формовое разнообразие пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) в южно-таежных районах Средней Сибири // Лесоведение. 2003. № 3. С. 76-79.
- Муратова Е.Н. Кариология и филогения рода *Pinus* L. // Успехи соврем. биологии. 1983. Т. 96. Вып. 2(5). С. 163-179.
- Муратова Е.Н. Хромосомные мутации у сосны обыкновенной в Южном Забайкалье // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1991. № 5. С. 689-699.
- Муратова Е.Н. Методики окрашивания ядрышек для кариологического анализа хвойных // Ботан. журн. 1995. Т. 80. № 2. С. 82-86.
- Муратова Е.Н., Матвеева М.В. Кариологические особенности пихты сибирской *Abies sibirica* Ledeb. в различных условиях произрастания // Экология. 1996. № 2. С. 96-103.
- Некрасова Т.П., Рябинков А.П. Плодоношение пихты сибирской. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1978. 150 с.
- Нухимовская Ю.Д. Онтогенез пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) в условиях Подмосковья // Бюл. МОИП, отд. биол. 1971. Т. 76. Вып. 2. С. 105-112.
- Павулсоне С.А., Иорданский А.В. Новый способ повышения разрешающей способности кариограммного анализа // Генетика. 1971. Т. 7. № 4. С. 149-153.
- Правдин Л.Ф., Бударагин В.А., Круклис М.В., Шершуква О.П. Методика кариологического изучения хвойных пород // Лесоведение. 1972. № 2. С. 67-75.
- Седельникова Т.С., Муратова Е.Н., Бартницкая Н.Ф. Хромосомные перестройки у кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) в экстремальных условиях произрастания // Цитология и генетика. 1999. Т. 3. № 1. С. 10-14.

Седельникова Т.С., Муратова Е.Н., Ефремов С.П. Карриологические особенности видов хвойных на болотах и суходолах Западной Сибири // Karyologia. Сиб. ботан. журн. 2000. Т. 2. № 1. С. 73-80.

Третьякова И.Н. Эмбриология хвойных: Физиологические аспекты. Новосибирск- Наука Сиб отп-^oonTsi новосиоирск. наука, СиО. отд ние, iwu. ю/ с

Третьякова И.Н., Бажина Е.В. Морфоструктура кроны и состояние генеративной сферы у пихты сибирской в нарушенных лесных экосистемах близ озера Байкал // Изв. РАН. Сер. биол. 1995. № 6. С. 685-692.

Челидзе П.В., Зацепина О.В. Морфофункциональная классификация ядрышек // Успехи соврем, биологии. 1988. Т. 105. Вып. 2. С. 252-268.

Nikoloff H., Anastassova-Kristeva M., Kunzell G. Changes in nucleolar organizer activity due to segmental inter-chromosomes in barley // Biol. Zentrbl. 1977. V. 96. P. 223-227.

Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V. Cytogenetic features of woody plants adaptation in extreme environmental conditions // Bull. of the State Nikitsky Gardens. 2002. V. 86. P. 61-62.

A Karyological Study of Swamp and Dry Valley Populations of Siberian Fir (*Abies sibirica* Ledeb.)

T. S. Sedel'nikova and A. V. Pimenov

Sukachev Institute of Forest, Siberian Division, Russian Academy of Sciences, Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036 Russia
e-mail: institute@forest.akadem.ru

Abstract—The karyological data on populations of Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) growing in lowland swamp and dry valleys are given. The diploid set of both populations included 24 chromosomes ($2n = 24$). Polykaryogram analysis revealed seven pairs of metacentric and five pairs of submetacentric chromosomes. The revealed differences between the populations included the absolute length of chromosomes, number of nucleolar organizer regions, and number of nucleoli. Changed chromosome numbers (mixoploidy and aneuploidy) as well as chromosomal aberrations were recorded. For the first time, mitosis was studied in this species and anaphase/telophase aberrations were revealed. The population of Siberian fir growing under extreme conditions of lowland swamp featured the widest range of mutations.