

## Новые данные о хромосомных числах водных растений Якутии

### New data on chromosome numbers of aquatic of Yakutia

Виноградова Ю. С., Конотоп Н. К., Чемерис Е. В.

Vinogradova J. S., Konotop N. K., Chemeris E. V.

Институт биологии внутренних вод им И. Д. Папанина РАН, Борок, Россия. E-mail: ylia.vinogradova1997@yandex.ru  
Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia

**Реферат.** Приводятся числа хромосом ( $2n$ ) для 6 видов водных и прибрежно-водных растений из 11 местонахождений: *Callitriche hermaphroditica*  $2n = 6$ , *Hippuris vulgaris*  $2n = 32$ , *Potamogeton berchtoldii*  $2n = 26$ , *Ranunculus subrigidus*  $2n = 16$ , *R. trichophyllus*  $2n = 32$ , *Sagittaria natans*  $2n = 22$ . Для подсчёта использовался как фиксированный в полевых условиях материал, так и проростки, полученные в лабораторных условиях из семян (виды *Ranunculus*, секция *Batrachium*). Определено оптимальное время фиксации проростков *Ranunculus* spp. для подсчёта числа хромосом: 9–10 часов утра. Впервые для Якутии посчитаны числа хромосом для *Potamogeton berchtoldii* и *Sagittaria natans*.

**Ключевые слова.** Дальний Восток, прибрежно-водные растения, Россия, *Callitriche hermaphroditica*, *Hippuris vulgaris*, *Potamogeton berchtoldii*, *Ranunculus subrigidus*, *Ranunculus trichophyllus*, *Sagittaria natans*.

**Summary.** Chromosome count data ( $2n$ ) for 6 species of aquatic and semi-aquatic species from 11 localities are given: *Callitriche hermaphroditica*  $2n = 6$ , *Hippuris vulgaris*  $2n = 32$ , *Potamogeton berchtoldii*  $2n = 26$ , *Ranunculus subrigidus*  $2n = 16$ , *R. trichophyllus*  $2n = 32$ , *Sagittaria natans*  $2n = 22$ . For counting, both materials fixed in the field and seedlings grown in laboratory conditions (species of *Ranunculus*, section *Batrachium*) were used. The optimal fixation time for seedlings of *Ranunculus* spp. for counting the number of chromosomes is 9–10 a.m. The numbers of chromosomes for *Potamogeton berchtoldii* and *Sagittaria natans* were found for the first time in Yakutia.

**Key words.** Far East, Russia, semi-aquatic plants, *Callitriche hermaphroditica*, *Hippuris vulgaris*, *Potamogeton berchtoldii*, *Ranunculus subrigidus*, *Ranunculus trichophyllus*, *Sagittaria natans*.

**Введение.** Республика Саха (Якутия) – самый крупный регион России, занимает площадь 3103,2 тыс. км<sup>2</sup> (Андреев и др., 1987). Северное расположение и антициклоны определяют резко континентальный климат с низкими температурами зимой и высокими летом, малой облачностью и малым среднегодовым количеством осадков. Якутия находится в зоне многолетней мерзлоты, на большей части территории она имеет мощность от 20 м до 500–700 м (Кузнецова и др., 2010). Разнообразные природные условия приводят к развитию неоднородного растительного покрова в разных природных зонах — от арктических пустынь до средней тайги. На территории региона насчитывается свыше 700 тыс. озёр и протекает более 700 тыс. рек, в том числе одна из самых крупных рек России – Лена (Кузнецова и др., 2010). Флора Якутии исследуется достаточно давно, начиная с XVIII в. (Андреев и др., 1987), но активное изучение водных и прибрежно-водных растений началось с 2012 г. (Филиппова, 2012) и продолжается до сих пор (Бобров, Мочалова, 2014; Определитель высших ..., 2020 и др.).

Некоторые аспекты изучения водных растений остаются без внимания. Так, весьма немногочисленны данные о числах хромосом водных и прибрежно-водных видов. Знание о цитотипах позволяет судить о филогенетических отношениях между видами, формулировать гипотезы происхождения и путей эволюции различных таксонов (Пробатова, 2007). Числа хромосом для вида могут быть постоянными или варьировать в зависимости от различных факторов: географическое положение, условия среды, гибридизация и др. (Hroudova et al., 1996; Пробатова, 2007 и др.). Известно о возникновении полиплоидов среди растений, обитающих в экстремальных условиях, например, в зоне многолетней мерзлоты и высотной поясности (Андриянова, Мочалова, 2021).

Первые кариологические исследования растений в Якутии проводились А. П. Соколовской и О. С. Стрелковой (1960), были получены данные для *Caltha arctica*, *Ranunculus hyperboreus*, *R. pallasii*, собранных в бухте Тикси. В 1973–1975 гг. П. Г. Жуковой, А. А. Коробковым, А. Д. Тихоновым и др.

(1977) изучались числа хромосом растений, собранных в окр. пос. Чокурдах в р. Шандрин и пос. Походск в р. Колыма, получены данные для 11 видов водных и прибрежно-водных растений, кроме 3 перечисленных выше, *Carex aquatilis*, *Comarum palustre*, *Epilobium palustre*, *Hippuris vulgaris*, *Ranunculus gmelinii*, *R. repens*, *R. trichophyllus*, *Rorippa palustris*. В 80–90-х годах XX в. Б. А. Юрцев и Р. Е. Жукова (1982) активно исследовали числа хромосом растений окрестностей пос. Усть-Нера, в том числе 9 водных и прибрежно-водных видов: *Alopecurus aequalis*, *Cicuta virosa*, *Comarum palustre*, *Hippuris vulgaris*, *Menyanthes trifoliata*, *Ranunculus gmelinii*, *R. reptans*, *Rorippa barbareaifolia*, *R. palustris*. Р. Е. Крогулевичем, Т. С. Ростовцевой (1984) получены данные для *Caltha palustris*, *Hippuris vulgaris*, *Ranunculus gmelinii*, *R. mongolicus*, *R. trichophyllus*, *Stuckenia filiformis*, собранных в р. Могды и р. Арга-Сала. Имеются данные о числах хромосом о *R. gmelinii* из бухты Тикси (Агапова и др., 1993). Из недавних публикаций известны хромосомные числа для *Callitriche hermaphroditica* из р. Колыма (Andriyanova, Mochalova, 2016), *Ranunculus subrigidus* из долины р. Биекене, *R. trichophyllus* из Верхневиллюского и Хангаласского р-нов в Центральной Якутии (Andriyanova et al., 2018).

В 2021 г. вышло обобщение по полиплоидии водных и прибрежно-водных сосудистых растений северо-востока Азии (Андриянова, Мочалова, 2021), в котором присутствуют данные о растениях северо-восточной части Якутии. До наших исследований были посчитаны хромосомные числа для 21 вида водных и прибрежно-водных сосудистых растений из 12 районов, расположенных на северо-востоке, севере, западе и в центральной части Якутии.

**Материалы и методы.** Материал собран в ходе полевых работ в Якутии в 2014 г. Е. В. Чемерис (далее ЕЧ), Е. Г. Николиным (ЕН), В. А. Филипповой (ВФ), в 2019 г. Н. П. Тихомировым (НТ) и 2020 г. Н. П. Тихомировым и Н. К. Конотопом (НК).

Подсчёт числа хромосом проводился в меристеме корней по традиционной методике (Абрамова, 1988; Паушева, 1988). В природе собирали молодые корешки около 5 мм длины. Подсчёт чисел хромосом для *Ranunculus* spp. производили в корневой меристеме проростков. Семена после обработки розовым раствором перманганата калия помещали в проращиватель на нетканое полотно на расстоянии друг от друга не менее 5 мм, проращивание осуществляли в режиме 12-ти часового светового дня. Для определения оптимального времени фиксации проростки отбирали каждый час с 9:00 до 12:00. Корни и проростки выдерживали в растворе 0,1 % колхицина 2–4 ч, затем помещали в раствор уксусно-спиртового фиксатора Кларка (1 : 3). Для приготовления давленных препаратов использовали методику рутинной окраски ацетогематоксилином. Отмытые от фиксатора корни помещали в 4 %-й раствор железно-кислых квасцов на 10–20 мин, промывали в воде и погружали в тигель с раствором 50 %-го ацетогематоксилина, доводили до кипения 3–5 раз. Окрашенный кончик корня помещали на предметное стекло в каплю перенасыщенного раствора хлоральгидрата, накрывали покровным стеклом и давили. Подсчёт числа хромосом осуществляли в метафазных пластинках делящихся клеток при помощи микроскопа Olympus BX43 на  $\times 1000$  увеличении. Для работы использовали программы Olympus CellSens Standard и Applied Spectral Imaging (ASI), съёмку проводили с помощью камеры Olympus SC180.

Построение схематической карты места исследований производили в программе MapInfo11.5.

**Результаты и их обсуждение.** Получены числа хромосом ( $2n$ ) для 6 видов водных и прибрежно-водных растений из 11 местообитаний (рис. 1).

Ниже в виде списка приводим перечень видов с указанием этикетки сбора, числом хромосом и уровнем плоидности. Гербарные образцы хранятся в гербарии ИБВВ РАН (IBIW). Виды перечислены в алфавитном порядке.

*Callitriche hermaphroditica* L. – для всех образцов характерен диплоидный набор хромосом  $2n = 6$ :

1) Булунский р-н, о. Тит-Ары, 2,5 км на запад от рыбного участка Тит-Ары, на мелководье в крупных безымянных озёрах, N71.990490°, E127.005330°, 02 VIII 2019. НТ (рис. 2А); 2) там же, Приморский край, 2,5 км на запад от горы Хатыс-Таса, озерцо в истоках ручья, N71.764110°, E128.583950°, 19 VIII 2019. НТ; 3) там же, п-ов Быковский 800 м на запад от лагеря Уомуллах-Кюрёль, группа озерков вдоль р. Ого-Алытын-Юряге, N71.728560°, E129.221830°, 16 VIII 2019. НТ.

Плюризональный голарктический вид, имеются данные как о диплоидном  $2n = 6$  из р. Колыма, Якутия (Andriyanova, Mochalova, 2016), так и о тетраплоидном наборе хромосом  $2n = 12$  с северо-востока Азии (Андриянова, Мочалова, 2021). Наиболее распространен набор хромосом  $2n = 6$  (Ivanova et al., 2021), так же как у изученных нами образцов.

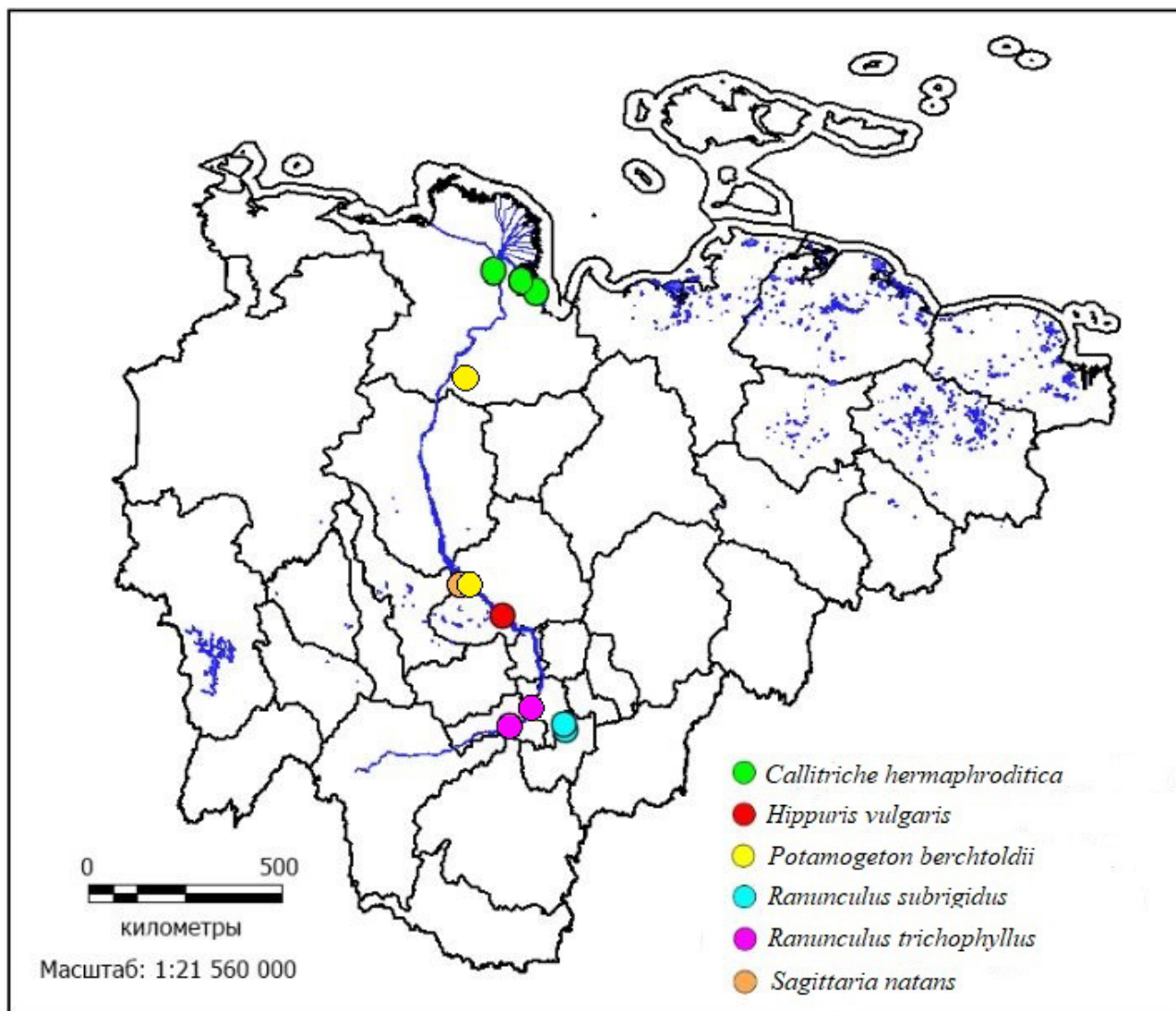


Рис. 1. Картограмма мест сбора растений в Республике Саха (Якутия).

*Hippuris vulgaris* L. – Кобяйский р-н, 16 км на юго-восток от пос. Сангар, сырая тракторная дорога на оз. Кытольтах, N63.86835°, E127.78642°, 05 VII 2020. НТ, НК (рис. 2B), тетраплоидный набор хромосом  $2n = 32$ .

Плюризональный плюрирегиональный вид, известны данные об образцах с набором хромосом 32 из Якутии из р. Шандрин в окр. пос. Чокурдах, р. Колыма в окр. пос. Походск (Жукова и др., 1977) и р. Нера в окр. пос. Усть-Нера (Юрцев, Жукова, 1982), также о гексаплоидном наборе хромосом  $2n = 48$  с северо-востока Азии (Андрянова, Мочалова, 2021). Изученный нами образец имеет тетраплоидный набор хромосом.

*Potamogeton berchtoldii* Fieb. – для всех образцов характерен диплоидный набор хромосом  $2n = 26$ : 1) Вилюйский р-н, 18 км к западу от устья р. Ляпушка, о. Сья-Бёлөгёс, старица на восточном берегу острова, N64.60410°, E125.33389°, 07 VII 2020. НТ, НК (рис. 1C); 2) Булунский р-н, 3,8 км к востоку от устья р. Бысытах, озеро, N69.35890°, E124.80092°, 16 VII 2020. НТ, НК. Впервые произведён подсчёт числа хромосом для Якутии и Дальнего Востока.

Плюризональный голарктический вид. Имеется крайне мало данных о числах хромосом этого вида, для образца из Бурятии так же приводится диплоидный набор хромосом  $2n = 26$  (Kaplan et al., 2013).

*Ranunculus subrigidus* W. B. Drew – для всех образцов установлен диплоидный набор хромосом  $2n = 16$ : 1) Амгинский р-н, 7,5 км к юго-востоку от с. Эмиссы, придорожный водоём, N61.319361°, E131.288139°, 31 VII 2014. ЕЧ, ЕН, ВФ (рис. 2D); 2) там же, 21,5 км к юго-востоку от с. Эмиссы, долина р. Биекене, придорожный водоём, N61.214500°, E131.431056°, 30 VII 2014. ЕЧ, ЕН, ВФ.

Плюризональный азиатско-североамериканский вид, для которого характерен диплоидный набор хромосом, что подтверждается опубликованными данными (Andriyanova et. al., 2018) и нашими материалами.

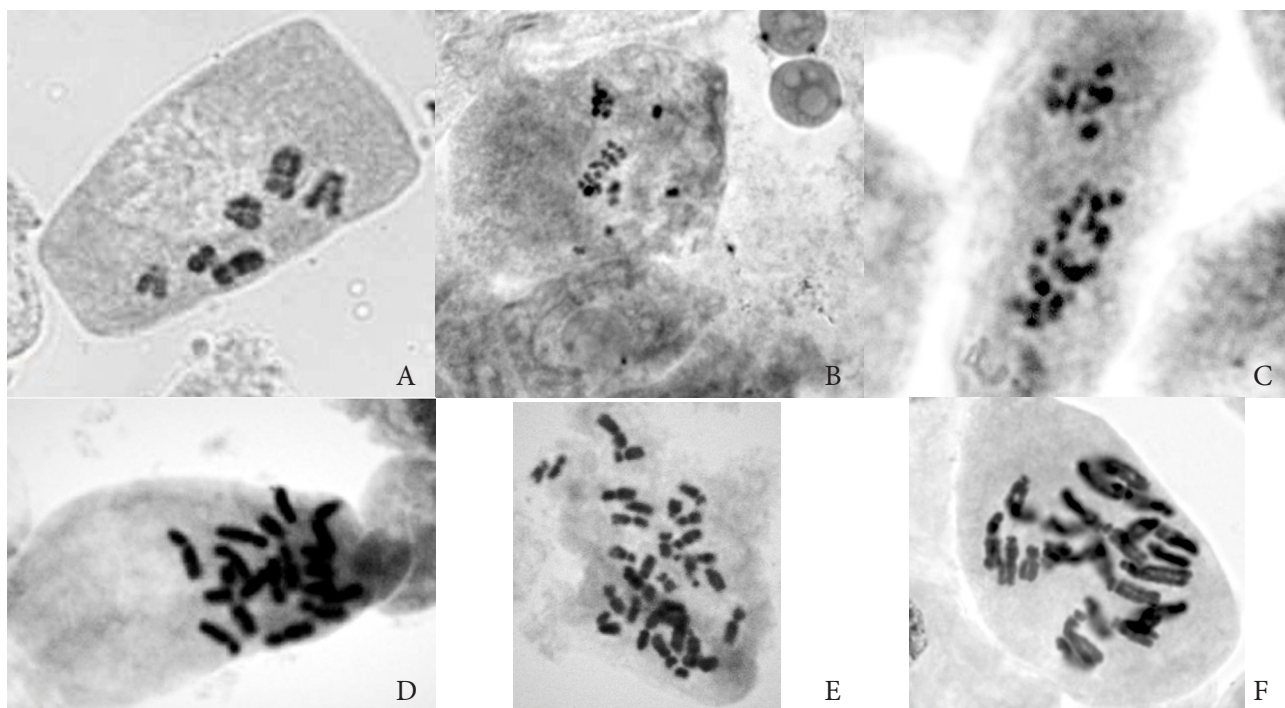


Рис. 2. Метафазные пластинки: А) *Callitriche hermaphroditica*  $2n = 6$  (1, о. Тит-Ары); В) *Hippuris vulgaris*  $2n = 32$ ; С) *Potamogeton bertholdii*  $2n = 26$  (1, о. Сья-Бёлёгёс); D) *Ranunculus subrigidus*  $2n = 16$  (1, с. Эмиссы); E) *Ranunculus trichophyllus*  $2n = 32$  (1, с. Улахан-Ан); F) *Sagittaria natans*  $2n = 22$ .

*Ranunculus trichophyllus* Chaix – для всех образцов характерен тетраплоидный набор хромосом  $2n = 32$ : 1) Хангаласский р-н, окр. с. Улахан-Ан, низовье руч. Улахан-Ан-Юрях, русло, N61.294194°, E128.244083°, 22 VII 2014. ЕЧ, ЕН (рис. 2Е); 2) там же, 2 км к северо-востоку от с. Тяхтур, мочажина в понижении в 200 м к северу от старого пойменного озера, N61.725694°, E129.505361°, 21 VII 2014. ЕЧ, ЕН.

Плюризональный плюрирегиональный вид. Для Якутии известны образцы с тетраплоидным набором хромосом  $2n = 32$  из окр. пос. Походск (Жукова и др., 1977), р. Могды, Арга-Сала (Крогулевич, Ростовцева, 1984), р. Нюя и малых временных водоёмов (Andriyanova et. al., 2018), что согласуется с нашими данными. По литературным данным (Andriyanova et. al., 2018; Андриянова, Мочалова, 2021), тетраплоидный набор хромосом характерен для этого вида.

*Sagittaria natans* Pall. – Вилюйский р-н, 18 км к западу от устья р. Лямпушка, о. Сья-Бёлёгёс, старица на восточном берегу острова, N64.60410°, E125.33389°, 07 VII 2020. НТ, НК (рис. 2F), диплоидный набор хромосом  $2n = 22$ . Впервые произведён подсчёт числа хромосом для Якутии.

Арктобореальный евразийский вид, для которого характерен диплоидный набор хромосом. Это подтверждается данными из Приморского края (Агапова и др., 1990), северо-востока Азии (Андриянова, Мочалова, 2021) и нашими подсчётами.

В условиях эксперимента по прорастиванию семян видов водяных лютиков (*Ranunculus*, секция *Batrachium*), была отмечена их высокая всхожесть (не менее 70 %). Исследовано 16 образцов пророщенных семян *Ranunculus subrigidus* и *R. trichophyllus*, по 5 семян для каждого образца, зафиксированных в период времени с 9:00 до 12:00. Установлено, что наибольшее число метафазных пластинок наблюдали в образцах, собранных в 9:00 и 10:00. Предполагаем, что фиксацию корней этих видов в природе лучше проводить в такое же время.

**Заключение.** В результате исследования получены новые данные о хромосомных числах 6 видов водных и прибрежно-водных растений, впервые для Якутии посчитаны числа хромосом *Potamogeton bertholdii* и *Sagittaria natans*. Большинство исследованных образцов оказались диплоидами. Экспери-

ментально установлено, что время с 9 до 10 утра оптимально для отбора проб для подсчёта хромосом водяных лютиков. Планируем продолжить исследования водных растений Якутии для получения более полной картины о числах хромосом местных популяций.

**Благодарности.** Исследование выполнено в рамках проекта РНФ № 23-24-00544. Авторы выражают благодарность Тихомирову Никите Петровичу за помощь в сборе материала для исследования.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Абрамова Л. И.** Определение числа хромосом и описание их морфологии в меристеме и пыльцевых зернах культурных растений: Методические указания. – Л., 1988. – 62 с.
- Агапова Н. Д., Архарова К. Б., Вахтина Л. И., Земскова Е. А., Тарвис Л. В.** Числа хромосом цветковых растений флоры СССР. Aceraceae – Menyanthaceae. – Л.: Наука, 1990. – 509 с.
- Агапова Н. Д., Архарова К. Б., Вахтина Л. И., Земскова Е. А., Тарвис Л. В.** Числа хромосом цветковых растений флоры СССР. Moraceae – Zygophyllaceae. – СПб.: Наука, 1993. – 429 с.
- Андреев В. Н., Голаксионов Т. Ф., Перфилова В. И., Щербаков И. П.** Основные особенности растительного покрова Якутской АССР. – Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1987. – 156 с.
- Андрянича Е. А., Мочалова О. А.** Полиплоидия у водных и прибрежно-водных сосудистых растений северо-востока Азии // Труды ИБВВ РАН, 2021. – Вып. 92(95). – С. 63–82.
- Бобров А. А., Мочалова О. А.** Заметки о водных сосудистых растениях Якутии по материалам Якутских гербариев // Новости сист. высш. раст., 2014. – Т. 45. – С. 122–144.
- Жукова П. Г., Коробков А. А., Тихонова А. Д.** Хромосомные числа некоторых видов растений востока арктической Якутии // Бот. журн., 1977. – Т. 62, № 2. – С. 229–234.
- Крогулевич Р. Е., Ростовцева Т. С.** Хромосомные числа цветковых растений Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1984. – 285 с.
- Кузнецова Л. В., Захарова В. И., Сосина Н. К., Егоровая А. А., Софронова Е. В. др.** Флора Якутии: Географический и экологический аспекты. – Новосибирск: Наука, 2010. – 188 с.
- Определитель высших растений Якутии / Якутский научный центр СО РАН [и др.]; отв. ред. Е. Г. Николин.** – М.: Тов-во науч. изд. КМК; Новосибирск: Наука, 2020. – 895 с.
- Паушева З. П.** Практикум по цитологии растений. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
- Пробатова Н. С.** Хромосомные числа в семействе Роасеае и их значение для систематики, филогении и географии (на примере злаков Дальнего Востока России) // Комаровские чтения. – Владивосток, 2007. – Вып. 55. – С. 9–101.
- Соколовская А. П., Стрелкова О. С.** Географическое распространение полиплоидных видов растений в Евразийской Арктике // Бот. журн., 1960. – Т. 45, № 3 – С. 369–381.
- Филиппова В. А.** Изучение фитоценологического разнообразия и особенностей экологии сообществ водной растительности в долинах рек Лена и Амга (Центральная Якутия) // Известия Самарского научного центра РАН, 2012. – Т. 14, № 1(4) – С. 1145–1148.
- Юрцев Б. А., Жукова П. Г.** Хромосомные числа некоторых растений Северо-Восточной Якутии (бассейн среднего течения реки Индигирки) // Бот. журн., 1982. – Т. 67, № 6. – С. 778–787.
- Andriyanova E. A., Mochalova O. A.** IAPT/IOPB chromosome data 21 // Taxon, 2016. – Vol. 65, № 3. – 673 pp.
- Andriyanova E. A., Mochalova O. A., Movergoz E. A., Kapustina N. V., Bobrov A. A.** IAPT/IOPB chromosome data 28 // Taxon, 2018. – Vol. 67, No. 5. – P. 1041–1047.
- Hroudova Z., Krahlucova A., Zakravsky P., Jarolimova V.** The biology of *Butomus utnbellatus* in shallow waters with fluctuating water level // Hydrobiologia, 1996. – Vol. 340. – P. 27–30.
- Ivanova M. O., Volkova P. A., Schanzer I. A., Arutyunyan N. G., Bobrov A. A.** Genetic legacy of ancient lands: *Callitriche* (Plantaginaceae) indicates Beringia and Paratethys Sea as diversification hotspots for aquatic vascular plants in Eurasia // Aquatic Botany, 2021. – Vol. 181. – P. 1–12.
- Kaplan Z., Jarolimova V., Fehrer J.** Revision of chromosome numbers of Potamogetonaceae: a new basis for taxonomic and evolutionary implications // Preslia, 2013. – Vol. 85. – P. 421–482.