НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РУССКОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Проблемы изучения растительного покрова Сибири

Труды VII Международной научной конференции,
посвященной 135-летию Гербария им. П.Н. Крылова
Томского государственного университета
и 170-летию со дня рождения П.Н. Крылова

(Томск, 28–30 сентября 2020 г.)

Томск
Издательство ТГУ
2020

Сколько видов рода *Eranthis* (Ranunculaceae) в Сибири и на Дальнем Востоке России? Интегративный таксономический подход

А.С. Эрст^{1,2}, Е.Ю. Митренина², W. Wang³, М.В. Скапцов⁴, В.А. Костикова^{1,2}

¹ Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия; erst_andrew@yahoo.com, serebryakova-va@yandex.ru

² Томский государственный университет, Томск, Россия; emitrenina@gmail.com

³ Государственная лаборатория систематики и эволюционной ботаники Института ботаники Китайской академии наук, Пекин, Китай; wangwei1127@ibcas.ac.cn

⁴ Южно-Сибирский ботанический сад Алтайского государственного университета, Россия, Барнаул; mr.skaptsov@mail.ru

Аннотация. Для решения проблем систематики и таксономии рода *Eranthis* Сибири и Дальнего Востока был использован интегративный подход, который включает морфометрические, цитогенетические, молекулярно-филогенетические, биохимические методы исследования. Комплекс полученных данных показал неоднородность популяции рода в пределах исследуемой территории. На основе комплекса полученных данных был описан новый вид – *Eranthis tanhoensis*. Дальнейшие исследования позволят изучить гибриды и эволюцию таксонов Сибири и Дальнего Востока России.

Ключевые слова: интегративный подход, систематика, морфологический анализ, биохимический анализ, молекулярно-филогенетический анализ, цитогенетический анализ, размер генома, Ranunculaceae Juss., *Eranthis*.

How many species of *Eranthis* (Ranunculaceae) are there in Siberia and Far East part of Russia? An integrative taxonomic approach

A.S. Erst^{1,2}, E.Yu. Mitrenina², W. Wang³, M.V. Skaptsov⁴, V.A. Kostikova^{1,2}

¹ Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Novosibirsk, Russia; erst_andrew@yahoo.com, serebryakova-va@yandex.ru

² Tomsk State University, Tomsk, Russia; emitrenina@gmail.com

³ State Key Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China; wangwei1127@ibcas.ac.cn

⁴ South-Siberian Botanical Garden, Altai State University, Barnaul, Russia, e-mail: mr.skaptsov@mail.ru

Abstract: For Siberian and Far East *Eranthis* systematics and taxonomy problems solving the integrative approach which includes morphometrical, cytological, molecular-phylogenetical and biochemical methods has been applied. Complex obtained data has showed the genus population heterogeneity within the territory under study. Based on integrative taxonomy the new species – *Eranthis tanhoensis* was described. Our further research will allow study hybrids and evolution of Siberian and Far East taxa.

Key words: integrative approach, taxonomy, morphological analysis, biochemical analysis, molecular phylogenetical analysis, cytogenetic analysis, genome size, Ranunculaceae Juss., *Eranthis*.

В работе применялся интегративный подход, как наиболее эффективный в таксономических исследованиях, который имеет несколько точек доказательства при идентификации таксонов различного уровня. Для решения вопросов систематики и эволюции были проведены морфометрические, цитогенетические, молекулярно-филогенетические и биохимические исследования (Erst et al. 2020).

Морфологический анализ показал, что популяции *Eranthis sibirica* s.l. не однородны в пределах ареала. Исследование 41 морфологической характеристики (качественные и количественные признаки) показало, что этот таксон представлен 2 таксонами (*E. sibirica* s.str., *E. aff. sibirica*, который впоследствии был описан как новый вид *E. tanhoensis* Erst (Erst et al., 2020). Кроме того, в анализ был вовлечен близкородственный вид – *E. stellata*. Базальные и стеблевые листья в роде *Eranthis* претерпевают изменения в фазах цветения и плодоношения. По этой причине длина всех листьев, их сегментов и долей сегментов измеряется в разное время. По направлениям векторов, определяющих градиенты изменения признаков, *Eranthis sibirica* отличается от *E. tanhoensis* более низким значением числа зубцов сегментов стеблевых листьев, шириной стеблевого листа (цветение), числа долей в сегментах стеблевого листа (цветение) и числом лепестков и более высокой значимостью максимального рассечения сегментов базального листа (во время цветения) и числа зубцов сегментов стеблевых листьев (плодоношение), шириной сегментов стеблевых листьев (плодоношение), длиной сегментов стеблевых листьев и их числом, но в большей степени виды отличаются по длине листовок и стилодиев (плодоношение). *Eranthis sibirica* отличается от *E. stellata* более высокими показателями длины стеблевого листа (во время цветения), длины и ширины чашелистиков и длины лепестков, максимальным рассечением сегментов базальных листьев и числом зубчиков на сегментах базальных листьев (плодоношение). Три числовые морфологические характеристики – число зубчиков на

сегментах базальных листьев, ширина базальных и стеблевых листьев надежно отличают новый вид во время плодоношения. Помимо числовых параметров новый вид также отличается качественными характеристиками лепестков, листьев и нектарников.

Молекулярно-филогенетический анализ на популяционном уровне позволил описать новый для науки вид – *Eranthis tanhoensis* Erst. Байесовский и Maximum Likelihood анализы комбинированного набора данных нуклеотидных последовательностей ДНК позволили получить очень согласованные топологии видов в филограммах. Новый вид *Eranthis tanhoensis* и *E. sibirica* образовали кладу, родственную *Eranthis pinnatifida*. Монофилия каждого из видов (*E. tanhoensis*, *E. sibirica* и *E. stellata*) была высоко поддержана (Erst et al., 2020).

При **изучении кариотипов** трех близких видов *E. stellata*, *E. sibirica* и *E. tanhoensis* установлено их различие по числовым и морфологическим параметрам хромосом. Для изученных популяций *E. stellata* характерно основное число хромосом $x = 8$ и диплоидный цитотип с пятью парами равноплечих (метацентрических) и тремя парами неравноплечих хромосом, тогда как для 13 изученных нами популяций *E. sibirica* и *E. tanhoensis* основное число хромосом $x = 7$. Для *E. sibirica* характерны тетра- и гексаплоидные цитотипы, а *E. tanhoensis* является диплоидным видом. По кариоморфологическим параметрам *E. sibirica* и *E. tanhoensis* схожи, различаясь степенью пloidности, но они четко отличаются от *E. stellata*.

Относительное содержание ДНК в ядре (C-value) у представителей из разных популяций *Eranthis stellata*, *E. sibirica* и *E. tanhoensis* было исследовано у более 70 образцов из 15 популяций. Среднее значение относительного содержания ДНК гексаплоидных образцов *Eranthis sibirica* составляет $2C = 55,33 \pm 0,52$ пг, тетраплоидных $2C = 38,19 \pm 0,28$ пг. Для *Eranthis tanhoensis* среднее содержание ДНК составило $2C = 25,02 \pm 0,28$ пг. Среднее содержание ДНК *Eranthis stellata* $2C = 31,47 \pm 0,46$ пг. Значения уровня $1Cx$ образцов *Eranthis sibirica* близки и составляют в среднем для тетраплоидов $1Cx = 9,55 \pm 0,14$ пг, гексаплоидов $1Cx = 9,25 \pm 0,20$ пг, тогда как для *Eranthis tanhoensis* уровень $1Cx = 12,49 \pm 0,16$ пг. Для *Eranthis stellata* $1Cx = 15,77 \pm 0,20$ пг. Согласно данным проточной цитометрии, вариации уровней $1Cx$ между диплоидными образцами *Eranthis tanhoensis*, гексаплоидами и тетраплоидами *Eranthis sibirica* соответствуют теории даунсайзинга генома, характерного при полиплоидизации цветковых растений (Leitch, Bennett, 2004).

Анализ фенольных соединений исследуемых видов методом главных компонент показал, что они различаются. Выявлены специфичные вещества, по которым можно отличить исследуемые таксоны. Маркерными соединениями для исследуемых видов рода *Eranthis* являются флавоны, оксикоричные и оксibenзойные кислоты. Также анализ показал, что наиболее близки по вторичному метаболизму виды *E. sibirica* и *E. tanhoensis*, в то время как *E. stellata* хорошо отличается от каждого из них. По составу фенольных соединений растения, собранные в фазе цветения, не отличаются от растений, собранных в фазе плодоношения.

В результате комплексного исследования выяснено, что на территории Сибири и Дальнего Востока России встречаются три вида *Eranthis* – *E. stellata*, *E. sibirica* и недавно описанный *E. tanhoensis*. Помимо этого, по предварительным данным, встречаются гибриды, исследованию которых будет посвящена отдельная статья.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-74-10082).

ЛИТЕРАТУРА

Erst A.S. et al. An integrative taxonomic approach reveals a new species of *Eranthis* (Ranunculaceae) in North Asia // *PhytoKeys*. 2020. Vol. 140. P. 75–100.