

**ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИБРИДНЫХ ФОРМ
РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И СИБИРСКОЙ
(SORBUS AUCUPARIA L., 1753 × SORBUS SIBIRICA HEDL., 1901)
В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

Артем Игоревич Каташинский

Тюменский государственный университет, 625041, Россия, г. Тюмень, ул. Бакинских комиссаров, 3, магистрант, тел. (952)676-50-91, e-mail: kata-rfonline@yandex.ru

Зинаида Васильевна Шейкина

Тюменский государственный университет, Институт биологии, 625043, Россия, г. Тюмень, ул. Пирогова, 3, ассистент кафедры экологии и генетики, тел. (932)472-43-93, e-mail: zinaisten@mail.ru

Изучено влияние антропогенного воздействия на цитогенетические показатели гибридов рябины обыкновенной и сибирской (*Sorbus aucuparia* L., 1753 × *Sorbus sibirica* Hedl., 1901). Исследование проводилось в летний период 2018 года на юге Тюменской области, в городах Ишим и Тюмень. Для цитогенетического анализа были собраны и зафиксированы реактивом Кларка молодые листья рябины. Материал окрашивался рутинным способом при помощи ацетоорсеина. В ходе работы приготовлено около 200 временных препаратов. Обнаружено, что в изученных районах Тюмени и Ишима, частота встречаемости аномалий митоза статистически достоверно выше по сравнению с контролем. Всего у рябины выявлено 5 видов цитогенетических аномалий: фрагменты, микроядра, одиночные, множественные мосты и аномальные формы ядра. При этом наиболее часто встречаются такие аномалии, как микроядра и фрагменты, а наименее – аномальные формы ядра. В Тюмени частота встречаемости цитогенетических аномалий в 1,4 раза выше, чем в Ишиме, что говорит о более высокой степени антропогенной нагрузки на территории этого города.

Ключевые слова: антропогенное воздействие, антропогенная нагрузка, цитогенетика, рябина, цитогенетические аномалии.

**CYTOGENETIC VARIABILITY OF HYBRID FORMS
OF MOUNTAIN ASH AND SIBERIAN ROWAN
(SORBUS AUCUPARIA L., 1753 × SORBUS SIBIRICA HEDL., 1901)
UNDER ANTHROPOGENIC LOAD**

Artyom I. Katashinsky

Tyumen State University, 3, st. Baku Commissars, Tyumen, Russia, 625041, Graduate, phone: (952)676-50-91, e-mail: kata-rfonline@yandex.ru

Zinaida V. Sheykina

Tyumen State University, Institute of biology, 3, st. Pirogova, Tyumen, Russia, 625043, Assistant, Department of Ecology and Genetics, phone: (932)472-43-93, e-mail: zinaisten@mail.ru

The influence of anthropogenic effects on the cytogenetic indicators of hybrids of mountain ash and Siberian rowan (*Sorbus aucuparia* L., 1753 × *Sorbus sibirica* Hedl., 1901) was studied. The study was conducted in the summer of 2018 in the south of the Tyumen region, in the cities of Ishim and Tyumen. For cytogenetic analysis, young mountain ash leaves were collected and fixed with Clark's reagent. The material was stained in a routine manner with aceto-Orsein. In the course of work, about

200 temporary preparations were prepared. It was found that in the studied areas of the cities of Tyumen and Ishim, the frequency of occurrence of mitosis anomalies was statistically significantly higher compared to the control. In total, 5 types of cytogenetic anomalies were revealed in mountain ash: fragments, micronuclei, single, multiple bridges, and abnormal forms of the nucleus. Moreover, such anomalies as micronuclei and fragments are most frequently encountered, and the anomalous forms of the nucleus are the least. In Tyumen, the frequency of occurrence of cytogenetic anomalies is 1.4 times higher than in Ishim, which indicates a higher degree of anthropogenic load on the territory of this city.

Key words: anthropogenic impact, anthropogenic load, cytogenetics, rowan, cytogenetic anomalies.

Введение

Экосистемы, находящиеся в районах, где осуществляется какая-либо человеческая деятельность, подвергаются определенному воздействию, которое получило название антропогенное (греч. *anthropos* – человек, *genesisum* – происхождение) [1]. Антропогенными факторами, которые могут оказывать негативное влияние на жизнедеятельность экосистем, и их отдельных составляющих, в том числе на цитогенетические показатели, являются: ионизирующее излучение, загрязнение отравляющими веществами биогенного и абиогенного происхождения, непосредственное механическое воздействие и др. Постоянный рост антропогенного воздействия создает потребность в оценке состояния подвергаемых воздействию экосистем, с целью мониторинга и последующего контроля изменений [2–4].

Для мониторинга антропогенного влияния наиболее предпочтительными являются растительные объекты [5–7]. Дендрофлора городов юга Тюменской области представлена разнообразными видами, среди которых широкое распространение имеют представители рода *Sorbus*.

Влияние антропогенных факторов на морфометрические показатели растений в городской среде широко рассмотрено в литературе [8–11], однако цитогенетическая изменчивость исследована недостаточно. При этом генетический аппарат клетки является основой для правильного и успешного развития тканей, органов и растительного организма в целом. Изменение или нарушение его работы или структуры приводит к существенным последствиям.

Методы и материалы

Цитогенетические показатели исследовались у гибридов рябины обыкновенной и сибирской (*Sorbus aucuparia* L., 1753 × *Sorbus sibirica* Hedl., 1901), в летний период 2018 года, в городах Ишим и Тюмень. В качестве исследуемых территорий в городе Ишим были выбраны районы: окрестности станции Юннатов, памятник Ленину и Богоявленский собор, а в городе Тюмень: окрестности Затюменского парка и улицы Бабарынка. Контрольный участок располагался на расстоянии 5 км от г. Ишим.

Для цитогенетического анализа отбирались и фиксировались в реактиве Кларка молодые листья рябины. Материал окрашивался рутинным способом при помощи ядерного красителя ацетоорсеина, а после из интеркалярной меристемы листа готовились временные давленные препараты [12–14]. В ходе работы про-

анализировано около 200 препаратов. Пробы изучались при помощи микроскопа компании Carl Zeiss, марки Axiostar plus. Полученные результаты были подвергнуты статистической обработке [13, 15].

Результаты

На юге Тюменской области у гибридных форм рябины обыкновенной и сибирской зарегистрировано 5 цитогенетических аномалий: фрагменты, одиночные и множественные мосты, аномальные формы ядра и микроядра (таблица). Частота встречаемости аномалий митоза в городской среде статистически достоверно выше по сравнению с контролем. Минимальные значения этого показателя наблюдаются в городе Ишим, в окрестностях Богоявленского собора. В данном районе исследования встречаемость аномальных форм ядер в 4 раза меньше, в сравнении с районом станции Юннатов, в 3 раза меньше, чем у памятника Ленину и в 7 раз меньше, чем в районах города Тюмень. Однако частота встречаемости микроядер в листьях гибридных форм рябины в окрестностях Богоявленского собора статистически достоверно выше, чем в районе станции Юннатов.

Встречаемость цитогенетических нарушений в разных районах городов Ишим и Тюмень, %

| Аномалия | Ишим | | | Тюмень | | Контроль |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| | Станция (1) | Собор (2) | Памятник (3) | Бабарынка (4) | Парк (5) | |
| Фрагменты | 2,48± 0,26*2,3 | 1,44± 0,19*1,4,5 | 1,56± 0,20*1,4,5 | 2,56± 0,25*2,3 | 2,88± 0,29*2,3 | 0,32± 0,08 |
| Одиночные мосты | 0,29± 0,06*4 | 0,20± 0,05*4 | 0,33± 0,08* | 0,53± 0,07*1,2,5 | 0,29± 0,06*4 | 0,11± 0,02 |
| Множественные мосты | 0,29± 0,05*3 | 0,23± 0,04* | 0,14± 0,03*1,4 | 0,35± 0,09*3 | 0,28± 0,08* | 0,04± 0,01 |
| Аномальные формы ядра | 0,13± 0,04*2 | 0,03± 0,01*1,3,4,5 | 0,09± 0,02*2 | 0,23± 0,05*2,3 | 0,25± 0,05*2,3 | 0,012± 0,003 |
| Микроядра | 1,31± 0,24*2,3,4,5 | 2,01± 0,23*1 | 1,96± 0,21*4,5 | 2,21± 0,25*1,3 | 2,31± 0,24*1,3 | 0,37± 0,09 |
| Всего аномалий | 4,50± 0,33*4,5 | 3,91± 0,30*4,5 | 4,08± 0,35*4,5 | 5,88± 0,39*1,2,3 | 6,01± 0,42*1,2,3 | 0,85± 0,18 |
| Норма | 95,5± 1,33* | 96,09± 1,30* | 95,92± 1,35* | 94,12± 1,22* | 93,99± 1,04* | 99,15± 1,45 |
| Митотический индекс | 7,90± 0,41* | 8,13± 0,44* | 7,78± 0,39* | 10,13± 0,74* | 9,90± 0,61* | 4,56± 0,25 |

Примечание: * – достоверность различий с контролем ($p < 0,05$); 1 – достоверность различий с районом «Станция» ($p < 0,05$); 2 – достоверность различий с районом «Собор»; 3 – достоверность различий с районом «Памятник» ($p < 0,05$); 4 – достоверность различий с районом «Бабарынка» ($p < 0,05$); 5 – достоверность различий с районом «Парк» ($p < 0,05$).

В городе Тюмень встречаемость цитогенетических нарушений в 1,4 раза выше, чем в городе Ишим. В изученных районах города Тюмень в большинстве случаев не выявлены статистически достоверные различия рассматриваемых параметров. Однако в районе Бабарынка встречаемость одиночных мостов достоверно выше, в сравнении с другими исследуемыми точками.

Наиболее часто в районе парка Затюменского и улицы Бабарынка города Тюмень, а также станции Юннатов города Ишим встречаются такие аномалии, как фрагменты. В окрестности собора Богоявленского и памятника Ленину среди митотических нарушений преобладают клетки с микроядрами. При этом микроядра, являются вторыми по частоте встречаемости среди остальных районов исследования. Наиболее низкая встречаемость микроядер наблюдаются в районе станции Юннатов, а наибольшая в Затюменском парке. Аномальные формы ядер встречались реже других цитогенетических нарушений, независимо от города и района исследования.

Показатель митотического индекса клеток интеркалярной меристемы гибридов рябины в пределах изученных городов достоверно превышал фоновую выборку. Наибольшие значения этого параметра отмечены в городе Тюмень, а наименьшие у памятника Ленину.

Обсуждение

Влияние городской среды привело к наибольшей встречаемости у гибридов рябины обыкновенной и сибирской таких цитогенетических аномалий, как микроядра и фрагменты, что соответствует литературным данным [16,17]. Стоит отметить, что образованию микроядер и фрагментов предшествует повреждение хромосом, влекущее за собой потерю части генетического материала. Как правило, такие нарушения указывают на снижение жизнеспособности клеток и являются показателем нестабильности их функционирования. Преобладание микроядер и фрагментов во всех выборках свидетельствует о существенной нагрузке на генетический аппарат клеток.

В свою очередь повышение митотического индекса в изученных зонах с антропогенной нагрузкой может являться следствием роста количества делящихся клеток как ответной реакции на утрату генетического материала, возникающего под воздействием неблагоприятной среды.

Мониторинг состояния городской среды при помощи цитогенетического анализа гибридов рябины обыкновенной и сибирской показал более высокий уровень мутагенов в атмосфере и в целом антропогенной нагрузки в Тюмени, чем в Ишиме, что сопоставимо с данными других исследователей [20]. В свою очередь в городе Ишим показатели цитогенетической изменчивости говорят о более сглаженном воздействии городской среды на объект.

Полученные результаты подтверждают низкую устойчивость гибридов рябины обыкновенной и сибирской к антропогенной нагрузке [18, 19], что ставит вопрос о целесообразности использования ее в городских насаждениях.

Заключение

Гибриды обыкновенной и сибирской рябины отличаются низкой цитогенетической устойчивостью. Встречаемость цитогенетических аномалий у гибридных форм рябины, произрастающих на территории города, достоверно выше, по сравнению с контрольным участком. Всего у объекта выявлено 5 видов цитогенетических аномалий: фрагменты, микроядра, одиночные, множественные мосты и аномальные формы ядра. При этом наиболее часто встречаются такие аномалии, как микроядра и фрагменты, а наименее – аномальные формы ядра. Частота встречаемости цитогенетических аномалий в Тюмени в 1,4 раза выше, чем в Ишиме, что говорит о более высокой степени антропогенной нагрузки на территории этого города. В ответ на антропогенную нагрузку происходит включение компенсаторных механизмов, проявляющихся в увеличении митотического индекса у гибридов рябины. Так в городах Тюмень и Ишим этот показатель в 2 раза выше, чем в контроле.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прохоров А.М. Антропогенные факторы // Большая советская энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия, 1969-1978. — Т. 11. — С. 22-23.
2. Воскресенская О.Л. Экология города Йошкар-Олы: Учебное пособие — Йошкар-Ола : Изд-во Мар. гос. ун-та., 2004. — С. 16-30.
3. Каташинская Л.И., Суппес Н.Е. Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха в городе Ишиме и влияние химического загрязнения атмосферы на здоровье населения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2016. — Т. 18., № 2-3. — С. 697-701.
4. Колюбаева С.Н. Использование цитогенетических методов в радиационной медицине // Вестник Российской Военно-медицинской Академии. Приложение 1. — 2008. — № 3(23). — С. 179.
5. Найденова Л.С., Епринцев С.А., Попов В.Н. Проведение цитогенетического мониторинга в г. Воронеже, используя древесные породы деревьев, на примере березы повислой (*Betula pendula* Roth) // Вестник ВГУ. — 2008. — № 1. — С. 115-122.
6. Природно-исторические аспекты формирования качества жизни населения города Ишима: коллективная монография / А.Ю. Левых [и др.]. — Ишим : Изд-во ИПИ им. П. П. Ершова (филиал) ФГБОУ ВО «ТюмГУ», 2016. — 166 с.
7. Соловьев В.С. Влияние загрязнения атмосферы на лесные экосистемы. — Л. : ЛТА, 1989. — С. 12-16.
8. Хикматуллина Г.Р. Сравнение морфологических признаков листа *Betula pendula* в условиях урбаноcреды // Вест. Удм. ун-та. — Ижевск, 2013. — Вып. 2. — С. 48-57.
9. Хузина Г.Р. Характеристика флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков листа липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) // Вест. Удм. ун-та. — Ижевск, 2011. — Вып. 3. — С. 47-52.
10. Битюкова В.Р., А.А.Попов Тенденции атмосферного загрязнения в городах России // Экол. пром-ть России. — 2004. — С. 4-7.
11. Трешоу М.Р. Загрязнение воздуха и жизнь растений. — Л. : Гидрометеиздат, 1988. — 535 с.
12. Шейкина З.В., Жигилева О.Н. Большой спецпрактикум: методы оценки жизнеспособности популяций животных и растений : учебно-методическое пособие. — Тюмень : Изд-во ТюмГУ, 2011. — С. 24-30.

13. Гелашвили Д.Б. Количественные методы оценки загрязнения атмосферного воздуха. Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга. – Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2000. – Т.IV. – 427 с.
14. Алов И.А. Цитофизиология и патология митоза. – М. : Медицина, 1972. – 264 с.
15. Захаров В.М. Здоровье среды: методика оценки. – М. : Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
16. Асбаганов С.В. Изменчивость листьев *Sorbus sambucifolia* (Rosaceae) на Камчатке // Растительные ресурсы. – Спб. : Наука, 2006. – Т.42. – вып.4. – С. 17-22.
17. Антипов В.Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам. – Минск : Наука и техника, 1979. – 216 с.
18. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. – Киев : Наукова думка, 1978. – 246 с.
19. Гетко Н.В. Растения в техногенной среде: Структура и функция ассимиляционного аппарата. – Минск : Наука и техника, 1989. – 208 с.
20. Горышина Т.К. Растение в городе. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1991. – 148 с.

© А. И. Каташинский, З. В. Шейкина, 2020