

Список литературы

- Батыгина Т.Б., Виноградова Г.Ю.* Феномен полиэмбрионии. Генетическая гетерогенность семян // *Онтогенез*. 2007. Т. 38, № 3. С. 166–191.
- Лакиманан К.К., Амбегаокар К.Б.* Полиэмбриония // *Эмбриология растений: использование в генетике, селекции, биотехнологии*. М.: Агропромиздат, 1990. С. 5–38.
- Нежевенко Г.И., Шумный В.К.* Близнецовый метод получения гаплоидных растений // *Генетика*. 1970. Т. 6, № 1. С. 173–180.
- Поддубная-Арнольди В.А.* Цитоэмбриология покрытосеменных растений. М.: Наука, 1976. 507 с.
- Селиванов А.С.* Многозародышевость семян и селекция. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1983. Ч. 1. 84 с.
- Тырнов В.С.* Андрогенез *in vivo* у растений // *Биология развития и управление наследственностью*. М.: Наука, 1986. С. 138–164.
- Тырнов В.С.* Гаплоидия и апомиксис // *Репродуктивная биология, генетика и селекция*. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2002. С. 32–46.
- Тырнов В.С., Завалишина А.Н.* О связи спонтанной гаплоидии и полиэмбрионии у кукурузы // *Проблемы апомиксиса у растений и животных*. Новосибирск: Наука, 1973. С. 192–198.
- Хохлов С.С., Тырнов В.С., Гришина Е.В. и др.* Гаплоидия и селекция. М.: Наука, 1976. 221 с.
- Яковлев М.С.* Основные типы полиэмбрионии высших растений // *Тр. Бот. ин-та АН СССР*. 1957. Сер. 7, вып. 4. С. 202–210.
- Chase S.S.* Monoploids and monoploid derivatives of maize (*Zea mays* L.) // *Bot. Rev.* 1969. Vol. 35, № 2. P. 117–167.
- Kermicle J.L.* Pleiotropic effects on seed development of the indeterminate gametophyte gene in maize // *Amer. J. Bot.* 1971. Vol. 58, № 1. P. 1–7.

УДК 576.316.7

**ХАРАКТЕРИСТИКА КАРИОТИПОВ
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА СОСНОВЫЕ
ИЗ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ**

Н.А. Калашник

*Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН
450080, Уфа, ул. Полярная, 8; e-mail: kalash.ufa@mail.ru*

В результате исследования четырех южноуральских видов хвойных из различных экологических условий произрастания обнаружены различия по структуре их кариотипов и степени активности ядрышкового организатора хромосом. Наблю-

даемая высокая изменчивость цитогенетических характеристик может быть обусловлена изменениями исследуемых видов под влиянием факторов среды обитания в связи с процессами их адаптации.

Ключевые слова: голосеменные, структура кариотипов, ядрышковые организаторы, экологические условия, Южный Урал.

Основная цель наших исследований – изучение закономерностей эволюционного преобразования кариотипов и хромосомных механизмов адаптации представителей семейства сосновых, произрастающих в различных экологических условиях.

С использованием комплекса цитогенетических методов изучены сосна обыкновенная, лиственница Сукачёва, ель сибирская и пихта сибирская, произрастающие на территории Южного Урала. Исследованы десятки естественных насаждений указанных хвойных видов из различных экологических условий произрастания, в том числе в контрастном природном климате (высокогорья, равнины, поймы рек) и при промышленном загрязнении различной степени интенсивности в сравнении с контрольными условиями.

Материал и методика

В качестве материала использовалась соматическая (меристема проростков семян) ткань растений. Кариологический анализ проводили по общепринятой методике, модифицированной применительно к хвойным породам (Правдин и др., 1972). Детально изучалась структура кариотипов: определялись числа хромосом, морфометрические параметры хромосом (абсолютная длина, относительная длина, центромерный индекс), а также суммарная длина диплоидного набора, устанавливались морфологические типы хромосом, число и локализация вторичных перетяжек. Также были определены показатели ядерно-ядрышковых отношений как параметры оценки уровня активности генов р-РНК, обеспечивающих белоксинтетические процессы (Муратова, 1995).

Результаты и их обсуждение

Установлено, что у всех изученных видов соматическое число хромосом $2n=24$. В исследованной нами меристематической ткани проростков семян очень редко встречались отдельные анеуплоидные клетки с числом хромосом 22, 23 или 25 и еще реже – полиплоидные клетки с числом хромосом 48. Все это свидетельствует о высокой стабильности исследованных видов по числу хромосом. Хромосомы изученных нами видов имели крупные размеры, хорошо окрашивались и были четко выражены по форме

(рис. 1). У сосны обыкновенной их абсолютная длина составляла 9–20 мкм, среднее значение суммарной длины – 330–380 мкм. У ели сибирской и пихты сибирской абсолютная длина хромосом была 8–15 мкм, среднее значение суммарной длины – 270–320 мкм. У лиственницы Сукачёва абсолютная длина хромосом составляла 7–13 мкм, среднее значение суммарной длины – 240–260 мкм. Согласно классификации морфометрических типов хромосом (Levan et al., 1964), в хромосомных наборах исследуемых видов определены два типа хромосом – метацентрики и субметацентрики. У сосны обыкновенной, ели сибирской и пихты сибирской большее число хромосом в наборах было метацентрического типа и только 1–3 пары являлись субметацентриками. В хромосомных наборах лиственницы Сукачёва метацентрические и субметацентрические хромосомы были представлены в равной степени. Характерным признаком исследованных видов было наличие в их кариотипах вторичных перетяжек хромосом.

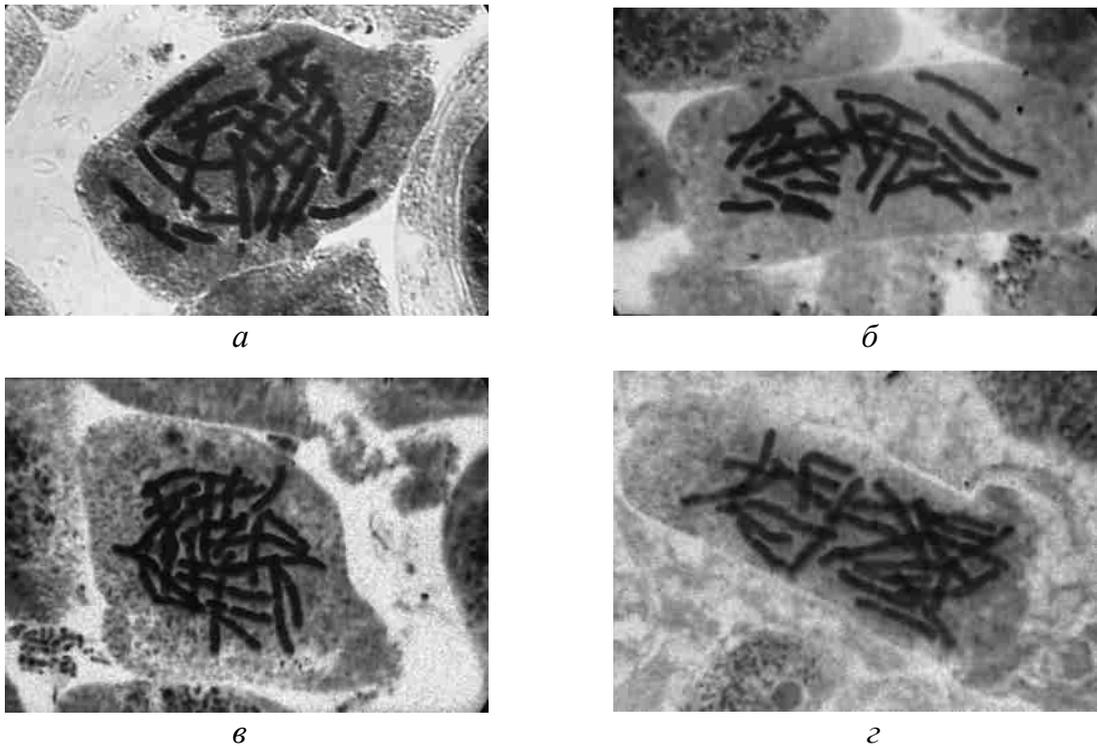


Рис. 1. Микрофотографии метафазных пластинок: *а* – сосна обыкновенная; *б* – ель сибирская; *в* – лиственница Сукачёва; *г* – пихта сибирская. Увеличение: объектив $\times 90$, окуляр $\times 10$

У исследуемых видов в изученных нами условиях произрастания выявлен высокий полиморфизм по морфометрическим параметрам хромосом и суммарной длине диплоидного набора, а также по числу вторичных перетяжек на кариотип, частоте их встречаемости в хромосомных наборах и локализации на хромосомных плечах. Наиболее показательным отличием

хвойных насаждений из условий высокогорий, а также критического и сильного промышленного загрязнения было наличие в их хромосомных наборах большего числа вторичных перетяжек, чем в насаждениях из равнинных и относительно чистых условий произрастания (рис. 2, 3). Так, в условиях высокогорий и промышленного загрязнения в хромосомных наборах сосны обыкновенной и ели сибирской наблюдалось 6–8, пихты сибирской 5–6, лиственницы Сукачёва 4–5 постоянных вторичных перетяжек. В равнинных и относительно чистых условиях произрастания на метафазных пластинках сосны обыкновенной и ели сибирской обнаружено 3–5, пихты сибирской 3–4, лиственницы Сукачёва 1–3 постоянных вторичных перетяжки.

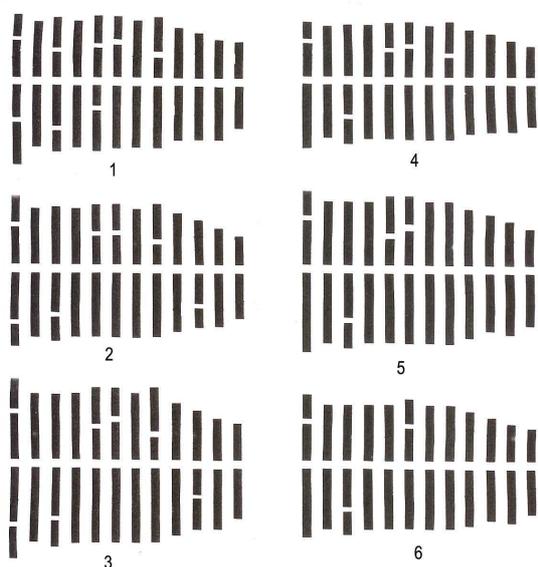


Рис. 2. Идиограммы кариотипов сосны обыкновенной из различных природных условий произрастания: 1, 2, 3 – высокогорные и изолированные популяции (Иремельская, Авалякская, Шаранская); 4, 5, 6 – равнинные и панмиктические популяции (Дюртюлинская, Учалинская, Зилаирская)

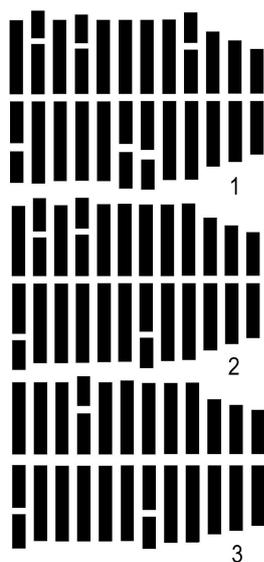


Рис. 3. Идиограммы кариотипов сосны обыкновенной из условий промышленного загрязнения (1 – г. Карабаш; 2 – г. Сатка) и условий контроля (3 – п. Новоандреевка)

Подтверждением более высокой степени активности рибосомальных генов в условиях высокогорий и сильного промышленного загрязнения были показатели средних значений ядерно-ядрышковых отношений, которые в пробах из условий природного и антропогенного стресса, как правило, на 3–4 единицы были ниже, чем в контрольных (чем меньше показатель, тем больше относительный объем ядрышек). Это, несомненно, определяет тенденцию увеличения активности ядрышкообразующей системы в экстремальных условиях (рис. 4–6).

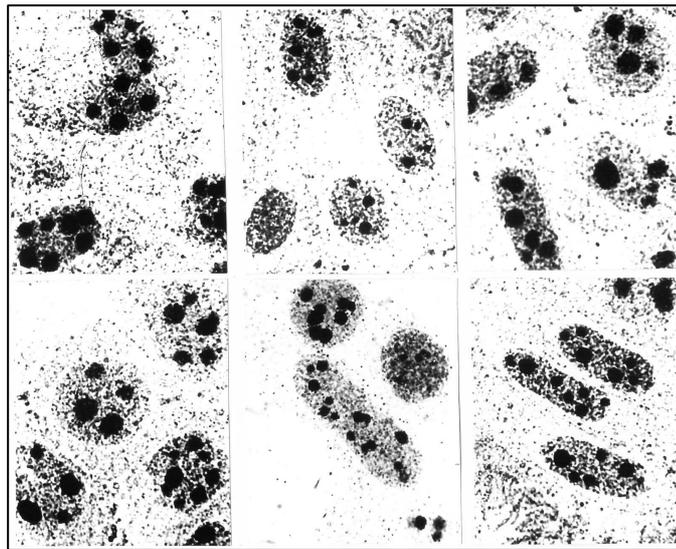


Рис. 4. Микрофотографии ядрышек сосны обыкновенной

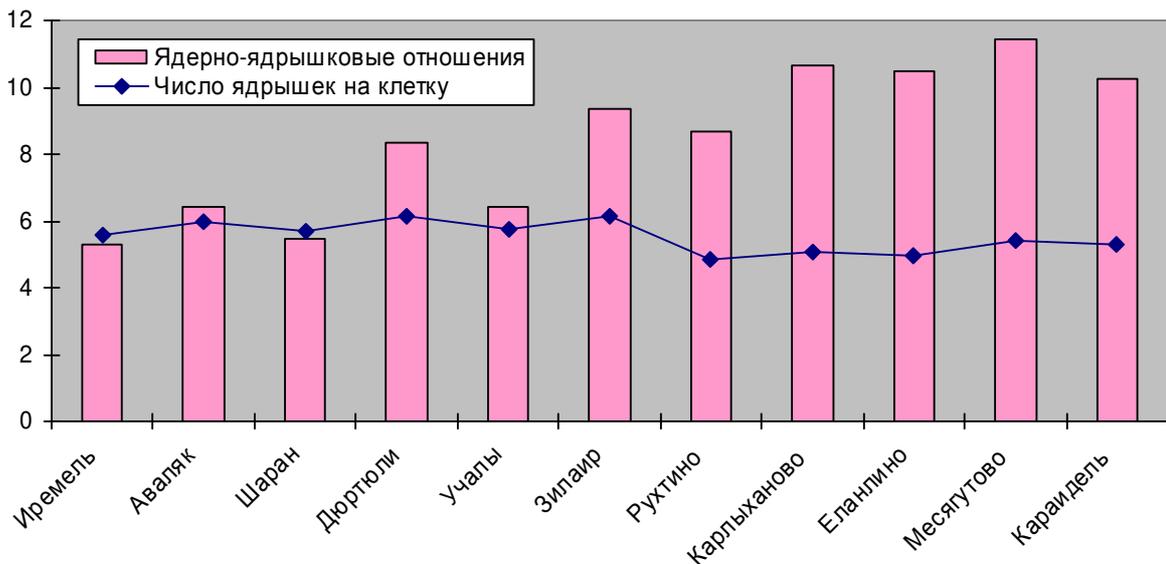


Рис. 5. Показатели ядрышковой активности сосны обыкновенной из экстремальных (Иремель, Аваляк, Шаран, Учалы) и оптимальных природных условий произрастания

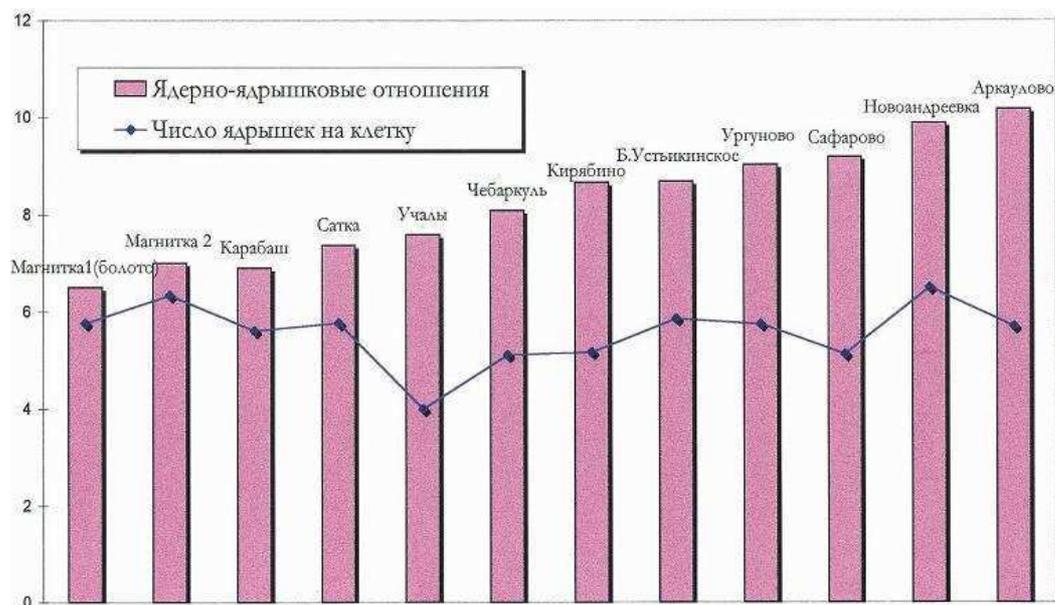


Рис. 6. Показатели ядрышковой активности сосны обыкновенной из условий промышленного загрязнения (Магнитка, Карабаш, Сатка, Учалы) и контроля

В целом у исследованных южноуральских видов хвойных в популяциях из различных экологических условий произрастания обнаружены различия по структуре кариотипов и степени активности ядрышкового организатора хромосом.

Наблюдаемая у хвойных видов высокая хромосомная изменчивость, по мнению различных исследователей, обусловлена обширностью занимаемых ими ареалов (Абатурова, 1978), географическими условиями произрастания (Кириченко, 1984; Шишнихвили, 1968), генетической адаптацией растений к экологическому разнообразию (Ильченко, 1978; Кириченко, 1984), а также генетико-автоматическими процессами, происходящими в малых изолированных популяциях (Бударагин, 1973).

Результаты, полученные нами, также позволяют установить влияние фактора среды обитания на изменчивость у хвойных видов многих цитогенетических характеристик, выявить некоторые тенденции структурного преобразования их кариотипов, расширить представления о хромосомных механизмах адаптации этих видов к различным условиям произрастания и можно сделать следующие выводы.

1. Установлено, что для исследованных видов хвойных характерна высокая изменчивость хромосомных параметров, обнаружены существенные различия по структуре их кариотипов и степени активности ядрышкового организатора хромосом.

2. Наиболее показательным отличием хвойных насаждений из экстремальных условий произрастания является наличие в их хромосомных наборах большего числа вторичных перетяжек, чем в насаждениях из оптимальных условий произрастания.

3. Для хвойных насаждений, произрастающих в экстремальных или близких к ним экологических условиях, характерны более низкие показатели ядерно-ядрышковых отношений, что является подтверждением более высокой активности у них ядрышкового организатора хромосом.

4. Выявленные тенденции изменчивости кариотипических показателей у исследованных хвойных видов, несомненно, связаны с их адаптацией к различным условиям произрастания.

Список литературы

Абатурова Г.А. Кариотип сосны обыкновенной в европейской части СССР // Научные основы селекции хвойных древесных пород. М.: Наука, 1978. С. 66–82.

Бударагин В.А. Анализ кариотипов изолированных популяций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Северном и Центральном Казахстане // Генетика. 1973. Т. 9, № 9. С. 41–52.

Ильченко Т.П. Кариологическая изменчивость *Pinus sylvestris* L. // Редкие и исчезающие древесные растения юга Дальнего Востока. Владивосток, 1978. С. 67–72.

Кириченко О.И. Изменчивость морфологических и кариологических признаков некоторых популяций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на Украине: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Воронеж, 1984. 20 с.

Муратова Е.Н. Методики окрашивания ядрышек для кариологического анализа хвойных // Бот. журн. 1995. Т. 80, № 2. С. 82–85.

Правдин Л.Ф., Бударагин В.А., Круклис М.В. и др. Методика кариологического изучения хвойных пород // Лесоведение. 1972. № 2. С. 67–72.

Шинниашвили Р.М. Кариотип сосны Сосновского // Цитология. 1968. Т. 10, № 2. С. 255–258.

Levan A., Fredga K., Sandberg A.A. Nomenclature for centromeric position on chromosomes // Hereditas. 1964. Bd. 52. S. 201–220.

УДК 581.163+582.5

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГАМЕТОФИТНОГО АПОМИКСИСА У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА ASTERACEAE ВО ФЛОРЕ ЮГА РОССИИ

**И.С. Кочанова, Н.М. Лисицкая, А.С. Кашин,
И.М. Кириллова, М.В. Полянская**

*Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83; e-mail: kashinas@sgu.ru*

В ходе исследования семенной продуктивности при беспыльцевом режиме цветения в 34 естественных популяциях 30 видов 23 родов семейства Asteraceae Юго-Восточной России гаметофитный апомиксис обнаружен в популяциях 5 видов 5 родов. При этом для *Artemisia salsoloides* данный способ размножения отмечен впервые.

Ключевые слова: апомиксис, амфимиксис, цитозембриология, семенная продуктивность популяции, режимы цветения, Asteraceae.