

## RESEARCH ARTICLE

## Polymorphism of the relative DNA content of the species *Selaginella borealis* and *Selaginella sanguinolenta*

M.V. Skaptsov<sup>1\*</sup>, S.V. Smirnov<sup>1</sup>, A.A. Kechaykin<sup>1</sup>, M.G. Kutsev<sup>1</sup>, A.V. Vaganov<sup>1</sup>,  
X.-C. Zhang<sup>2</sup>, A.I. Shmakov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>South-Siberian Botanical Garden, Altai State University, pr. Lenina 61, Barnaul, 656049, Russia, \*[mr.skaptsov@mail.ru](mailto:mr.skaptsov@mail.ru)

<sup>2</sup>State Key Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany,  
Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

The analysis of the relative DNA content of samples of *Selaginella borealis* and *Selaginella sanguinolenta* from various regions was carried out. A high polymorphism in the relative DNA content was revealed, which is apparently related to differences in the main chromosome number between different populations. Also revealed one polyploid plant.

**Key words:** Relative DNA content, flow cytometry, *Selaginella*, *S. borealis*, *S. sanguinolenta*

## Полиморфизм относительного содержания ДНК видов *Selaginella borealis* и *Selaginella sanguinolenta*

М.В. Скапцов<sup>1\*</sup>, С.В. Смирнов<sup>1</sup>, А.А. Кечайкин<sup>1</sup>, М.Г. Куцев<sup>1</sup>, А.В.  
Ваганов<sup>1</sup>, Х.-С. Zhang<sup>2</sup>, А.И. Шмаков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южно-Сибирский ботанический сад, Алтайский государственный университет, пр. Ленина 61,  
Барнаул, 656049, Россия, \*E-mail: [mr.skaptsov@mail.ru](mailto:mr.skaptsov@mail.ru)

<sup>2</sup>State Key Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany,  
Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

Проведен анализ относительного содержания ДНК образцов *Selaginella borealis* и *Selaginella sanguinolenta* из различных регионов. Выявлен высокий полиморфизм в относительном содержании ДНК, который связан видимо с различиями в основном хромосомном числе между различными популяциями. Также выявлено одно полиплоидное растение.

**Ключевые слова:** *Selaginella*, *S. borealis*, *S. sanguinolenta*, относительное содержание ДНК, проточная цитометрия.

### Введение

Род *Selaginella* P.Beauv. (Selaginellaceae) является одним из самых крупных среди высших споровых сосудистых растений и насчитывающий около 800 видов, распространенных почти космополитично. Экологическая приуроченность представителей рода охватывает не только основные места обитания умеренной, субтропической, тропической зон, включая пустыню, но и заходя в арктические районы и поднимаясь в горах в альпийский пояс (Jermy, 1990; Zhang et al., 2013; Zhou et Zhang, 2015).

На территории России род представлен 8 видами (Tzvelev, 2004), из которых наиболее сложным в понимании является комплекс *Selaginella borealis* – *S. sanguinolenta*. Многие исследователи признают оба вида за самостоятельные (Tzvelev, 2004), а некоторые считают их одним полиморфным видом (Zhang et al., 2013).

## Материал и методы

Относительное содержание ДНК определяли при помощи метода проточной цитометрии с пропидий иодидом. Высушенный гербарный материал измельчали с использованием лезвия в буфере следующего состава: 50 мМ Hepes, 10 мМ метабисульфит натрия, 10 мМ MgCl<sub>2</sub>, 0,5 % поливинилпирролидон, 0,1 % БСА, 0,3 % Tween20, 0,2 % Triton X-100, 50 мкг/мл РНКазы, 1 мкл/мл β-меркаптоэтанол, 50 мкг/мл пропидий иодида. Образцы фильтровали через 50-мкм нейлонный фильтр. Данные флюоресценции изолированных ядер детектировали при помощи проточного цитометра Partec CyFlow PA (Partec, GmbH) с лазерным источником излучения с длиной волны 532 нм. Обработку данных цитометрии осуществляли с использованием стандартного программного обеспечения прибора и программного обеспечения Flowing software 2.5.1. Для расчета использовали пики с не менее 1000 ядер и коэффициентом вариации не более 2.5 %. Для дальнейших расчетов использовали данные, не превышающие среднего значения содержания ДНК образца более чем на 3 % (Kubešová et al. 2010). В качестве внешнего стандарта использовали *Ficus benjamina* 2С = 1,07 пг (Skaptsov et al., 2016). Возможное влияние вторичных метаболитов на связывание интеркалирующего красителя исследовали путем совместного измельчения образцов и свежих листьев *Allium fistulosum*. Готовые препараты исследовали три раза в течение 10 минут на проточном цитометре. Считали, что эффект не выявлен, в случае отсутствия вариаций в среднем значении каналов детекции пика *A. fistulosum*.

## Результаты и их обсуждение

В результате исследования выявлено значительные вариации в относительном содержании ДНК *S. borealis*, *S. sanguinolenta* (табл. 1). В среднем можно выделить три основных группы по величине относительного содержания ДНК. В первую группу входят величины от 0,46 до 0,48 пг, от 0,50 до 0,51 пг и от 0,58 до 0,68 пг. Также в одном случае был выявлен предположительно тетраплоидный образец с величиной относительного содержания ДНК 0,84 пг. Для видов рода *Selaginella* характерны вариации в основном хромосомном числе. В большинстве случаев для видов рода приводятся количества хромосом 2n = 18 и 2n = 20. Полученные данные полиморфизма позволяют предположить о возможных вариациях в основном хромосомном числе не только между видами рода, но и между популяциями данных видов растений в зависимости от распространения и эволюции, что связано с древностью данной группы и параллельным развитием различных популяций.

**Таблица 1.** Полиморфизм относительного содержания ДНК *S. borealis*, *S. sanguinolenta*

Вид	Регион сбора	Плоидность	2С, пг	1С, М.п.н.	1Сх, пг
<i>S. borealis</i>	Респ. Тыва	2х	0,64	313,74	0,32
<i>S. borealis</i>	Респ. Тыва	4х	0,84	412,15	0,21
<i>S. sanguinolenta</i>	Респ. Тыва	2х	0,68	334,24	0,34
<i>S. sanguinolenta</i>	Респ. Хакассия	2х	0,62	301,44	0,31
<i>S. sanguinolenta</i>	Красноярский край	2х	0,58	284,76	0,29
<i>S. sanguinolenta</i>	Респ. Тыва	2х	0,51	247,29	0,25
<i>S. borealis</i>	Иркутская обл.	2х	0,51	247,15	0,25
<i>S. borealis</i>	Хабаровский край	2х	0,48	233,01	0,24
<i>S. borealis</i>	Респ. Монголия	2х	0,48	233,01	0,24
<i>S. sanguinolenta</i>	Респ. Монголия	2х	0,50	245,03	0,25
<i>S. borealis</i>	Вост. Саяны	2х	0,47	231,88	0,24
<i>S. sanguinolenta</i>	Бурятия	2х	0,45	221,98	0,23
<i>S. sanguinolenta</i>	Читинская обл.	2х	0,46	226,22	0,23

2С – относительное содержание ДНК; 1С – размер генома; 1Сх – размер моноплоидного генома

## Благодарности

Исследование выполнено в рамках проекта РФФИ (грант № 18-54-53026 ГФЕН\_а).

## References

- Skaptsov, M.V., Smirnov, S.V., Kutsev, M.G., Shmakov A.I. (2016). Problems of a standardization in plant flow cytometry. *Turczaninowia*, 19(3). 120–122. (in Russian) DOI: 10.14258/turczaninowia.19.3.9.
- Jermu, A.C. 1990. Selaginellaceae. In: Kramer, K.U. & Green, P.S. (eds.), The families and genera of vascular plants, 1, Pteridophytes and gymnosperms. Berlin, Heidelberg & New York, Springer: 39–45.
- Kubešová M., Moravcová L., Suda J., Jarošík V., Pyšek P. (2010). Naturalized plants have smaller genomes than their non-invading relatives: a flow cytometric analysis of the Czech alien flora. *Preslia*, 82, 81–96.
- Zhang, X.-C., Kato, M. & Nootboom, H.P. 2013. Selaginellaceae. In: Wu, Z.Y., Raven, P.H. & Hong, D.Y. (eds.), Flora of China, vol. 2–3. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 37–66.

Zhou, X.-M., & Zhang L.-B. (2015). A classification of *Selaginella* (Selaginellaceae) based on molecular (chloroplast and nuclear), macromorphological, and spore features. *Taxon*, 64 (6): 1117–1140. <http://dx.doi.org/10.12705/646.2>.

Tzvelev, N.N. (2004). About the genus *Selaginella* P. Beauv. s. l. (Selaginellaceae) in Russia. *Novosti Sistematiki Vysshikh Rastenii*, 36, 22-27.

---

**Citation:**

Skaptsov, M.V., Smirnov, S.V., Kechaykin, A.A., Kutsev, M.G., Vaganov, A.V., Zhang, X.-C., Shmakov, A.I. (2018). Polymorphism of the relative DNA content of the species *Selaginella borealis* and *Selaginella sanguinolenta*. *Acta Biologica Sibirica*, 4 (4), 116–118.

**Submitted:** 11.09.2018. **Accepted:** 20.10.2018

**crossref** <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v4.i4.4903>



© 2018 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).