

## Цитогенетическая характеристика пихты сибирской в усыхающих древостоях высокогорья Западного Саяна

О. В. КВИТКО, Е. Н. МУРАТОВА, Е. В. БАЖИНА

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН  
660036, Красноярск, Академгородок, 50, стр. 28  
E-mail: kvitko@ksc.krasn.ru

### АННОТАЦИЯ

Проведено цитогенетическое изучение семенного потомства усыхающих деревьев пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), произрастающих в высокогорье Западного Саяна. Выявлено повышенное количество хромосомных перестроек, патологий митотического деления и клеток с микроядрами. Отмеченные нарушения могут быть результатом длительного воздействия экстремальных факторов среды и, вероятно, отражают высокую степень нарушенности экосистем в данном регионе.

**Ключевые слова:** пихта сибирская, кариотип, миксоплоидия, хромосомные перестройки, патологии митоза, микроядра.

Пихта сибирская – один из основных лесобразующих видов Сибири. Оптимальные условия для ее произрастания – в горах Южной Сибири, где сосредоточено свыше 90 % лесов с ее преобладанием. Горные леса выполняют природоохранные и климаторегулирующие функции биосферного масштаба [1]. В Алтае-Саянской горной области пихта сибирская формирует уникальные формации Сибири – черневые пихтовые леса [2].

В последние десятилетия в горных экосистемах отмечается интенсивное усыхание пихтовых древостоев [3]. Причина повреждения пихты в горах Южной Сибири до сих пор не установлена. Предполагается, что нарушение гомеостаза пихтовых лесов происходит под воздействием комплекса факторов. При этом безусловное значение имеют естественные факторы (вековые смены растительности, засухи, сильные морозы, избы-

ток осадков). Возможно, что ключевую роль играет загрязнение атмосферы, особенно усиливающееся в последние десятилетия. Фактором синхронизации, очевидно, является климат – у деревьев уменьшается способность сопротивляться климатическому стрессу (увеличению влажности и температуры) по сравнению со временем формирования древостоев [4].

Усыхание деревьев пихты сибирской в горах Южной Сибири усугубляется снижением их репродуктивного потенциала, так как процессы половой репродукции наиболее чувствительны к воздействию факторов внешней среды. У поврежденных деревьев формируется пыльца низкого качества, снижается семенная продуктивность макростробилов, почти в 2 раза увеличивается количество пустых и беззародышевых семян [5, 6].

Цель работы – цитогенетическое изучение семенного потомства усыхающих деревьев пихты сибирской из Западного Саяна. При проведении исследований использовали наиболее информативные цитогенетические

Квитко Ольга Викторовна  
Муратова Елена Николаевна  
Бажина Елена Васильевна

показатели, рекомендуемые для проведения мониторинговых исследований состояния наземных экосистем [7, 8].

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Цитогенетические и кариологические исследования пихты сибирской проводили в двух разновысотных популяциях Западного Саяна (Ермаковский район Красноярского края). В качестве материала для исследований использовали популяционные смеси семян. Сбор семян проводили в условиях высокогорья (окрестности метеостанции “Оленья речка”, северный макросклон Ойского хребта, 1450 м над ур. м.) и низкогорья (окрестности пос. Танзыбей, 400 м над ур. м.). Пихтовые древостои Западного Саяна на высотах более 700 м над ур. м. характеризуются высокой степенью нарушенности. Здесь наблюдается интенсивное усыхание деревьев пихты, которое возникает в подверхушечной части кроны и распространяется вниз по стволу, охватывая побеги мужской сексуализации. Древостои пихты сибирской в низкогорных районах Южной Сибири, произрастающие в относительно благополучной экологической обстановке, не имеют признаков усыхания, поэтому использовались в качестве контроля.

Для подсчета числа хромосом, анализа кариотипа и учета хромосомных aberrаций на стадии метафазы использовали проросшие семена, обработанные 1%-м водным раствором колхицина в течение 6 ч. После обработки проростки хранили в фиксаторе (3 части 96° этилового спирта и 1 часть ледяной уксусной кислоты). Перед окрашиванием материал выдерживали в 4%-м растворе железоаммонийных квасцов в течение 10–15 мин. В качестве красителя использовали 1%-й ацетогематоксилин (24 ч при комнатной температуре). Цитологические исследования меристематической ткани кончиков корешков проросших семян проводили на временных давленных препаратах с помощью микроскопа МБИ-6. Для микрофотосъемки метафазных пластинок использовали цифровую камеру-окуляр DCM 130.

Исследовано 42 проростка пихты из низкогорной популяции и 37 – из высокогорной; изучено 310 и 517 метафазных пластинок

соответственно. Для морфометрического анализа хромосом использовали по 50 метафазных пластинок. Хромосомные перестройки в метафазных пластинках классифицировали по общепринятой методике [9, 10]. На каждом препарате учитывали количество aberrантных метафазных пластинок, затем рассчитывали общую частоту их встречаемости (%) для каждой популяции.

Для изучения митоза и подсчета клеток с микроядрами использовали проросшие семена пихты сибирской без обработки колхицином. Фиксацию и окрашивание материала проводили по стандартным методикам, описанным выше. Исследовано 44 проростка из низкогорной популяции и 50 – из высокогорной; изучено 3355 и 1510 делящихся клеток соответственно. Частоту встречаемости патологических митозов определяли как отношение количества клеток с нарушениями к общему числу делящихся клеток (%). Отдельно учитывали клетки на стадиях мета- и ана-телофазы митоза.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В диплоидном наборе пихты сибирской содержится 24 хромосомы. Исследования показали, что у данного вида часто встречается миксоплоидия. Миксоплоидные проростки наблюдались с частотой 14,3 % в низкогорной популяции и 10,8 % – в высокогорной и содержали в основном единичные тетраплоидные ( $2n = 48$ ) клетки. Очень редко наблюдались анеуплоидные клетки ( $2n = 25$ ), однако частота их встречаемости не превышала 0,3 % от общего количества изученных метафазных пластинок.

Суммарная длина хромосомного набора ( $SL^a$ ) у пихты сибирской из низкогорной популяции составляет в среднем ( $327,1 \pm 7,9$ ) мкм (CV 16,1 %), из высокогорной – ( $337,2 \pm 4,4$ ) мкм (CV 9,2 %). В кариотипе длинные метацентрические хромосомы I–VII пар образуют одну группу со сходными морфометрическими параметрами (табл. 1). Постоянные вторичные перетяжки (с частотой встречаемости более 50 %) наблюдались на I, II, III и VI парах метацентрических хромосом в дистальном или медиальном районе плеча. Непостоянные вторичные перетяжки на обоих

Т а б л и ц а 1

## Морфометрические параметры хромосом пихты сибирской

Популяция	№ хромосом	Абсолютная длина хромосом, мкм		Относительная длина хромосом, %		Центромерный индекс, %	
		$M \pm m$	CV, %	$M \pm m$	CV, %	$M \pm m$	CV, %
Окр. пос. Танзыбей	I-VII	15,2 ± 0,1	10,0	4,70 ± 0,03	8,1	48,0 ± 0,1	3,4
	VIII	12,3 ± 0,1	6,1	3,79 ± 0,03	4,4	35,9 ± 0,4	6,1
	IX	11,8 ± 0,2	7,5	3,61 ± 0,04	5,3	29,0 ± 0,3	4,7
	X-XII	10,4 ± 0,1	6,9	3,23 ± 0,02	4,3	34,8 ± 0,2	6,2
	S	327,1 ± 7,9	16,1				
Окр. метеостанции «Оленья речка»	I-VII	16,0 ± 0,1	9,0	4,71 ± 0,02	7,7	47,5 ± 0,1	4,0
	VIII	13,1 ± 0,1	5,5	3,86 ± 0,02	4,0	36,9 ± 0,3	6,4
	IX	12,0 ± 0,1	6,2	3,56 ± 0,02	3,8	29,3 ± 0,1	3,1
	X-XII	10,9 ± 0,1	7,2	3,23 ± 0,02	6,2	34,9 ± 0,2	6,8
	S	337,2 ± 4,4	9,2				

плечах IV пары метацентриков наблюдались в 12,2–29,3 % метафазных пластинок. В кариотипе проростков из низкогорной популяции в 31,7 % метафазных пластинок наблюдалась также вторичная перетяжка в проксимальном районе плеча у V пары метацентрических хромосом. Среди более коротких неравноплечих хромосом отдельно выделяются VIII пара субметацентриков и IX пара интерцентриков, остальные хромосомы (X–XII пары) являются субметацентриками и образуют одну группу со сходными морфометрическими параметрами. Непостоянная вторичная перетяжка наблюдается на длинном плече у X пары субметацентриков.

По средним значениям абсолютной длины и центромерного индекса с учетом выделенных групп хромосом и распределения вторичных перетяжек построена сравнительная идиограмма хромосом пихты сибирской из Западного Саяна (рис. 1). Полученные данные в целом совпадают с результатами исследований кариотипа пихты сибирской из других популяций Сибири и Казахстана [11–13]. Для данного вида характерен низкий уровень внутривидового хромосомного полиморфизма, что согласуется с данными, полученными с помощью методов биохимической генетики [14, 15].

**Хромосомные перестройки.** Проведенные исследования показали, что у проростков из высокогорной популяции частота встречаемости хромосомных перестроек составляет

7,54 %, что в 2 раза и более выше по сравнению с низкогорной популяцией (табл. 2). Наиболее распространенным типом перестроек были хромосомные фрагменты и кольцевые хромосомы, в некоторых случаях надетые на обычные палочковидные (рис. 2, а–в). Дицентрические хромосомы (рис. 2, г), образующиеся в результате асимметричных межхромосомных транслокаций, наблюдались только у проростков пихты из высокогорной популяции.

Отклонения в величине и степени асимметрии отдельных хромосом в метафазных пластинках пихты сибирской наблюдались редко. В некоторых случаях их можно объяс-

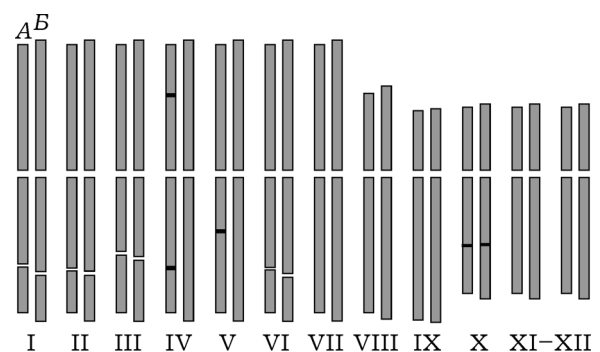


Рис. 1. Сравнительная идиограмма хромосом пихты сибирской из низкогорной (A) и высокогорной (B) популяций Западного Саяна. I–XII – номера хромосом. Неокрашенным блоком показаны постоянные вторичные перетяжки (частота встречаемости более 50 %), черным блоком – непостоянные (частота встречаемости 20–50 %)

## Частота и спектр хромосомных мутаций у проростков пихты сибирской

Цитогенетические показатели	Окр. пос. Танзыбей	Окр. метеостанции «Оленья речка»
Число изученных метафазных пластинок, шт.	249	517
Число пластинок с перестройками хромосом, шт. / %	7 / 2,81	39 / 7,54
Типы нарушений, %:		
хромосомные фрагменты	0,80	4,64
ацентрические кольца	0,40	0,77
кольцевые хромосомы	1,20	1,93
“надетые” кольцевые хромосомы	0,80	0,19
дицентрические хромосомы	–	0,39

нить дифференциальной спирализацией – разной степенью сокращения хромосомных плеч, или внутрихромосомными обменными перестройками, в результате которых происходит перераспределение генетического материала внутри одной и той же хромосомы или хроматиды [10]. Наиболее часто такие хромосомы характеризуются измененным положением центромеры в результате перичентрической инверсии. Среди хвойных перичентрические инверсии выявлены также

у *Larix gmelini*, *Picea ajanensis*, *P. koraiensis*, *P. schrenkiana*, *P. meyeri* и *P. obovata* [16].

Внутрихромосомные обменные перестройки распознаются лишь при проведении морфометрического анализа, когда в метафазных пластинках обнаруживаются отдельные хромосомы с нетипичными для кариотипа данного вида параметрами. Как правило, при этом изменяется соотношение мета- и субметацентриков в хромосомном наборе. Исследования показали, что такие пластинки составляют 10,0 % у проростков из низкогорной популяции и 14,7 % – из высокогорной. Чаще всего перестройка затрагивала одну из субметацентрических хромосом, которая становилась метацентрической. При этом общее соотношение мета- и субметацентриков в метафазной пластинке изменялось и становилось 15 : 9. Хромосомный набор одной из таких пластинок, систематизированный по абсолютной длине хромосом, показан на рис. 3.

Выявленные типы хромосомных aberrаций у пихты сибирской отмечались ранее [12, 17, 18]. Согласно литературным данным, для данного вида при естественном уровне мутагенеза характерно наличие не более 4 % клеток с хромосомными aberrациями перестроек, в большинстве изученных популяций их количество составляет немногим более 1 % [12, 17]. Наибольшее количество хромосомных мутаций у пихты сибирской (10–11 %) обнаружено в условиях сильного промышленного загрязнения в окрестностях г. Златоуст Челябинской области [18].

Большинство клеток, содержащих такие структурные мутации, как фрагменты, кольцевые и полицентрические хромосомы, ве-



Рис. 2. Хромосомные мутации у проростков пихты сибирской: а – хромосомные фрагменты; б – фрагменты и кольцевая хромосома; в – “надетая” кольцевая хромосома; з – дицентрическая хромосома

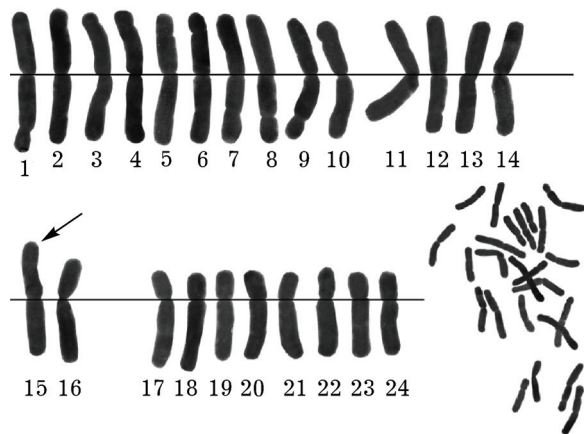


Рис. 3. Хромосомный набор пихты сибирской, содержащий 15 метацентриков и 9 субметацентриков (стрелкой показана хромосома, нетипичная для кариотипа данного вида – в норме она должна быть субметацентрической). Предположительный тип перестройки – перичесентрическая инверсия в гетерозиготном состоянии

роятно, элиминируются и не участвуют в дальнейшем развитии. Инверсионный полиморфизм, напротив, является одним из важнейших цитологических механизмов адаптации, изучение которого помогает регистри-

ровать динамику цитогенетических преобразований, приводящих к дивергенции видов [19]. Природные популяции, как правило, характеризуются широким спектром инверсионного полиморфизма, который закономерно изменяется при изменениях экологической обстановки.

**Анализ митоза.** Исследование проростков пихты, не подвергавшихся обработке колхицином, показало, что около 90 % проростков содержат клетки с различными типами патологий на стадии мета- или анателофазы митоза. В то же время у отдельно взятого проростка из низкогорной популяции наблюдалось от 0,5 до 11,4 % клеток с патологическими митозами, а в большинстве меристематических клеток митотические деления проходили нормально. У проростков из высокогорной популяции этот показатель варьировал от 1,0 до 17,4 %, а также наблюдалось общее снижение митотической активности меристематической ткани.

На стадии метафазы митоза патологии наблюдались редко (табл. 3). В некоторых клетках наблюдался выброс отдельных хро-

Т а б л и ц а 3

Частота и спектр патологий на разных стадиях митоза у проростков пихты сибирской

Цитогенетические показатели	Окр. пос. Танзыбей	Окр. метеостанции «Оленья речка»
<i>Метафаза</i>		
Кол-во изученных метафаз, шт.	1278	554
Кол-во aberrантных метафаз, шт./%	8/0,63	16/2,89
Типы нарушений, %:		
выброс хромосом	0,39	2,53
хаотическая ориентация хромосом	0,24	0,36
<i>Анателофаза</i>		
Кол-во изученных анафаз, шт.	2077	947
Кол-во aberrантных анафаз, шт./%	67/3,23	46/4,86
Типы нарушений, %:		
отстающие хромосомы	0,43	1,37
забегающие хромосомы	1,54	0,21
мосты	1,11	2,32
хаотическое расхождение	0,05	0,42
3-полюсный митоз	–	0,32
Средняя частота встречаемости патологических митозов, %	2,2 ± 0,5	4,1 ± 1,0
<i>Интерфаза</i>		
Кол-во изученных клеток, шт.	44 000	50 000
Кол-во клеток с микроядрами, шт./%	12/0,03	99/0,20

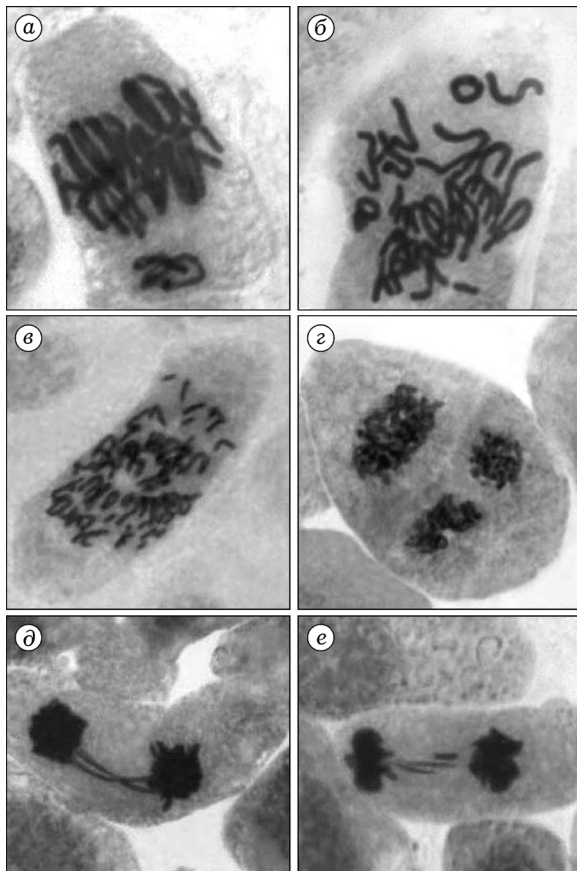


Рис. 4. Патологические митозы у проростков пихты сибирской: а – выброс хромосом на стадии метафазы, б – нарушение формирования метафазной пластинки в клетке с кольцевой хромосомой; в – фрагментация хромосом в ранней анафазе; г – трехполюсная телофаза; д–е – мосты на стадии анафазы

мосом за пределы метафазной пластинки, а также хаотическая ориентация хромосом (рис. 4, а, б). Нарушения митоза на стадии ана-телофазы были более разнообразными и наблюдались чаще (табл. 3). В общем спектре нарушений преобладали мосты, а также отставание и забегание отдельных хромосом. Довольно редко наблюдались трехполюсные митозы, а также хаотическое расхождение хромосом (рис. 4). Средняя частота встречаемости патологических митозов у проростков из высокогорной популяции в 1,8 раза выше по сравнению с низкогорной (различия достоверны при  $P < 0,05$ ).

**Микроядерный тест.** Данный метод цитогенетических исследований для пихты сибирской проведен впервые. Исследования пока-

зали, что у проростков из низкогорной популяции наблюдаются микроядра “стандартного” вида [20] – небольшие по размеру, хорошо оформленные округлые образования ядерного материала, расположенные в цитоплазме клетки на некотором удалении от основного ядра (рис. 5, а). Они обнаружены в 0,03 % интерфазных клеток. Диаметр таких микроядер составляет от 14,7 до 23,5 % диаметра основного ядра клетки. У проростков из высокогорной популяции частота встречаемости клеток с микроядрами выше в 6 раз и более (см. табл. 3). 29,5 % изученных проростков содержали от 1 до 65 таких клеток из 1000 просмотренных. В некоторых клетках наблюдалось до трех микроядер, часто различных по размеру (рис. 5, б).

Считается, что механизм постмитотической микронуклеации обеспечивает перевод накопившихся в течение некоторого времени латентных повреждений генома в морфологически идентифицируемые клеточные формы [21]. По размерам микроядер можно судить об изменениях, произошедших в хромосомном наборе. Установлено, что наличие клеток с крупными микроядрами тесно связано с патологией митотического аппарата, а мелких – в основном со структурными aberrациями хромосом [22, 23]. При этом обнаруживается прямая связь между содержа-

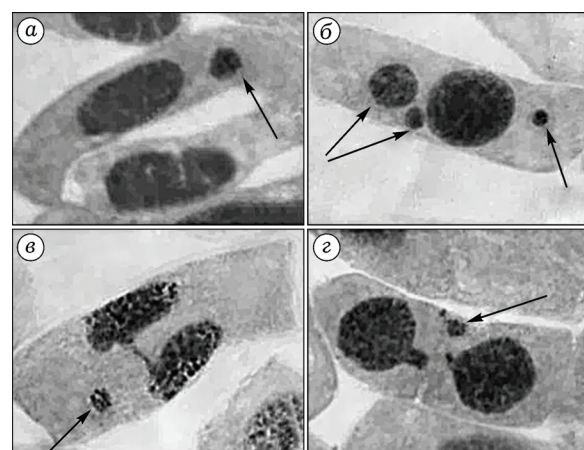


Рис. 5. Микроядра (указаны стрелками) в меристематических клетках у проростков пихты сибирской: а – микроядра “стандартного” вида; б – микроядра разного размера; в, г – обособление микроядер в телофазных клетках с мостами

нием крупных и содержащих центромеры микроядер [24].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цитогенетический мониторинг – один из современных методов оценки влияния факторов окружающей среды на организмы и прогнозирования темпов мутационного процесса. Исследования нарушений митоза позволяют выявлять ранние изменения цитогенетической системы организма и прогнозировать ее состояние в меняющихся условиях [25]. Комплексное использование ряда критериев цитогенетического мониторинга на одном тест-объекте проводится для определения пределов его чувствительности и адекватной оценки состояния среды.

Все цитогенетические критерии, использованные нами для оценки состояния усыхающих пихтовых древостоев высокогорья Западного Саяна, показали высокую степень их нарушенности. У семенного потомства усыхающих деревьев зарегистрированы депрессия митотической активности, повышенное количество хромосомных перестроек, патологий митоза и клеток с микроядрами. Вероятно, отмеченные нарушения являются результатом длительного воздействия экстремальных факторов среды и отражают высокую степень нарушенности экосистем в данном регионе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 08-04-90001Bel\_a, 09-04-98000).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Поликарпов Н. П., Чебакова Н. М., Назимова Д. И. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. 225 с.
2. Смагин В. Н., Ильинская С. А., Назимова Д. И., Новосельцева И. Ф., Чередникова Ю. С. Типы лесов гор Южной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. 336 с.
3. Бажина Е. В., Третьякова И. Н. К проблеме усыхания пихтовых лесов // Успехи совр. биол. 2001. Т. 121, № 6. С. 626–631.
4. Becker M. The role of climate on present and past vitality of silver fir in the Voeges mountains on north-eastern France // Can. J. For. Res. 1989. N 19. P. 1110–1117.
5. Третьякова И. Н., Бажина Е. В. Жизнеспособность пихты сибирской в нарушенных лесных экосистемах гор Южной Сибири // Экология. 1994. № 6. С. 20–28.
6. 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.
7. Захаров В. М., Кларк Д. М. Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. М.: Междунар. фонд “Биотест”, 1993. 68 с.
8. Буторина А. К., Калаев В. Н. Анализ чувствительности различных критериев цитогенетического мониторинга // Экология. 2000. № 3. С. 206–210.
9. Немцева Л. С. Метафазный метод учета перестроек хромосом. М.: Наука, 1970. 127 с.
10. 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.
11. Бударягин В. А. Кариотип пихты сибирской Джунгарского Алатау // Леса и древесные породы Северного Казахстана. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1974. С. 81–84.
12. Муратова Е. Н., Матвеева М. В. Кариологические особенности пихты сибирской в различных условиях произрастания // Экология. 1996. № 2. С. 96–102.
13. Седельникова Т. С., Пименов А. В. Кариологическое изучение болотной и суходольной популяции пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) // Изв. РАН. Сер. биол. 2005. № 1. С. 23–29.
14. Ларионова А. Я., Экарт А. К. Генетическая структура и дифференциация разновысотных популяций пихты сибирской в Западном Саяне // Экологическая генетика. 2005. Т. 3, вып. 2. С. 22–28.
15. Larionova A. Ya., Ekart A. K., Kravchenko A. V. Genetic diversity and population structure of Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) in Middle Siberia, Russia // Eurasian J. of Forest Research. 2007. Vol. 10, N 2. P. 165–192.
16. Муратова Е. Н., Седельникова Т. С., Карпук Т. В., Владимирова О. С., Пименов А. В., Михеева Н. А., Бажина Е. В., Квитко О. В. Кариологические и цитогенетические исследования хвойных Сибири и Дальнего Востока // Сиб. экол. журн. 2005. Т. 12, № 4. С. 573–583.
17. Седельникова Т. С., Пименов А. В. Хромосомные мутации в болотной и суходольной популяциях *Abies sibirica* Ledeb. // Цитология. 2003. Т. 45, № 5. С. 515–520.
18. Калашник Н. А. Хромосомные нарушения как индикатор оценки степени техногенного воздействия на хвойные насаждения // Экология. 2008. № 4. С. 276–286.
19. Буторина А. К. Факторы эволюции кариотипов древесных // Успехи совр. биол. 1989. Т. 108, вып. 3 (6). С. 342–357.
20. Жулева Л. Ю., Дубинин Н. П. Использование микроядерного теста для оценки экологической обстановки в районах Астраханской области // Генетика. 1994. Т. 30, № 7. С. 999–1004.
21. Ильинских Н. Н., Ильинских И. Н., Бочаров Е. Ф. Патогенетический гомеостаз и иммунитет. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. С. 1–256.

22. Vanderkerken K., Vanparys P., Verschaeve L., Kirsch-Volders M. The mouse bone marrow micronucleus assay can be used to distinguish aneugens from clastogens // *Mutagenesis*. 1989. Vol. 4, N 1. P. 6–11.
23. Vanparys P., Vermeiren F., Sysmans M., Temmerman R. The micronucleus assay as a test for the detection of aneugenic activity // *Mutat. Res.* 1990. Vol. 244, N 2. P. 95–103.
24. Grawé J., Abramsson-Zetterberg L., Eriksson L., Zetterberg G. The relationship between DNA content and centromere content in micronucleated mouse bone marrow erythrocytes analyzed by flow cytometry and fluorescent in situ hybridization // *Mutagenesis*. 1994. Vol. 9, N 1. P. 31–38.
25. Калаев В. Н. Цитогенетический мониторинг загрязнения окружающей среды с использованием растительных тест-объектов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Воронеж, 2004. 25 с.

## **Cytogenetics of *Abies sibirica* in Decline Fir Stands of West Sayan High Mountains**

O. V. KVITKO, E. N. MURATOVA, E. V. BAZHINA

*V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS  
660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50, building 28  
E-mail: kvitko@ksc.krasn.ru*

The cytogenetic study of *Abies sibirica* seed progenies in decline fir stands of West Sayan High Mountains was carried out. The chromosome and genome mutations, pathologies of mitotic cycle and cells with micronuclei were recorded with high frequency. The revealed irregularities might be a result of the long-term exposure to extreme environmental factors and they probably reflect the high level of West Sayan highland forest ecosystems decline.

**Key words:** *Abies sibirica*, karyotype, mixoploidy, chromosome rearrangements, pathologies of mitotic cycle, micronuclei.