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

Цитогенетический подход в исследовании Ranunculaceae

Е.Ю. Митренина¹, А.С. Эрст^{1, 2}

¹ Томский государственный университет, Томск, Россия; emitrenina@gmail.com

² Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия; erst_andrew@yahoo.com

Аннотация. Исследование хромосом растений имеет примерно 140-летнюю историю. Несмотря на широкое применение молекулярно-генетических методов, цитогенетический подход не потерял свою актуальность для решения ряда вопросов систематики и филогении. В настоящее время сравнительный анализ кариотипов успешно применяется в рамках интегративного подхода в комплексе с морфологическим, молекулярно-генетическим, фитохимическим и другими методами для изучения растений разных групп, в том числе сем. Ranunculaceae Juss.

Ключевые слова: Интегративный подход, кариотип, лютиковые, систематика, филогения, хромосомный анализ, Ranunculaceae Juss.

A cytogenetic approach to the study of Ranunculaceae

Е.Yu. Mitrenina¹, A.S. Erst^{1, 2}

¹ Tomsk State University, Russia, Tomsk; emitrenina@gmail.com

² Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Russia, Novosibirsk; erst_andrew@yahoo.com

Abstract. Plant chromosomes investigation has an about 140 years-old history. A cytogenetic approach keeps being relevant to the systematics and phylogeny problem solving, although the molecular genetic methods are widely used. The comparative karyotype analysis as a part of the integrative taxonomic approach is used successfully along with morphological, molecular genetic, phytochemical, and other methods to study plants of different taxonomic groups, including fam. Ranunculaceae Juss.

Key words: chromosome analysis, integrative taxonomic approach, karyotype, phylogeny, Ranunculaceae Juss., systematics.

Хромосомный анализ широко используется в исследованиях по систематике и эволюции растений (Guerra, 2008; Peruzzi et al., 2017). Один из его аспектов – это описание кариотипа, или хромосомного набора, основными характеристиками которого являются число, размеры, морфология хромосом, а также особенности их структурно-функциональной организации, выявляемые при помощи различных методов дифференциального окрашивания и флуоресцентной гибридизации *in situ* (Бадаева, Салина, 2013). Еще в ранних цитологических работах было установлено, что разные виды растений различаются по параметрам кариотипа, то есть процесс эволюции сопряжен с их изменением (Грант, 1984; Levin, 2002). Впоследствии было выявлено, что может наблюдаться внутривидовой полиморфизм кариотипа по числу, морфологии и другим параметрам хромосом. Несмотря на это, кариотип является значимым видовым признаком.

Семейство Ranunculaceae Juss. включает 62 рода и 2 525 видов цветковых растений, большинство из которых распространены в Северном полушарии. Оно считается монофилетичной группой, состоящей из 5 подсемейств (*Glaucidoideae* Loconte, *Hydrastidoideae* Martynov, *Coptoideae* Tamura, *Thalictroideae* Rafinesque и *Ranunculoideae* Arnott). К крупнейшим родам относятся: *Ranunculus* L. (~600 видов), *Delphinium* L. (~365 видов), *Thalictrum* L. (~330 видов), *Clematis* L. (~325 видов) и *Aconitum* L. (~300 видов) (Tamura, 1995). Семейство Ranunculaceae недостаточно изучено в цитогенетическом отношении. Согласно данным, представленным в наиболее крупной базе по числам хромосом у растений – Chromosome Counts Database (CCDB) – диплоидные и гаплоидные числа хромосом определены примерно для половины видов семейства (Rice et al., 2015). Кариотипы описаны для ряда видов р. *Aconitum* (Okada, 1991; Hong et al., 2016), р. *Anemone* L. (Стародубцев, 1991; Mlinarec et al., 2012), р. *Eranthis* Salisb. (Gomurgen, 1997; Митренина, Эрст, 2019; Erst et al., 2020), р. *Hepatica* Mill. (Weiss-Schneeweiss et al., 2007), р. *Ranunculus* (Baltisberger, Hörandl, 2016), р. *Trollius* L. (Doroszevska, 1967; Yuan, Yang, 2006; Митренина и др., 2020) и некоторых других.

Наиболее характерными базовыми числами хромосом для представителей сем. Ranunculaceae являются $x = 7$ и $x = 8$, причем в пределах одного рода могут встречаться виды с обоими базовыми числами. В семействе имеются как диплоидные, так и полиплоидные виды. Для некоторых видов характерно наличие особей с цитотипами разной пloidности. Известны виды с неканоническими числами хромосом. Например, у *Anemone nemorosa* L. $2n = 30$, а у *Aconitum ferox* Wall. $2n = 34$ (Rice et al., 2015). Langlet (1932) установил, что хромосомные наборы Ranunculaceae можно разделить на две группы по размеру и морфологии, которые он назвал *Ranunculus*-тип (R-тип) и *Thalictrum*-тип (T-тип). Эти особенности в дальнейшем использовал Tamura (1995) при классификации семейства. К первой группе относятся кариотипы, состоящие преимущественно из крупных, изогнутых хромосом, ко

второй – из мелких, имеющих бобовидную форму. Помимо одноименных родов, первому типу соответствуют хромосомы *Eranthis*, *Halerpestes* Greene, *Trollius* и других. Второму – родов *Aquilegia* L., *Paraquilegia* J.R.Drumm. & Hutch. и других. Очевидно, что первая группа более пригодна для всестороннего цитогенетического анализа. Хотя современные подходы к исследованию позволяют успешно работать и с хромосомами малых размеров (Муравенко, Зеленин, 2009).

В настоящее время цитогенетические методы исследования растений целесообразно использовать в рамках комплексного (интегративного) подхода наряду с морфологическим, молекулярно-генетическим, фитохимическим и другими методами (Mlinarec et al., 2012; Mráz et al., 2019). Применение этого подхода позволило описать новый вид весенников – *Eranthis tanhoensis* Erst в Прибайкалье, морфологически близкий *Eranthis sibirica* DC. и имеющий с ним смежный ареал (Erst et al., 2020). На хромосомном уровне для этих видов была показана разная плоидность, некоторые различия по морфологии хромосом, а также разное количество ДНК на одинарный набор хромосом (C-value). Анализ кариотипов восьми других видов *Eranthis* выявил их видоспецифичные особенности и позволил предположить, что хромосомная эволюция внутри данного рода происходила в первую очередь за счет инверсий, транслокаций и полиплоидизации (Митренина, Эрст, 2019; неопубликованные данные). Таким образом, цитогенетический подход в исследованиях растений, имеющий примерно 140-летнюю историю, не потерял свою актуальность в настоящее время.

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

ЛИТЕРАТУРА

- Бадаева Е.Д., Салина Е.А. Структура генома и хромосомный анализ растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17, № 4/2. С 1017–1043.
- Грант В. Видообразование у растений. М. : Мир, 1984. 528 с.
- Митренина Е.Ю., Эрст А.С. Кариосистематическое изучение рода *Eranthis* Salisb. (Ranunculaceae) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2019. Т. 1, № 18. С. 145–149.
- Митренина Е.Ю. и др. Кариотипы и содержание ДНК в ядре у некоторых видов *Trollius* L. и *Hegemone* Bunge ex Ledeb. (Ranunculaceae) Азиатской России и Китая // Turczaninowia. 2020. Т. 23, № 1. С. 90–98
- Муравенко О.В., Зеленин А.В. Исследование хромосомной организации геномов мелкохромосомных растений // Генетика. 2009. Т. 45, № 11. С. 1516–1529.
- Стародубцев В.Н. Ветреницы: систематика и эволюция. Л. : Наука, 1991. 200 с.
- Baltisberger M., Hörandl E. Karyotype evolution supports the molecular phylogeny in the genus *Ranunculus* (Ranunculaceae) // Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 2016. Vol. 18. P. 1–14.
- Doroszewska A. Chromosomes of some *Trollius* species // Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 1967. Vol. 36, Iss. 3. P. 567–577.
- 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.
- Gömürgen A.N. Chromosome numbers and karyotype analysis of *Eranthis hyemalis* (L.) Salisb. // Tsekos I., Moustakas M. (eds). Progress in Botanical Research. Dordrecht: Springer, 1998. P. 489–492.
- Guerra M. Chromosome numbers in plant cytotaxonomy: concepts and implications // Cytogenetic and Genome Research. 2008. Vol. 120. P. 339–350.
- Hong Y. et al. Karyology of *Aconitum* subgenus *Lycotconum* (Ranunculaceae) from China, with a report of the new base chromosome number $x = 6$ in the genus *Aconitum* // Nordic Journal of Botany. 2016. Vol. 34. P. 441–454.
- Langlet O. Über chromosomenverhältnisse und systematik der Ranunculaceae // Svensk Botanisk Tidskrift. 1932. Vol. 26. P. 381–400.
- Levin D.A. The role of chromosomal change in plant evolution. Oxford University Press Inc., 2002. 230 p.
- Mlinarec J. et al. Cytogenetic and phylogenetic studies of diploid and polyploid members of Tribe *Anemoninae* (Ranunculaceae) // Plant Biology. 2012. Vol. 14. P. 525–536.
- Mráz P. et al. An unexpected new diploid *Hieracium* from Europe: Integrative taxonomic approach with a phylogeny of diploid *Hieracium* taxa // Taxon. 2019. Vol. 68, Iss. 6. P. 1258–1277.
- Okada H. Correspondence of Giemsa C-band with DAPI/CMA fluorochrome staining pattern in *Aconitum sanyoense* (Ranunculaceae) // Cytologia. 1991. Vol. 56. P. 135–141.
- Peruzzi L. et al. Chromosome diversity and evolution in *Allium* (Allioideae, Amaryllidaceae) // Plant Biosystems. 2017. Vol. 151, Iss. 2. P. 212–220.
- Rice A. et al. The Chromosome Counts Database (CCDB) – a community resource of plant chromosome numbers // The New Phytologist. 2015. Vol. 206, Iss. 1. P. 19–26.
- Tamura M. Angiospermae. Ordnung Ranunculales. Fam. Ranunculaceae. Systematic Part. II // Natürliche Pflanzenfamilien, second Hiepkö P. (ed.). Berlin : Duncker and Humblot, 1995. Vol. 17a, IV. P. 223–519.
- Weiss-Schneeweiss H. et al. Chromosomal stasis in diploids contrasts with genome restructuring in auto- and allopolyploid taxa of *Hepatica* (Ranunculaceae) // New Phytologist. 2007. Vol. 174. P. 669–682.
- Yuan Q., Yang Q.E. Tribal relationships of *Beesia*, *Eranthis* and seven other genera of Ranunculaceae: Evidence from cytological characters // Botanical Journal of the Linnean Society. 2006. Vol. 150, Iss. 3. P. 267–289.