

УДК 582.542.1:581.5+581.9

DOI: 10.14258/pbssm.2022027

## Эколого-географическое исследование *Poa botryoides* (Trin. ex Griseb.) Kom. (Poaceae)

### Ecologo-geographical research of *Poa botryoides* (Trin. ex Griseb.) Kom. (Poaceae)

Олонова М. В.

Olonova M. V.

Томский государственный университет, г. Томск, Россия. E-mail: olonova@list.ru  
Tomsk state university, Tomsk, Russia

**Реферат.** *Poa botryoides* (Trin. ex Griseb.) Kom. – преимущественно сибирский горно-степной вид, занимающий промежуточное положение между *P. stepposa* (Kryl.) Roshev. и *P. attenuata* Trin., от которых слабо отграничен морфологически. На основе выявленных по гербарным материалам и заслуживающим доверия литературным источникам 143 местонахождений *P. botryoides* была составлена цифровая карта его распространения; на основании 19 климатических параметров была сконструирована эколого-климатическая ниша вида. Гистограммы выявили сходство между графиками осадков самого сухого квартала и самого холодного кварталов, а также самого влажного и самого теплого кварталов. Это можно объяснить высокой корреляцией между сезоном и количеством выпадающих осадков. Двумерные «климатические конверты», построенные как для среднегодовых значений температуры и осадков, так и для значений температуры и осадков во время вегетационного сезона, показали разброс значений, а также количество особей, находящихся в нетипичных климатических условиях. Карты, отражающие пространственное расположение этих «нетипичных» точек, показали, что большинство из них располагается в гумидных районах Дальнего Востока, что заставляет внимательнее отнестись к образцам *P. botryoides*, собранным на этих территориях.

**Ключевые слова.** Биогеография, Сибирь, экологическая ниша, эколого-климатическое моделирование, DIVA-GIS.

**Summary.** *Poa botryoides* (Trin. ex Griseb.) Kom. is a predominantly Siberian mountain-steppe species, occupying an intermediate position between *P. stepposa* (Kryl.) Roshev. and *P. attenuata* Trin., from which it is poorly isolated morphologically. A digital map of *P. botryoides* distribution was compiled, based on 143 localities, revealed from herbarium materials and reliable literary sources; the ecologo-climatic niche of this species was constructed on the basis of 19 climatic parameters. The histograms revealed similarities between the precipitation plots of the driest quarter and the coldest quarters, as well as the wettest and warmest quarters. This can be explained by the high correlation between the season and the amount of precipitation. Two-dimensional “climatic envelopes” constructed both for the average annual values of temperature and precipitation, and for the values of temperature and precipitation during the growing season, showed the spread of values, as well as the number of individuals in atypical climatic conditions. Maps reflecting the spatial location of these “atypical” points showed that most of them are located in the humid regions of the Far East, which makes us pay more attention to the *P. botryoides* samples collected in these territories.

**Key words.** Biogeography, DIVA-GIS, ecological niche, ecologo-climatic modeling, Siberia.

*Poa botryoides* (Trin. Ex Griseb.) Kom. – преимущественно сибирский горно-степной вид, принадлежащий секции *Stenopoa* Dumort. Эта секция является одной из наиболее сложных и полиморфных в роде мятлик (*Poa* L.), эволюция в которой, как считается, шла в основном по пути ксероморфогенеза. Как и многие виды секции, вид недостаточно хорошо морфологически изолирован от близких видов *Poa stepposa* (Kryl.) Roshev. и *P. attenuata* Trin., занимая промежуточное положение между этими видами и по морфологическим признакам, и по экологическим предпочтениям. Как известно, географические и экологические особенности вида являются его такими же неотъемлемыми характеристиками, как и морфологические. Выявление экологических характеристик вида общепринятым методом экологи-

ческих шкал требует большого объема работ, поэтому для первичной оценки экологической ниши нередко используются биологически значимые климатические признаки, которые тоже в существенной мере отражают экологическую нишу вида и относятся как часть к целому. Специальных эколого-географических исследований *P. botryoides* до сих пор не проводилось. Задачей данного исследования было уточнение распространения *P. botryoides*, предусматривающего составление цифровой карты, выявление эколого-климатической ниши этого вида, которое поможет лучшей дискриминации этого вида.

Основой для выявления местонахождений *P. botryoides* послужили материалы фондовых коллекций ALTB, IRK, IRKU, KUZ, LE, MAG, MHA, MW, NS, NSK, SAS, TK, UUN, UUDE, VLAD. В случаях, когда видовая принадлежность образца не вызывала сомнений, использовались также материалы из баз данных GBIF и Цифрового гербария МГУ (Moscow Digital Herbarium, <https://plant.depo.msu.ru>). Кроме того учитывались надежные литературные источники, содержащие точечные карты местонахождений – Арктическая флора СССР (Цвелев, 1964), Флора Центральной Сибири (Пешкова, 1979), Растения Советского Дальнего Востока (Пробатова, 1985, 2006), Флора Сибири (Олонова, 1990). В настоящее время было учтено 143 местонахождения, но поскольку объем материалов очень велик, работа эта не была завершена и будет продолжена. Формирование карт распространения видов в цифровом формате и выявление эколого-климатических ниш осуществлялось при помощи программы DIVA-GIS (Hijmans et al., 2005). Эта же программа позволила получить для каждой точки местонахождения значения 19-ти биологически значимых климатических данных (Bio1 – среднегодовая температура; Bio2 – суточные колебания температуры (среднемесячные); Bio3 – изотермальность (Bio1/Bio7) × 100; Bio4 – сезонность температуры (коэффициент вариации); Bio5 – максимальная температура наиболее теплого периода; Bio6 – минимальная температура наиболее холодного периода; Bio7 среднегодовая амплитуда колебания температуры (Bio5 – Bio6); Bio8 – средняя температура наиболее влажного квартала; Bio9 – средняя температура наиболее сухого квартала; Bio10 – средняя температура наиболее теплого квартала; Bio11 – средняя температура наиболее холодного квартала; Bio12 – среднегодовые осадки; Bio13 – осадки наиболее влажного периода; Bio14 – осадки наиболее сухого периода; Bio15 – сезонность осадков (коэффициент вариации); Bio16 – осадки наиболее влажного квартала; Bio17 – осадки наиболее сухого квартала; Bio18 – осадки наиболее теплого квартала; Bio19 – осадки наиболее холодного квартала) базы WORLDCLIM, находящихся в свободном доступе (Hijmans et al., URL: <http://worldclim.org>) которые в дальнейшем использовались для выявления и сравнения эколого-климатических профилей видов.

Климатические профили видов были построены с помощью метода BIOCLIM, реализованного в программе DIVA-GIS. Этот метод, разработанный Н. Них (1986), используется для построения гистограмм биоклиматических переменных, которые отражают климатический профиль вида и двумерных графиков отдельных переменных («климатический конверт»). Гистограмма, построенная на основании данных о местонахождении, показывает частоты различных климатических параметров, наблюдаемых у вида в заданной области. «Климатический конверт» позволяет визуализировать двумерную нишу на основании двух произвольно выбранных климатических переменных. Ограничение эколого-климатической ниши вида основано на выявлении климатических характеристик точек, где был отмечен изучаемый вид, и построении на этой основе так называемого «климатического конверта», прямоугольника в координатах климатических переменных, ограничивающего пределы произрастания вида. Синим прямоугольником внутри «конверта» обозначается область, куда попадают значения, не выходящие за пределы 5–95 перцентилей. Области, выходящие за эти пределы, считается не вполне подходящей для вида, а местонахождения этих точек не типичными для вида. Зеленые точки внутри синего прямоугольника климатической ниши представляют точки присутствия, климатический профиль которых по всем 19-ти биологически значимым климатическим параметрам лежит в пределах 5–95 перцентилей. Красные точки на графике означают точки присутствия, у которых значения одной или нескольких из 19ти климатических переменных выходят за пределы изменчивости, характерной для вида. Красные точки внутри синего квадрата означают точки присутствия, у которых значения переменных, по которым строится график, лежат в установленных для вида пределах, а значения хотя бы одной из оставшихся 17 переменных выходят за эти пределы (Scheldeman, van Zonneveld, 2010). Получены также карты, отражающие пространственное расположение этих точек.

На основе полученных данных о распространении была составлена цифровая карта распространения *P. botryoides* (рис. 1).

Полученные с помощью метода BIOCLIM гистограммы отражают часть экологической ниши, обусловленную климатическими показателями. Гистограммы показывают частоты различных значений климатических характеристик Bio 1–19, наблюдаемых у вида, пределы изменчивости по каждому

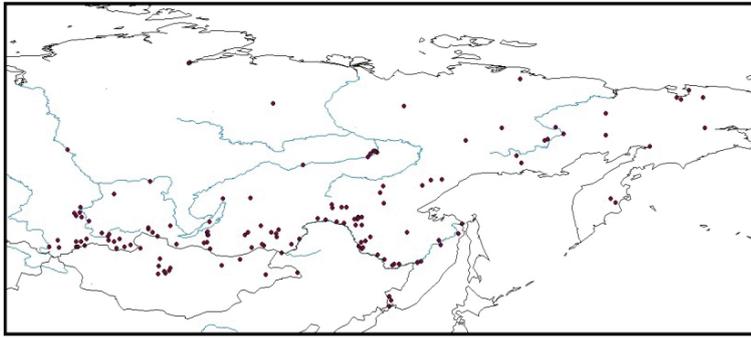


Рис. 1. Картограмма распространения *Poa botryoides* (Trin. ex Griseb.) Kom.

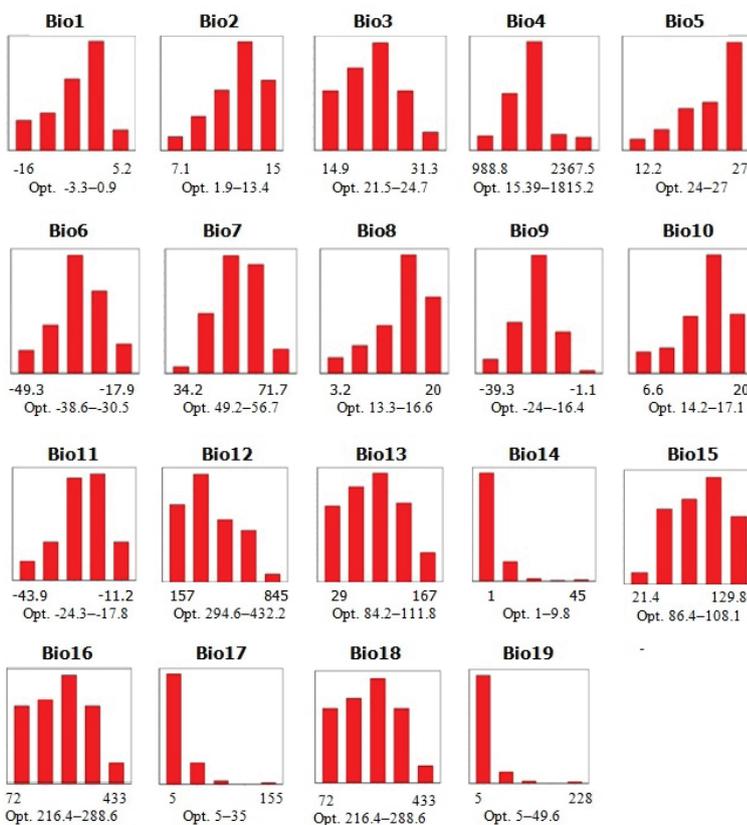


Рис. 2. Изменчивость климатических характеристик Bio 1–19, наблюдаемых в области распространения *Poa botryoides* (Trin. ex Griseb.) Kom. Обозначения биоклиматических характеристик в тексте (ось абсцисс – напряженность фактора, крайние значения и оптимальное; ось ординат – частоты).

части графиков. При этом более холодные местообитания находились в более «засушливой» части графика. Верхний левый угол, характеризующий холодные и увлажненные местообитания, оказался практически пустым и при учете среднегодовых значений температуры и осадкой, и при этих значениях во время вегетационного сезона. Во втором случае также заметно отсутствие объектов в правом нижнем углу, где располагаются наиболее теплые и наименее увлажненные местообитания, и объекты, отмеченные там, обозначены красными точками, то есть, они находятся в нетипичных местообитаниях по меньшей мере еще по одному климатическому параметру.

фактору и оптимальное для вида значение (рис. 2).

Анализ гистограмм климатических переменных *P. botryoides* показал, что в большинстве случаев распределение отличается от нормального. Ближе всего к нормальному распределению оказались частоты Bio3, Bio6, Bio9 и Bio11. И наоборот, Bio5, Bio14, Bio17 и Bio19 оказались резко асимметричными. Это может свидетельствовать о том, что распространение вида ограничивается какими-то более сильно действующими климатическими факторами. При этом абсолютно сходными и по конфигурации, и по значению лимитирующих и оптимальных значений оказались графики Bio16 и Bio18 (осадки самого влажного и самого сухого квартала). Очень сходен с ними по конфигурации график Bio13 (осадки самого влажного месяца), но отличается не только по значению лимитирующих значений фактора, но и по оптимальным значениям. Значительное сходство между собой и по конфигурации, и по лимитирующим значениям демонстрируют и графики Bio14, Bio17 и Bio19, отражающие, соответственно, осадки самого сухого месяца, самого сухого квартала, а также самого холодного квартала. Легко объяснимы корреляция и сходство между Bio13 и Bio16, а также Bio14 и Bio17, а корреляция между Bio17 и Bio19 можно объяснить высокой корреляцией между сезоном и количеством выпадающих осадков.

Двумерные «климатические конверты», построенные как для среднегодовых значений температуры и осадков, так и для значений температуры и осадков во время вегетационного сезона, показали разброс значений и количество особей, по своим климатическим параметрам выходящих за пределы 5–95 перцентилей (рис. 3). И в первом, и во втором случае наибольшее число точек сосредоточено в правой, более «теплой»

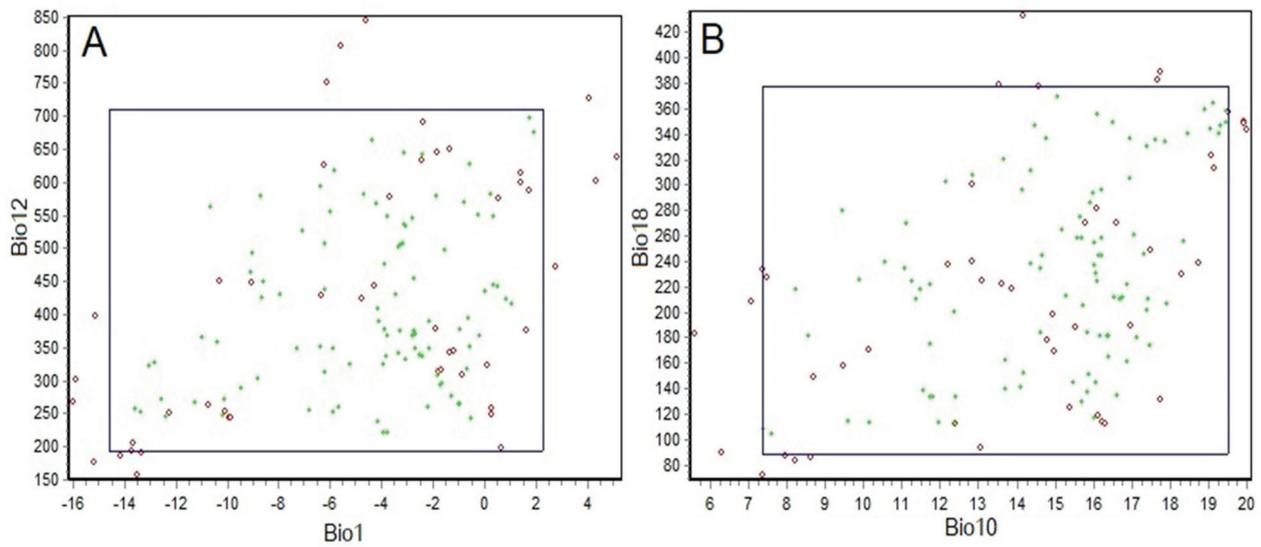


Рис. 3. Распределение точек присутствия *Poa botryoides* (Trin. ex Griseb.) Ком. в зависимости от Bio1 – среднегодовой температуры и Bio12 – среднегодового количества осадков (А) и Bio10 – средней температуры самого теплого квартала и Bio18 – осадков самого теплого квартала (В). Пояснение графика в тексте.

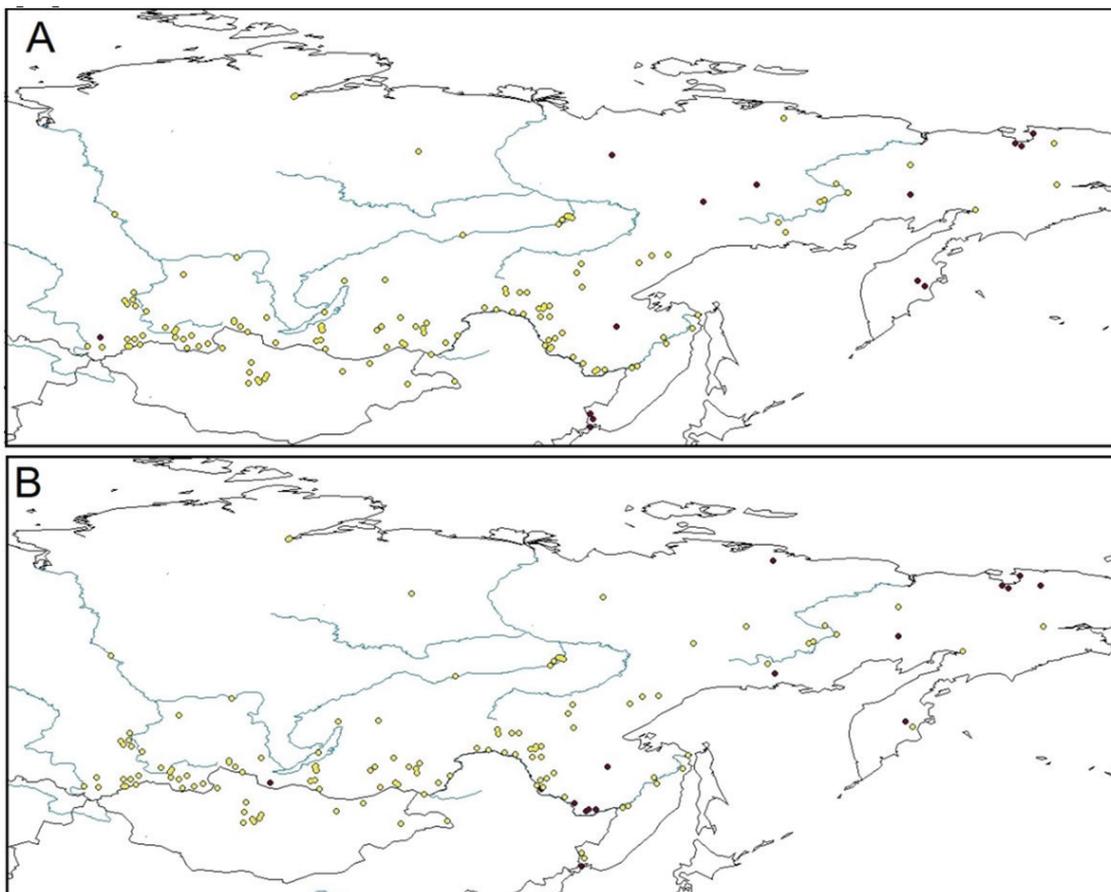


Рис. 4. Размещение точек присутствия *Poa botryoides* (Trin. ex Griseb.) Ком., находящихся в нетипичных условиях существования, входящие в 10 процентилей. А – для графика Bio1–Bio12, В – для графика Bio10– Bio18 (желтые точки – местонахождения, входящие в «конверт», черные точки – нетипичные местонахождения, входящие в 10 процентилей).

Число красных точек, выходящих за пределы конвертов, показывает число и положение особей, находящихся в нетипичных условиях по учитываемым в графиках факторам, а красные точки внутри конвертов – выходящие за пределы хотя бы по одному из 17-ти оставшихся факторов. Так, график, показывающий разброс 143 объектов в координатах Bio1–Bio12, показал, что за пределами интервала 5–95 перцентилей оказалось 11 точек (9.8 % материала), а на графике Bio10–Bio18 – их число возросло до 17 (11.2 % всех объектов). Полученные карты, отражающие пространственное расположение этих точек, показали, что большинство из них располагаются на Дальнем Востоке и в Якутии (рис. 4). Полученные данные заставляют внимательнее отнестись к образцам *P. botryoides*, собранным в гумидных районах Дальнего Востока – в окрестностях Чаунской губы, на Камчатке, на юге Приморья.

Проведенные исследования позволили составить цифровую карту *P. botryoides* и выявить его эколого-климатическую нишу.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 22-24-00994).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Олонова М. В.** *Poa* L. – Мятлик // Флора Сибири: Роасеае. – Новосибирск: Наука, 1990. – С. 163–186.
- Пешикова Г. А.** Семейство Роасеае – Злаки // Флора Центральной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1979. – Т. 1. – С. 69–139.
- Пробатова Н. С.** Семейство мятликовые или злаки // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 1985. – Т. 1. – С. 89–382.
- Пробатова Н. С.** Род мятлик – *Poa* L. // Флора российского Дальнего Востока: Дополнения и изменения к изданию «Сосудистые растения советского Дальнего Востока». Том 1–8 (1985–1996). – Владивосток: Дальнаука, 2006. – С. 352–367.
- Цвелев Н. Н.** *Poa* L. – Мятлик // Арктическая флора СССР. – М.; Л.: Наука, 1964. – Вып. 2. – С. 112–162.
- Hijmans R. J., Cameron S., Parra J.** Climate data from Worldclim. URL: <http://worldclim.org> (Accessed 18 December 2021).
- Hijmans R. J., Guarino L., Jarvis A.** DIVA-GIS User's manual, version 5.2. 2005. URL: <https://goo-gl.su/woPS> (Accessed 18 December 2021).
- Nix H.** A biogeographic analysis of Australian Elapid snakes // Australian Flora and Fauna Series. – Canberra: Australian Government Publishing Service, 1986. – Vol. 7. – P. 4–15.
- Scheldeman X., van Zonneveld M.** Training manual on spatial analysis of plant diversity and distribution. – Rome: Biodiversity International, 2010. – 180 pp.