

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ
МОРФОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ МЯТЛИКОВ (*POA* L.)
НА ТЕРРИТОРИИ АЗИАТСКОЙ РОССИИ**

Олонова М. В., Высоких Т. С.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия*

**AN EXPERIENCE OF USING GIS-TECHNOLOGIES IN RESEARCHES
OF MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF THE BLUEGRASSES (*POA* L.)
IN THE TERRITORY OF ASIAN RUSSIA**

Olonova M. V., Vysokikh T. S.

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Corresponding e-mail: olonova@list.ru

Summary: the research of distribution of the basic qualitative characteristics and their combinations (morphotypes) was undertaken in order to reveal the genetic diversity of the bluegrasses of section *Stenopoa* in Asian Russia. High phenetic diversity of *Stenopoa* bluegrass indicated indirectly their high genetic diversity in Asian Russia. The highest phenotypic richness were found in Altai-Sayan mountain system and in the Baikal region.

Keywords: biogeography, phenetic diversity, Russia, *Poa* L., DIVA-GIS

Изучение и сохранение биоразнообразия как основы стабильного функционирования биосферы является одной из актуальных проблем современности. Оценка фиторазнообразия является фундаментальной основой всех дальнейших ботанических исследований. Особое значение имеет изучение и охрана генетического разнообразия, поскольку именно последнее является основой эволюционной пластичности видов и формирования ответа на изменения окружающей среды. Первичные скрининговые исследования генетического разнообразия малоизученных таксонов обыкновенно проводятся на основе анализа пространственного размещения фенетических маркеров (состояний высоко генетически детерминированных качественных признаков). При этом исследование особенностей распространения отдельных фенотипов позволяет выявить механизмы формообразования, пространственные тенденции в развитии внутривидовой изменчивости, образование центров многообразия, позволяет решать важные проблемы внутривидовой систематики и эволюции (Яблоков, 1980).

Мятлики (*Poa* L.) секции *Stenopoa* Dumort. являются удобной моделью для исследования пространственного размещения отдельных фенотипов. Секция *Stenopoa* – одна из крупнейших в роде и представлена в основном на территории Евразии, ее эволюция шла по пути ксерофилизации (Цвелев, 1972). По степени ксероморфности все виды секции можно условно разделить на 4 эволюционно-экологические группы, каждая из которых представляет собой новую ступень эволюции. Маркером является положение верхнего узла.

Целью данной работы явилось исследование распространения на территории Азиатской России различных состояний основных качественных признаков (фенотипов) и их комбинаций –

морфотипов, и территорий, отличающихся их наибольшим богатством и разнообразием. Это позволит получить ценные ботанико-географические сведения для целей систематики и изучения российской флоры в целом, создать научную основу для выделения особо охраняемых природных территорий, определить места сбора материалов для депозитариев. Выявление и сравнение климатических предпочтений фенотипов и морфотипов – задача будущего исследования.

Для картирования распространения мятликов секции *Stenopoa* и дальнейшего анализа данных были использованы гербарные коллекции (ALTB, KUZ, LE, MAG, MO, MW, NS, NSK, SASY, TK, UUN, VLAD), а также данные, приведенные в «Арктической флоре СССР» (Цвелев, 1964), сводке «Растения советского Дальнего Востока» (Пробатова, 1985), «Флоре Сибири» (Олонова, 1990). Всего по гербарным образцам и литературным данным было выявлено около полутора тысяч местонахождений, 1 144 из них были включены в различного рода анализы. Для обработки и визуализации материала были использованы программы DIVA-GIS 5 (Hijmans et al., 2005) и ArcGIS (ESRI, 2012). Карта богатства районов Сибири различными морфотипами секции *Stenopoa* была получена на основании картирования выявленных морфотипов и растрового картирования. Растровое картирование, выполненное программой DIVA-GIS, позволяет учитывать количество разных морф, приходящееся на небольшой квадрат площади – ячейку растра (Sheldeman, van Zonneveld, 2010).

В качестве фенетических маркеров, помимо положения верхнего узла на стебле, были приняты 4 ключевых признака: наличие или отсутствие пучка длинных извилистых волосков на каллусе нижней цветковой чешуи, характер поверхности оси колоска (2 состояния), длина язычка (3 состояния), характер поверхности нижней цветковой чешуи между жилками (2 состояния).

Картирование распространения 1 144 местонахождений мятликов секции, относящихся к четырем эколого-эволюционным группам, позволило дополнить картину распространения как отдельных фенотипов, так и морфотипов в целом и выявить широкое распространение мезоморфной группы и закономерную приуроченность ксероморфных растений к горам юга Сибири и Дальнего Востока.

Исследования распределения отдельных фенотипов на территории Азиатской России показали следующее. Голый каллус нижних цветковых чешуй встречается на территории Азиатской России относительно редко, однако его частоты в разных эволюционно-экологических группах сильно различаются. Если у мезоморфных видов (I эволюционно-экологическая группа) он встречается редко (2 %) и в популяциях всегда преобладают особи с нормально развитым пучком волосков на каллусе, то у ксеромезоморфных (II группа) он становится обычным (25 %). У мезоксероморфных мятликов (III группа) он встречается относительно редко, но в Забайкалье растения этой группы с голым каллусом обычны. У ксероморфных мятликов (IV группа) это состояние становится не просто обычным, но и преобладающим. Исследования показали, что растения с голым каллусом нижней цветковой чешуи сосредоточены главным образом на юге Сибири и на Сахалине. В горах Центральной Азии среди ксероморфных мятликов секции *Stenopoa* особи с голым каллусом нижних цветковых чешуй преобладают. Приуроченность этого фена к горам Южной Сибири позволяет предположить наличие генетических связей между центральноазиатской и сибирской группами мятликов.

Фен опушенной оси колоска обычно образует устойчивые сочетания с коротким, менее 1 мм, язычком. В целом же голая ось колоска встречается значительно чаще, чем опушенная (соответственно 63 и 27 %). Опушенная ось колоска спорадически отмечается на всей территории Сибири и Дальнего Востока, но заметно преобладает в юго-восточных районах.

Фен опушенных между жилками нижних цветковых чешуй, похоже, наиболее редкий. В I и II группах он не встречается вообще, относительно редок и в III и в IV группах. Распространен он главным образом на юге Сибири, но встречается и в северо-восточных районах, где, возможно, вошел в генотип благодаря гибридизации с местными популяциями *P. glauca* Vahl или непосредственно с видами секции *Abbreviatae* Nannf.

По разным причинам длина язычка не была измерена у 19 % особей, включенных в анализ. Главным образом это крайне ксероморфные растения, принадлежащие к IV группе. У оставшихся наблюдались такие соотношения между группами: у 36 % язычок был короче или равен 1.2 мм; у 12 % был больше 1.2, но менее 2 мм; и у 52 % превышал или равнялся 2 мм.

Исследования распространения состояний ключевых признаков (фенов) в целом на территории Азиатской России показало и разную их встречаемость, и разное распределение. Более редкими фенами можно признать голый каллус нижней цветковой чешуи по сравнению с опушенным, опушенную ось колоска по сравнению с голой и опушенные между жилками нижние цветковые чешуи по сравнению с голыми.

Значительно больший интерес представляет учет и распределения различных морфотипов – комбинаций вышеназванных фенов. На исследуемой территории эти состояния признаков с учетом уровня ксероморфности теоретически могут образовать 96 комбинаций. Исследования, проведенные на территории Сибири и Российского Дальнего Востока, выявили 47 морфотипов. Из них наиболее часто встречающимися оказались четыре, соответствующие шести известным видам. Вместе с тем 6 морф оказались редкими, встречающимися по одному разу, и 4 – по два раза. Почти все они представляют собой предположительно гибридные формы. Однако не отмечается приуроченности этих морф к какому-то определенному району, все они спорадично разбросаны по территории Сибири, но, как правило, произрастают в горных районах, где, как известно, биоразнообразие выше.

Растровое картирование, выполненное с помощью программы DIVA-GIS, показало, что самое высокое морфологическое богатство секции (до 9–10 морф на квадрат) было закономерно выявлено на Алтае, несколько ниже, но все равно довольно высокое – в Прибайкалье. Это еще раз подтверждает тезис Л. И. Малышева об особом богатстве алтайской флоры. Высоко также и ее разнообразие, которое даже выше, чем на Дальнем Востоке.

Исследования мятликов секции *Stenopoa* с применением ГИС-технологий подтвердили высокое фенетическое разнообразие на территории Азиатской России, что косвенно может свидетельствовать о разнообразии генетическом. Многие особи даже на основании ключевых диагностических признаков формально не могут быть отнесены ни к одному из ныне описанных видов, поскольку сочетают признаки двух и более видов. Наибольшее морфологическое разнообразие и богатство форм было обнаружено на территории Алтае-Саянской системы и в Байкальском регионе.

Проведенные исследования показали перспективность использования ГИС-технологий для исследования внутриродового и внутривидового разнообразия.

Благодарности

Авторы благодарят кураторов гербариев ALTB, KUZ, LE, MAG, MO, MW, NS, NSK, SASY, TK, UUN, VLAD за предоставленную возможность работы с коллекциями. Исследования поддержаны грантами РФФИ (19-04-00973) и Научного фонда им. Д. И. Менделеева Томского государственного университета.

Литература

- Олонова М. В. *Poa L.* – Мятлик // Флора Сибири. Т. 2. Новосибирск, 1990. С. 163–186.
- Пробатова Н. С. Семейство мятликовые или злаки // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Т. 1. Л., 1985. С. 89–382.
- Цвелев Н. Н. К систематике мятликов (*Poa L.*) европейской части СССР // Новости систематики высших растений. 1972. Т. 9. С. 47–54.
- Цвелев Н. Н. *Poa L.* – Мятлик // Арктическая флора СССР. Вып. 2. М.; Л., 1964. С. 112–162.
- Яблоков А. В. Фенетика: Эволюция, популяция, признак. М.: Наука, 1980. 136 с.
- ESRI. ArcGIS Desktop and Spatial Analyst Extension: Release 10.1. Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA, 2012.
- Hijmans R. J., Guarino L., Jarvis A. et al. DIVA-GIS, version 5.2. Manual. 2005. URL: http://www.diva-gis.org/DIVA-GIS5_manual.pdf
- Schelderman X., van Zonneveld M. Training manual on spatial analysis of plant diversity and distribution. Rome: Biodiversity International, 2010. 180 p.