

Спорыши (*Polygonum*, Polygonaceae) г. Красноярска и его окрестностей**Knotweeds (*Polygonum*, Polygonaceae) of Krasnoyarsk and its environs**Тупицына Н. Н.¹, Кириллова А. С.², Ямских И. Е.²Tupitsyna N. N.¹, Kirillova A. S.², Yamskikh I. E.²¹ Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева, г. Красноярск, Россия
E-mail: florاناتalka@mail.ru¹ V. P. Astafyev Krasnoyarsk State Pedagogical University, Krasnoyarsk, Russia² Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия. E-mails: alina05.kirillova@yandex.ru; iyamskikh@mail.ru² Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Реферат. В ходе исследования установлены местонахождения 23 популяций 9 видов секции *Polygonum*, произрастающих в г. Красноярске и его окрестностях. Выявлено два новых для флоры г. Красноярска вида – *Polygonum boreale* и *Polygonum caspicum*. Проведен морфологический анализ популяций спорышей по 19 признакам, который выявил высокий уровень внутри- и межпопуляционной изменчивости. Установлено, что к важным диагностическим признакам, позволяющим идентифицировать виды, относятся: наличие главного побега, форма листа, индекс гетерофиллии, демонстрирующий степень разнолистности, индекс расчленения околоцветника, размер плода и длина выступающей из околоцветника верхушки плода. Ординация особей видов в плоскости главных компонент демонстрирует разделение на две группы. К первой относятся виды с хорошо выраженным главным побегом, крупными размерами околоцветника и плода (*P. aviculare*, *P. boreale*, *P. neglectum* и *P. propinquum*); ко второй – без хорошо выраженного главного побега с более мелкими размерами околоцветника и плода (*P. arenastrum*, *P. sabulosum*, *P. calcatum* и *P. caspicum*). Популяция *P. rectum* занимает промежуточное положение между изучаемыми видами.

Ключевые слова. Местонахождения видов, морфологическое разнообразие, популяционный анализ, PCA, *Polygonum*.

Summary. In the course of the study, 23 populations of 9 species of *Polygonum* section growing in Krasnoyarsk and its vicinity were found. Two species new to the flora of Krasnoyarsk were identified – *Polygonum boreale* and *Polygonum caspicum*. Morphological analysis of *Polygonum* populations was carried out for 19 characteristics, which revealed a high level of intra- and interpopulation variability. It was revealed that important diagnostic traits allowing to identify species include: presence of the main shoot, leaf shape, heterophyllia index showing the diversity of leaves, index of perianth dissection and the length of the tip of the fruit, which protrudes from the perianth. The ordination of individuals of species in the plane of the main components demonstrates the division into two groups. The first includes species with a well-defined main shoot, large perianth (*P. aviculare*, *P. boreale*, *P. neglectum*, *P. propinquum*); the second – without a well-defined main shoot with smaller perianth (*P. arenastrum*, *P. sabulosum*, *P. calcatum*, *P. caspicum*). The population *P. rectum* occupies an intermediate position between the studied species.

Key words. Morphological diversity, population analysis, PCA, *Polygonum*, species locations.

Виды рода *Polygonum* L. (спорыш) благодаря особенностям биологии – самоопылению (Ворошилов, 1954; Юрцева, 1998), межвидовой гибридизации, подтвержденной экспериментально для ряда видов (Войлокова и др., 2006, 2009; Юрцева и др., 2007 и др.), фенологической и экологической пластичности достигли чрезвычайного полиморфизма и статуса сложной в таксономическом отношении группы. Трудностям в определении способствует и присущая роду *Polygonum* гетерокарпия (Янишевский, 1927; Никитина, 1965; Юрцева и др., 1999), а также мелкие размеры органов, признаки которых используются как диагностические. Многие авторы затрудняются в разграничении «мелких» видов и предпочитают относить их к *Polygonum aviculare* s. l. Для решения вопросов систематики видов р. *Polygonum* требуется проведение морфологического анализа на популяционном уровне.

Цель данной работы – установление местообитаний популяций видов *Polygonum* в г. Красноярске и его окрестностях и их морфологический анализ.

В таблице 1 приведены местонахождения популяций, собранных в 2022–2023 гг. Данные исследования позволили выявить для флоры Красноярска (Антипова С. В., Антипова Е. М., 2016) два новых вида – *Polygonum boreale* (Lange) Small и *Polygonum caspicum* Kom. Сборы хранятся в Гербарии Сибирского федерального университета (KRSU).

Таблица 1

Местонахождения популяций видов секции *Polygonum*

Название вида, название популяций	Местонахождение, автор сбора
<i>Polygonum arenastrum</i> Boreau PAR 1-4	г. Красноярск, Центральный р-н, ул. Красной Армии, д. 20. 56°00'48.6" с. ш. 92°50'59.7" в. д. 20 VII 2022. Н. Н. Тупицына; г. Красноярск, Центральный р-н, ул. Красной Армии, д. 15. 56°00'47.8" с. ш. 92°50'48.5" в. д. 20 VII 2022 Н. Н. Тупицына; г. Красноярск, Октябрьский р-н, проспект Свободный, 82 стр.12. Обочина дороги. 56°00'19.8" с. ш. 92°45'57.3" в. д. 9 VIII 2023. Н. Н. Тупицына, И. Е. Ямских; Емельяновский р-н, д. Вечерницы, ул. Ангарская 26. Гравийная дорожка. 56°20'13.6" с. ш. 92°31'49.4" в. д. 16 VII 2023. И. Е. Ямских
<i>Polygonum aviculare</i> L. PA 1-2	г. Красноярск, Октябрьский р-н, Академгородок, 25. Вдоль дороги. 55°59'45.6" с. ш. 92°45'55.9" в. д. 20 VII 2022. Н. Н. Тупицына; г. Красноярск, Железнодорожный р-н, ул. Куйбышева, д. 85. У дороги. 56°01'12.7" с. ш. 92°49'40.4" в. д. 20 VII 2022. Н. Н. Тупицына
<i>Polygonum boreale</i> (Lange) Small PB 1-2	г. Красноярск, Октябрьский р-н, Академгородок, 25. Вдоль дороги. 55°59'45.6" с. ш. 92°45'55.9" в. д. 20 VII 2022. Н. Н. Тупицына; г. Красноярск, Центральный р-н, ул. Красной Армии, д. 20. 56°00'48.6" с. ш. 92°50'59.7" в. д. 20 VII 2022. Н. Н. Тупицына.
<i>Polygonum calcatum</i> Lindm. PC 1-4	г. Красноярск, Железнодорожный р-н, ул. Дорожная, 6Б. Гараж 51. На брусчатке. 56°01'38.5" с. ш. 92°49'42.7" в. д. 20 VII 2022. Н.Н. Тупицына; г. Красноярск, Центральный р-н, ул. Красной Армии, д. 20. 56°00'48.6" с. ш. 92°50'59.7" в. д. 20 VII 2022. Н. Н. Тупицына; г. Красноярск, Свердловский р-н о. Отдыха. У дороги. 55°99'50.53" с.ш. 92°87'08.23" в.д. 9.VIII.2023. Н. Н. Тупицына, И. Е. Ямских; Емельяновский р-н, д. Вечерницы, ул. Ангарская 26. Гравийная дорожка. 56°20'13.6" с. ш. 92°31'49.4" в. д. 10 VIII 2023. И. Е. Ямских.
<i>Polygonum caspicum</i> Kom. PCS 1-3	г. Красноярск, Железнодорожный р-н, ул. Куйбышева, д. 85. У дороги. 56°01'12.7" с. ш. 92°49'40.4" в. д.20 VII 2022. Н. Н. Тупицына; г. Красноярск, Октябрьский р-н Свободный пр., 76а. Газон. 56°00'25.4" с.ш. 92°46'03.8" в.д. 9 VIII 2023. Н. Н. Тупицына, И. Е. Ямских; Емельяновский р-н, д. Вечерницы, ул. Ангарская 26. Гравийная дорожка. 56°20'13.6" с. ш. 92°31'49.4" в. д. 10 VII 2023. И. Е. Ямских.
<i>Polygonum neglectum</i> Besser PN 1-5	г. Красноярск, Октябрьский р-н, Академгородок, 25. Вдоль дороги. 55°59'45.6" с. ш. 92°45'55.9" в. д. 20 VII 2022. Н. Н. Тупицына; г. Красноярск, Железнодорожный р-н, ул. Куйбышева, д. 85. У дороги. 56°01'12.7" с. ш. 92°49'40.4" в. д. 20 VII 2022. Н. Н. Тупицына; г. Красноярск, Свердловский р-н, о. Отдыха. У дамбы. 55°59'29.0" с. ш. 92°51'19.7" в. д. 9 VIII 2023. Н. Н. Тупицына, И. Е. Ямских; г. Красноярск, Свердловский р-н, о. Отдыха. Под мостом, берег Енисея. 55°59'49.6" с. ш. 92°52'39.9" в. д. 9 VIII 2023. Н. Н. Тупицына, И. Е. Ямских; Емельяновский р-н, д. Вечерницы, ул. Ангарская 26. Гравийная дорожка. 56°20'13.6" с. ш. 92°31'49.4" в. д. 10 VIII 2023. И. Е. Ямских.
<i>Polygonum propinquum</i> Ledeb. PP 1	г. Красноярск, Октябрьский р-н, пр. Свободный, 82, стр. 12. Каменистая насыпь. 56°00'19.8" с. ш. 92°45'57.3" в. д. 4 IX 2023. Н. Н. Тупицына, И. Е. Ямских.
<i>Polygonum rectum</i> (Chrtek) Scholz PR 1-2	г. Красноярск, Железнодорожный р-н, ул. Куйбышева, д. 85. У дороги. 56°01'12.7" с. ш. 92°49'40.4" в. д. 20 VII 2022. Н. Н. Тупицына; г. Красноярск, Свердловский р-н, о. Отдыха. У дамбы. 55°59'29.0" с. ш. 92°51'19.7" в. д. 9 VIII 2023. Н. Н. Тупицына, И. Е. Ямских.
<i>Polygonum sabulosum</i> Vorosch. PS 1-2	г. Красноярск, Железнодорожный р-н, ул. Дорожная, 6Б. Гараж 50. Вдоль дороги. 56°01'38.6" с. ш. 92°49'42.5" в. д.20 VII 2022. Н. Н. Тупицына; г. Красноярск, Железнодорожный р-н, ул. Декабристов, 36 56°00'46.0" с. ш. 92°50'46.7" в. д. 5 VIII 2023. Н. Н. Тупицына.

В ходе исследований проведен морфологический анализ 23 популяций спорышей. В анализе использовались признаки, приводимые в качестве диагностических в работах Н. Н. Цвелева (1989, 1996), Н. Н. Тупицыной (1992), О. В. Юрцевой с соавторами (2006, 2007). Полученные данные обработаны в программе R-Studio. Для сравнения среднепопуляционных значений признаков использовался тест Тьюки. Для выявления комплекса ключевых диагностических показателей был использован метод главных компонент (Principal component analysis, PCA).

На первом этапе исследований нами была проанализирована внутривидовая изменчивость видов р. *Polygonum*. Выявлена высокая вариабельность таких признаков, как высота и число узлов преобладающего побега, длина выступающей из околоцветника верхушки плода, длина и ширина листа, индекс гетерофиллии. Важными с точки зрения таксономии можно считать признаки, характеризующиеся средним и низким уровнями вариабельности: наличие главного побега, длина долей околоцветника, индекс расчленения околоцветника, размеры плода.

Следует отметить, что при анализе межпопуляционной изменчивости в пределах видов выявлено, что изучаемые популяции демонстрируют высокую вариабельность по таким параметрам, как размеры вегетативных органов, индекс гетерофиллии, что во многом зависит от условий произрастания. Например, крупные размеры вегетативных и генеративных органов отмечены для популяций разных видов, произрастающих в окр. г. Красноярск в д. Вечерницы, где наблюдается минимальная антропогенная нагрузка. Для дальнейшего сравнительного морфологического анализа близкородственных видов были отобраны наиболее типичные популяции, соответствующие параметрам, приводимым другими исследователями.

Было выявлено, что к видам с наибольшими размерами листа относятся *P. arenastrum* Boreau, *P. aviculare* L., *P. boreale*, в то время как лист *P. calcatum* Lindm., *P. caspicum*, *P. propinquum* Ledeb. – имеет меньшие размеры (рис. 1).

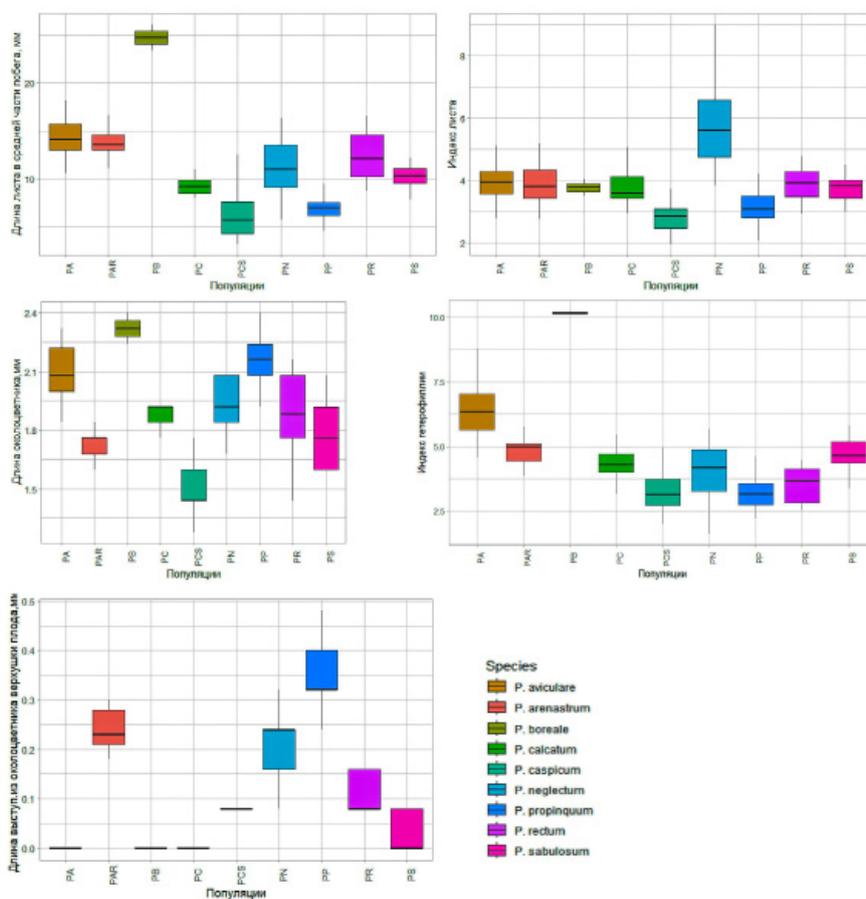


Рис. 1. Боксплоты распределений изучаемых вегетативных и генеративных признаков видов р. *Polygonum*. Центральная линия – медианное значение признака. Границы «ящика» – Q1–Q3 интервалы. «Усы» демонстрируют 0,975 процентиль (верхний) и 0,025 процентиль (нижний). Точки – статистические выбросы.

Для *P. neglectum* Besser отмечен узкий лист ланцетовидной формы. Наибольшие значения индекса гетерофиллии (соотношение длины листа к длине брактей) характерны для *P. boreale* (10,2) и *P. aviculare* (6,4). Для оставшихся популяций данный параметр находится в пределах 3,2–5,1. Индекс расчленения околоцветника позволяет выделить 2 группы среди анализируемых видов: околоцветник расчленен ровно наполовину (*P. arenastrum*, *P. calcatum*, *P. caspicum*, *P. sabulosum* Vorosch.), околоцветник расчленен более чем наполовину (*P. aviculare*, *P. propinquum*, *P. neglectum*, *P. rectum* (Chrtek) Scholz, *P. oreale*). При анализе размеров плода выявлено, что у особей популяций *P. aviculare*, *P. boreale* они более крупные, в то время как для популяций *P. sabulosum*, *P. caspicum*, *P. arenastrum* характерны более мелкие плоды. Признак длины выступающей из околоцветника верхушки плода позволяет разделить виды на следующие группы: верхушка плода не выступает из околоцветника – *P. calcatum*, *P. aviculare*, *P. boreale*; верхушка плода выступает менее чем на 0,1 мм – *P. caspicum*, *P. sabulosum*; верхушка плода выступает более чем на 0,1 мм – *P. neglectum*, *P. propinquum*, *P. rectum*, *P. arenastrum*.

На следующем этапе исследования изучалась сопряженная изменчивость морфометрических признаков типичных популяций спорышей с использованием метода главных компонент. При ординации особей в плоскости 1 и 2 компонент (рис. 2) выявлено, что популяции формируют две обособленные друг от друга группы в плоскости 1 компоненты. Первую группу образуют виды *P. aviculare*, *P. boreale*, *P. neglectum*, *P. propinquum*, а вторую – *P. arenastrum*, *P. sabulosum*, *P. calcatum* и *P. caspicum*. Такое распределение популяций, вероятно, связано с тем, что у особей первой совокупности присутствует главный побег, в то время как у особей второй он отсутствует. Кроме того, для популяций *P. aviculare*, *P. boreale*, *P. neglectum*, *P. propinquum* характерны более крупные размеры околоцветника и его долей. Крупные размеры плода отмечены для *P. aviculare* и *P. boreale*, а минимальные – для *P. caspicum*. Популяция *P. rectum* занимает промежуточное положение между изучаемыми видами. Для особей данной популяции характерны наличие главного побега и небольшие размеры плода. Полученные данные согласуются с результатами изучения генетического полиморфизма популяций и филогении данных видов (Ямских и др., 2023), где также произошло обособление двух групп.



Рис. 2. Ординация типичных популяций р. *Polygonum* плоскости координации 1 и 2 компонент.

Таким образом, таксономически значимыми признаками, позволяющими разделить виды подсекции *Polygonum*, являются: наличие главного побега, форма листа, индекс гетерофиллии, демонстрирующий степень разнолистности, индекс расчленения околоцветника, размер плода и длина выступающей из околоцветника верхушки плода. Однако выявленные различия являются не настолько четкими, какими получаются при генетическом анализе (Ямских и др., 2023). Видимо, это связано с возможной межвидовой гибридизацией и высокой пластичностью морфологических признаков, ведущих к высокому уровню полиморфизма популяций.

В ходе анализа отмечено разделение изучаемых видов на две группы: с хорошо выраженным главным побегом, крупными размерами околоцветника и плода (*P. aviculare*, *P. boreale*, *P. neglectum* и *P. propinquum*); без хорошо выраженного главного побега с более мелкими размерами околоцветника и плода (*P. arenastrum*, *P. sabulosum*, *P. calcatum* и *P. caspicum*). Популяция *P. rectum* занимает промежуточное положение между изучаемыми видами.

ЛИТЕРАТУРА

- Антипова С. В., Антипова Е. М.** Урбановфлора города Красноярска (сосудистые растения). – М.: изд-во КГПУ, 2016. – 373 с.
- Войлокова В. Н., Юрцева О. В., Боброва В. К., Троицкий А. В.** Генетическая гетерогенность *P. salsugineum*, *P. aschersonianum*, *P. patulum*, *P. aviculare* и *P. arenastrum* в связи с межвидовой гибридизацией // Матер. Всеросс. конф., посвящ. 60-летию Центрального сиб. ботан. сада (17–19 июля 2006., г. Новосибирск). – Новосибирск: Сибтехнорезерв, 2006. – С. 60–62.
- Войлокова В. Н., Юрцева О. В., Боброва В. К., Троицкий А. В.** Морфологические и молекулярные свидетельства гибридного происхождения *Polygonum aschersonianum* и *Polygonum samarense* (Polygonaceae) // Бот. журн., 2009. – Т. 94, № 2. – С. 161–187.
- Ворошилов В. Н.** К систематике спорышей Средней полосы европейской части СССР // Бюл. ГБС, 1954. – Вып. 18. – С. 97–108.
- Никитина К. К.** О семенном размножении спорыша // Ученые записки Ульяновск. пед. ин-та, 1965. – Т. 20, № 6. – С. 31–37.
- Тупицына Н. Н.** Род *Polygonum* L. – Спорыш // Флора Сибири. – Новосибирск: Наука, 1992. – Т. 5. – С. 125–133, 268–269.
- Цвелев Н. Н.** Род спорыш – *Polygonum* L. // Сосудистые растения Советского Дальнего Востока. – Л.: Наука, 1989. – Т. 4. – С. 103–117.
- Цвелев Н. Н.** Род спорыш – *Polygonum* L. // Флора Восточной Европы. – СПб.: Изд-во «Мир и семья-95», 1996. – Т. 9. – С. 136–150.
- Юрцева О. В.** Самоопыление у видов родства *Polygonum aviculare* L. (*Polygonum* subsect. *Polygonum*) // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1998. – Т. 103, № 5. – С. 61–67.
- Юрцева О. В., Боброва В. К., Войлокова В. Н., Троицкий А. В., Крамина Т. Е.** Морфологическая изменчивость и генетический полиморфизм видов родства *Polygonum aviculare* (Polygonaceae) // Бот. журн., 2006. – Т. 91, № 5. – С. 697–716.
- Юрцева О. В., Войлокова В. Н., Троицкий А. В., Боброва В. К.** Морфологические и молекулярные данные в пользу гибридизации *Polygonum patulum* Vieb. и *Polygonum arenastrum* Boreau (Polygonaceae) // Бот. журн., 2007. – Т. 92, № 9. – С. 1320–1331.
- Юрцева О. В., Яковлева Н. Д., Иванова-Радкевич Т. И.** Гетерокарпия у *Polygonum aviculare* L. и близких видов (*Polygonum* subsect. *Polygonum*) // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1999. – Т. 104, № 2. – С. 13–20.
- Ямских И. Е., Тупицына Н. Н., Рябова К. К., Куцев М. Г.** Генетический полиморфизм популяций и филогения среднесибирских спорышей секции *Polygonum* (Polygonaceae) с использованием ISSR и хлоропластных маркеров // Turczaninowia, 2023. – Т. 26, № 3. – С. 137–147. DOI: 10.14258/turczaninowia.26.3.11
- Янишевский Д. Е.** К характеристике *Polygonum salsugineum* M. В. и гетерокарпии у рода *Polygonum* секции *Avicularia* Meisn. // Известия Саратовского общ-ва естествоиспытателей, 1927. – Т. 2, № 1. – С. 16–19.