

Московская гимназия на Юго–Западе № 1543

Кафедра биологии

Исследование изменчивости основных диагностических признаков *Myriophyllum sibiricum* и *M. spicatum* (Haloragaceae) в различных регионах Северной Евразии

Отчет о научно-исследовательской работе

**Леонова Е. (9Б)
Андропова Е. (9Б)**

**Научный руководитель
Волкова П. А.**

Москва, 2022 г.

Введение

Myriophyllum spicatum L. и *M. sibiricum* Kom. часто встречаются на территории России и обычны в водных экосистемах, при этом плохо различимы между собой (Гринталь, 1993).

Многие авторы используют в качестве основного определительного признака число сегментов листа *M. sibiricum* и *M. spicatum* (табл. 1). Однако приведенные для разных видов значения перекрываются для двух видов. Кроме того, значения, приведенные в большинстве работ, не основаны на морфометрии и, в основном, затрагивают территорию Северной Америки и, в меньшей степени, Китая. Значения из разных публикаций нередко в точности совпадают, что заставляет нас сомневаться в оригинальности этих данных. В одном случае (Wu et al., 2015) авторы указывают, что используемые значения взяты из другой публикации (Moody, Les, 2002; 2007), но приводят иные цифры.

Табл. 1. Сравнение числа сегментов двух видов урути по литературным данным

Источник	Число сегментов листа <i>M. sibiricum</i>	Число сегментов листа <i>M. spicatum</i>
Fernald, 1919	14-22	28-42
Aiken et al., 1979	8-28	10-48
Aiken, McNeill, 1980	8-28	10-48
Гринталь, 1993	8-28	28-48
Власова и др., 1996	8-22	22-40
Moody, Les, 2002	12-22	28-42
Moody, Les, 2007	< 24	> 26
Бобров, Филиппов, 2012	< 22-24	> 26-28
Grafe et al., 2014	< 24	≥ 24
Wu et al., 2015	6-18	24-32

В качестве определительного признака используется наличие (*M. sibiricum*) и отсутствие (*M. spicatum*) железок в пазухах листа, но этот признак не получил широкого распространения в литературе и его эффективность не проверена на массовом материале (Гринталь, 1993; Бобров, Филиппов, 2012).

Еще Fernald (1919) предложил использовать в качестве диагностического признака отношение длины к ширине прицветников и прицветничков, но не

привел точных значений для каждого вида. В ряде более поздних работ американских и китайских авторов, упомянут признак отношения длины к ширине, но приведены диаметрально противоположные значения для одного и того же вида (табл. 2). Чаще всего форма описана в общих словах (почковидные, ромбовидные, лопатчато-яйцевидные, округлые, гребенчатые, заостренные), что затрудняет использование этого признака. Кроме того, часто не сказано, о каких цветках (пестичных или тычиночных) идет речь.

Табл. 2. Отношение длины к ширине прицветников и прицветничков двух видов урути по литературным данным

Источник	Прицветники		Прицветнички	
	<i>M. spicatum</i>	<i>M. sibiricum</i>	<i>M. spicatum</i>	<i>M. sibiricum</i>
Aiken et al., 1979	длина больше ширины	длина больше ширины	длина меньше ширины	длина больше или равна ширине
Aiken, McNeill, 1980			длина меньше ширины	длина больше или равна ширине
Chen, Funston, 2007	длина не больше ширины	длина не больше ширины	длина больше или равна ширине	длина меньше ширины
Dan et al., 2017	длина равна ширине	длина больше ширины	длина меньше ширины	длина больше или равна ширине

Для разграничения *M. sibiricum* и *M. spicatum* также упоминаются и другие определительные признаки, которые мы не стали анализировать.

Некоторые из них касаются свойств плодов, которые редко вызревают:

1. отношения длины прицветников женских цветков к длине плода (Aiken et al., 1979; Гринталь, 1993; Власова, 1996);
2. наличие или отсутствие бугорков на мерикарпиях (Fernald, 1919; Гринталь, 1993; Chen, Funston, 2007).

Другие признаки изменяются при гербаризации:

3. цвет стебля (Fernald, 1919; Власова, 1996; Бобров, Филиппов, 2012);
4. общая форма края прицветников и прицветничков (Fernald, 1919; Aiken et al., 1979; Власова, 1996; Chen, Funston, 2007);

Еще одним признаком, от которого мы отказались – наличие турионов (у *M. sibiricum* есть, у *M. spicatum* – нет: Aiken et al., 1979; Гринталь, 1993; Бобров, Филиппов, 2012), но признак наблюдается только осенью и поэтому не надежен.

Несмотря на сложности с разграничением *M. sibiricum* и *M. spicatum* по морфологии, эти виды надежно различаются генетически, например, по короткому участку ядерной ДНК (internal transcribed spacer, ITS; Moody, Les, 2007). Не так давно посредством генетического анализа была выявлена гибридизация между *M. sibiricum* и *M. spicatum* в Северной Америке (Moody, Les, 2007) и Китае (Wu et al., 2015), причем гибриды фертильны и могут скрещиваться с родительскими видами (Zuelling, Thum, 2012). Эта гибридизация еще больше усложняет разграничение видов, поскольку гибриды имеют либо промежуточную морфологию, либо неотличимы от одного из растений (Moody, Les, 2007; Grafe et al., 2014; Wu et al., 2015).

Исходя из вышесказанного, наша цель – проверить применимость наиболее часто используемых в литературе определительных признаков на массовом материале со всей территории России.

Цели

Выявить изменчивость основных диагностических признаков *M. sibiricum* и *M. spicatum* и их гибридов на территории различных регионов Северной Евразии, проверить эффективность использования рассматриваемых разными авторами определительных признаков.

Задачи

1. Проверить эффективность использования числа сегментов листа для различения *M. sibiricum* и *M. spicatum*.
2. Проверить достоверность наличия (у *M. sibiricum*) или отсутствия (у *M. spicatum*) железок в пазухах листьев
3. Проверить эффективность использования отношение длины к ширине прицветников и прицветничков.
4. Проверить эффективность использования соотношения длин прицветников и прицветничков *M. sibiricum* к *M. spicatum* и соотношение ширин прицветников и прицветничков *M. sibiricum* к *M. spicatum*.
5. Проследить изменчивость всех вышеупомянутых признаков в зависимости от региона произрастания образца.

Материалы и методы

Мы измеряли гербаризированные образцы *M. sibiricum* и *M. spicatum* из разных регионов Северной Евразии: Восточной Европы, Дальнего Востока и отдельно Камчатки, Сибири, Кавказа и Киргизии.

Также мы измерили прицветники и прицветнички у 3 гибридов *M. sibiricum* × *M. spicatum* с Дальнего Востока.

Вид образцов был определен по их общему облику А. А. Бобровым и М. О. Ивановой.

Мы измеряли образцы под биноклем, с помощью окуляр-микрометра на увеличении 4x по ряду параметров:

1) Число сегментов листьев, по 10 листьев с одного образца (рис. 1). Мы измеряли листья от нижней части растения к верхней и вносили в таблицу в таком же порядке.

2) Ширина и длина прицветников нижних (женских) и верхних (мужских) цветков (рис. 2), по одному цветку с каждого соцветия.

3) Ширина и длина прицветничков нижних и верхних цветков (рис. 2), по одному цветку с каждого соцветия.

4) Наличие или отсутствие железок в пазухах листьев:

0 – железок нет,

1 – железки заметны не сразу (рис. 3.1),

2 – железки легко заметны (рис. 3.2)

Полученные данные мы заносили в таблицу с указанием вида, места сбора и гербарного номера образца.

Для построения диаграмм мы использовали R Core Team (2022).

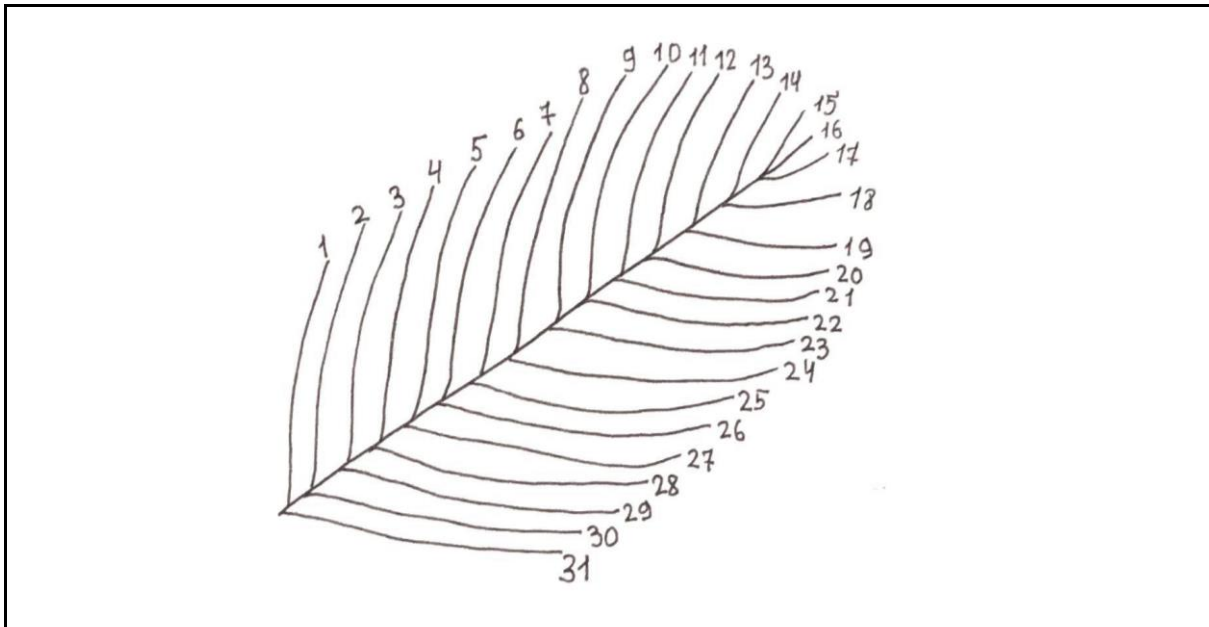


Рис. 1. Схема подсчета сегментов листа *Myriophyllum* (рисунок Е. Андроновой)

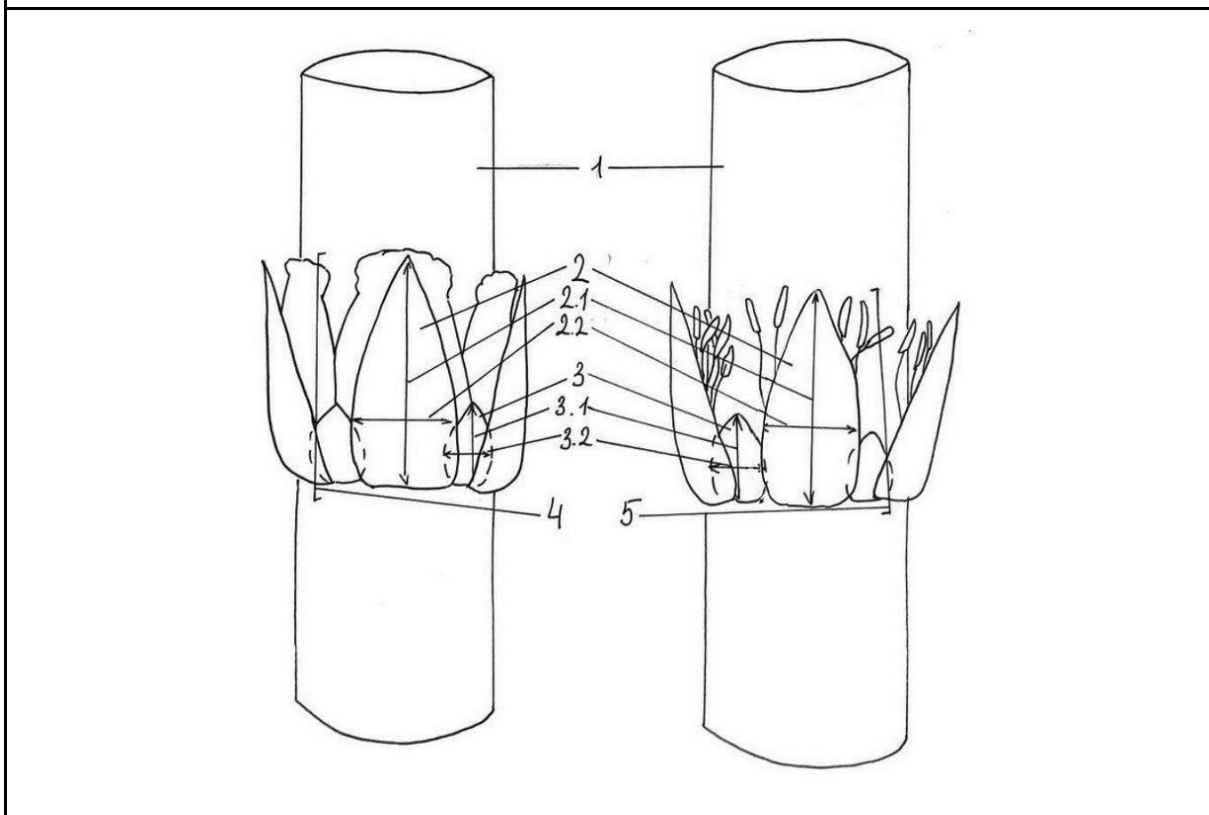
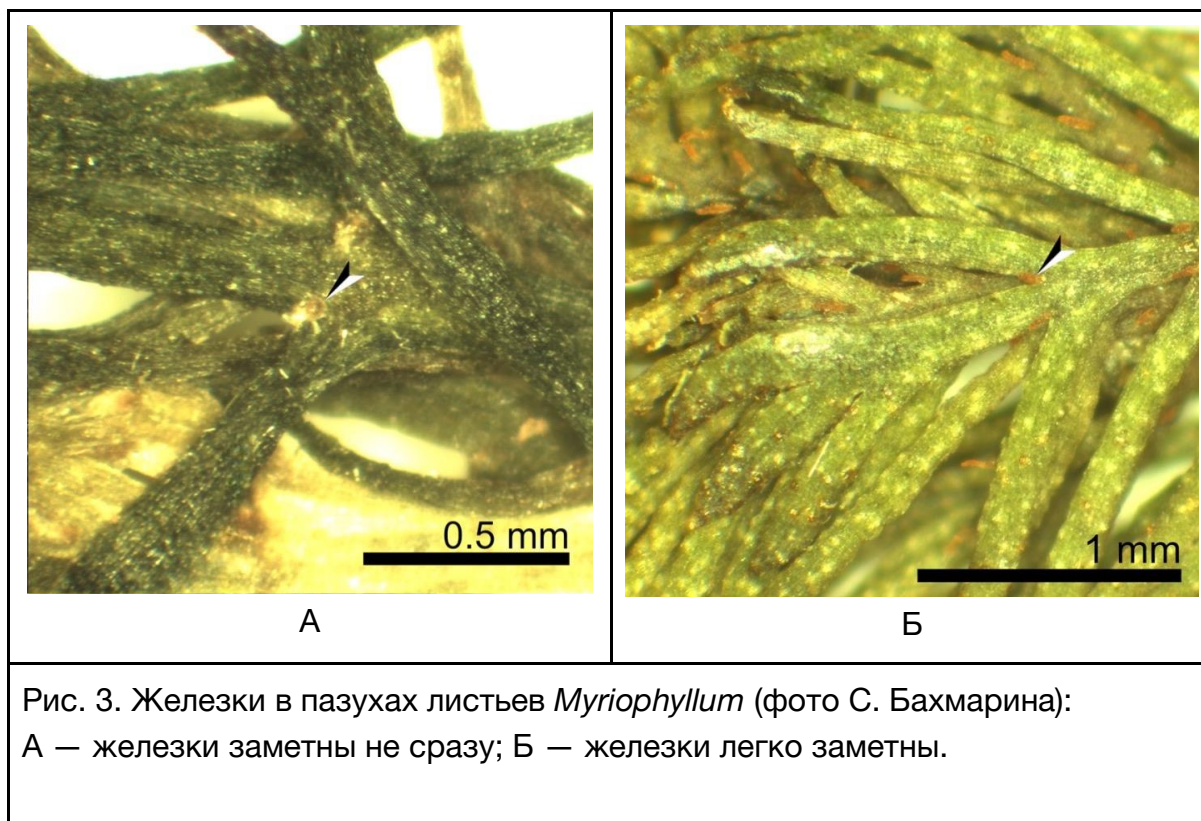


Рис. 2. Схема соцветий *Myriophyllum* и произведенные промеры
 1 – стебель; 2 – прицветник (2.1 – ширина, 2.2 – длина); 3 – прицветничек (3.1 – длина, 3.2 – ширина); 4 – женский цветок; 5 – мужской цветок
 (рисунок Е. Леоновой)



Результаты

Мы измерили 176 образцов *M. sibiricum*, 193 образца *M. spicatum* и три образца гибрида *M. sibiricum* x *M. spicatum* (для последних – только генеративные признаки) (рис. 4).

Число сегментов листа не зависит от его расположения на стебле. Также листья на одном образце сильно (4-21) различаются по числу сегментов листа (рис. 5 – 7). Поэтому нужно использовать средние значения для всех 10 листьев у каждого образца. Значения среднего числа сегментов листа для *M. sibiricum* и *M. spicatum* перекрываются (рис. 8, 9), характерные значения для *M. sibiricum* от 11 до 19 сегментов, а для *M. spicatum* – от 21 до 33 сегментов. Существенных различий данных по регионам не наблюдается (рис. 9).

Длина нижних (женских) и верхних (мужских) прицветников у обоих видов равна ширине или превышает ее (до 2.5 раз) (рис. 10, 11). Для прицветников соотношение длины и ширины такие же (рис. 12, 13). Значения по регионам для прицветников и прицветничков также значительно перекрываются.

Длина как нижних, так и верхних прицветников *M. sibiricum* и *M. spicatum* значительно перекрывается, ширина – тоже (рис. 14). Это относится и к прицветничкам (рис. 15).

У *M. sibiricum* железки заметны не сразу или (реже) легко заметны, но всегда имеются, у *M. spicatum* железок нет (рис. 16).

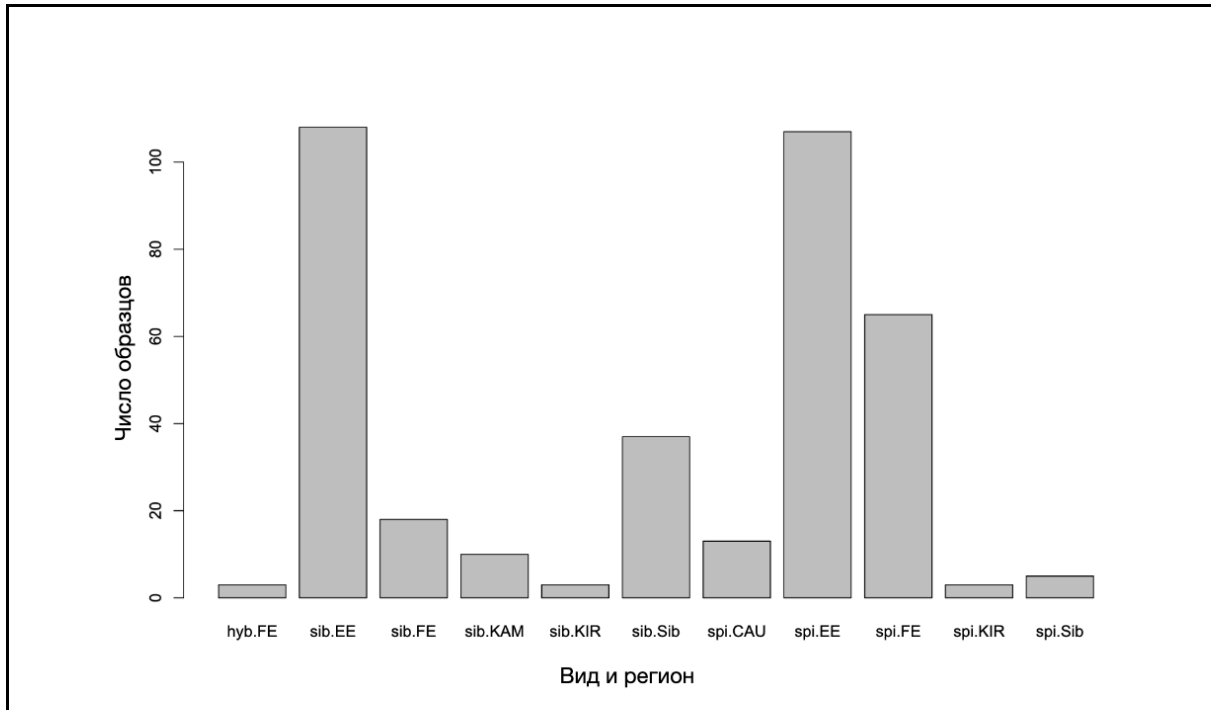


Рис. 4. Распределение числа образцов по видам и регионам *M. sibiricum* x *M. spicatum* (hybr), *M. sibiricum* (sib), *M. spicatum* (spi) из 6 регионов: Восточной Европы (ЕЕ), Дальнего Востока (FE), Камчатки (КАМ), Сибири (SIB), Киргизии (KIR), Кавказа (CAU).

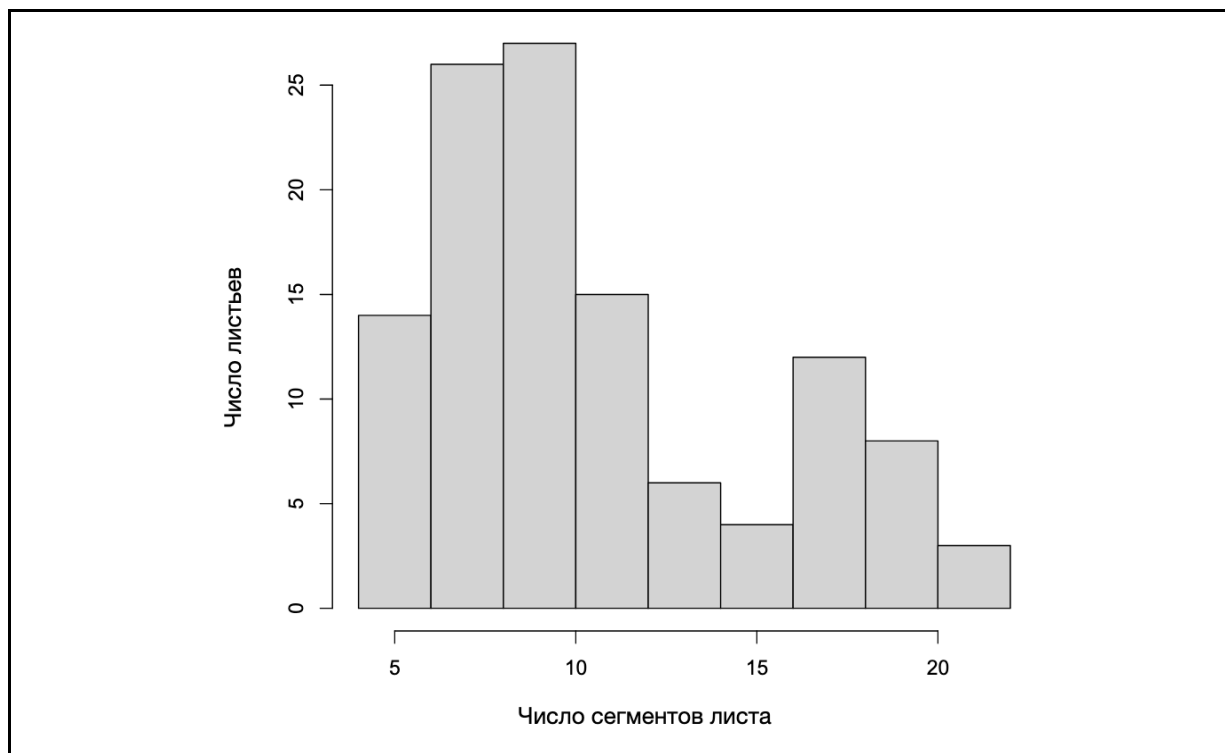


Рис. 5. Разница между минимальным и максимальным числом сегментов листа на одном образце

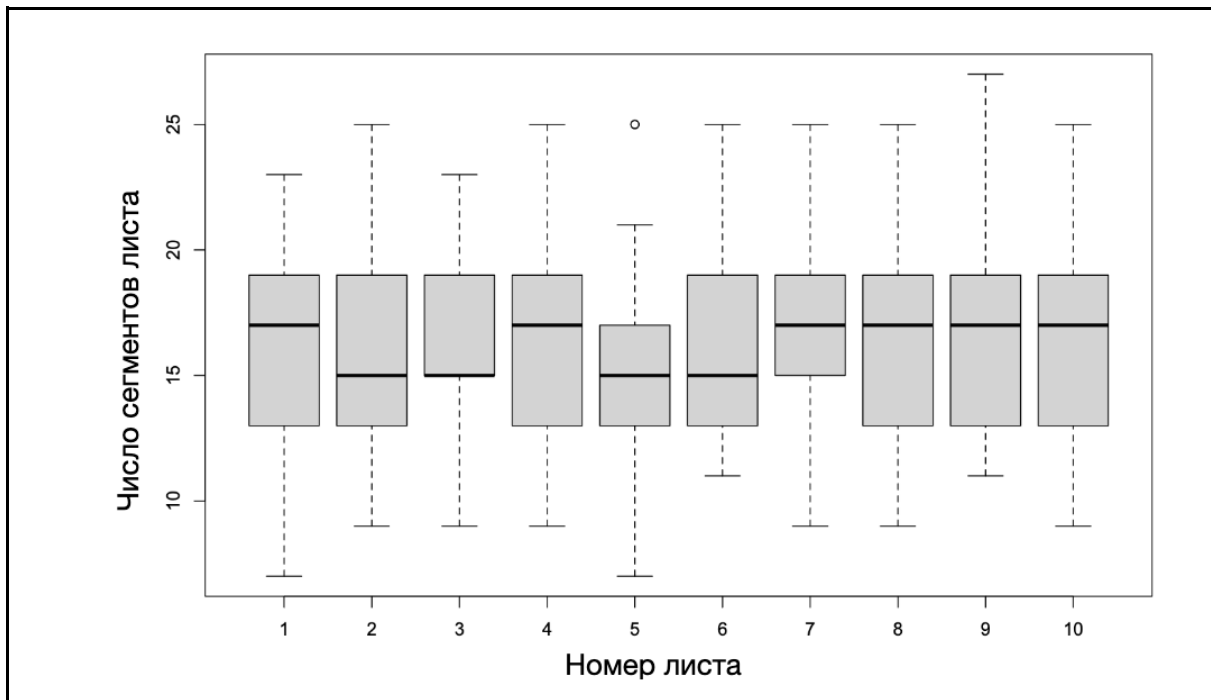


Рис. 6. Среднее число сегментов листа *M. sibiricum* в зависимости от положения листа на образце

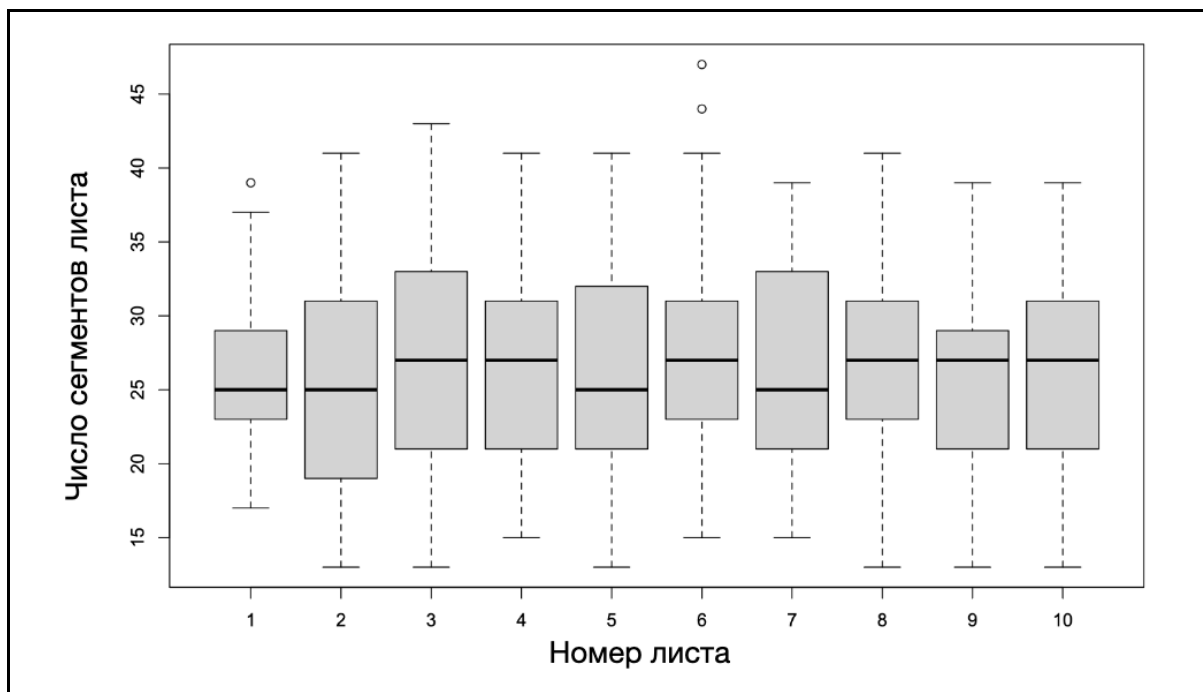


Рис. 7. Среднее число сегментов листа *M. spicatum* в зависимости от положения листа на образце

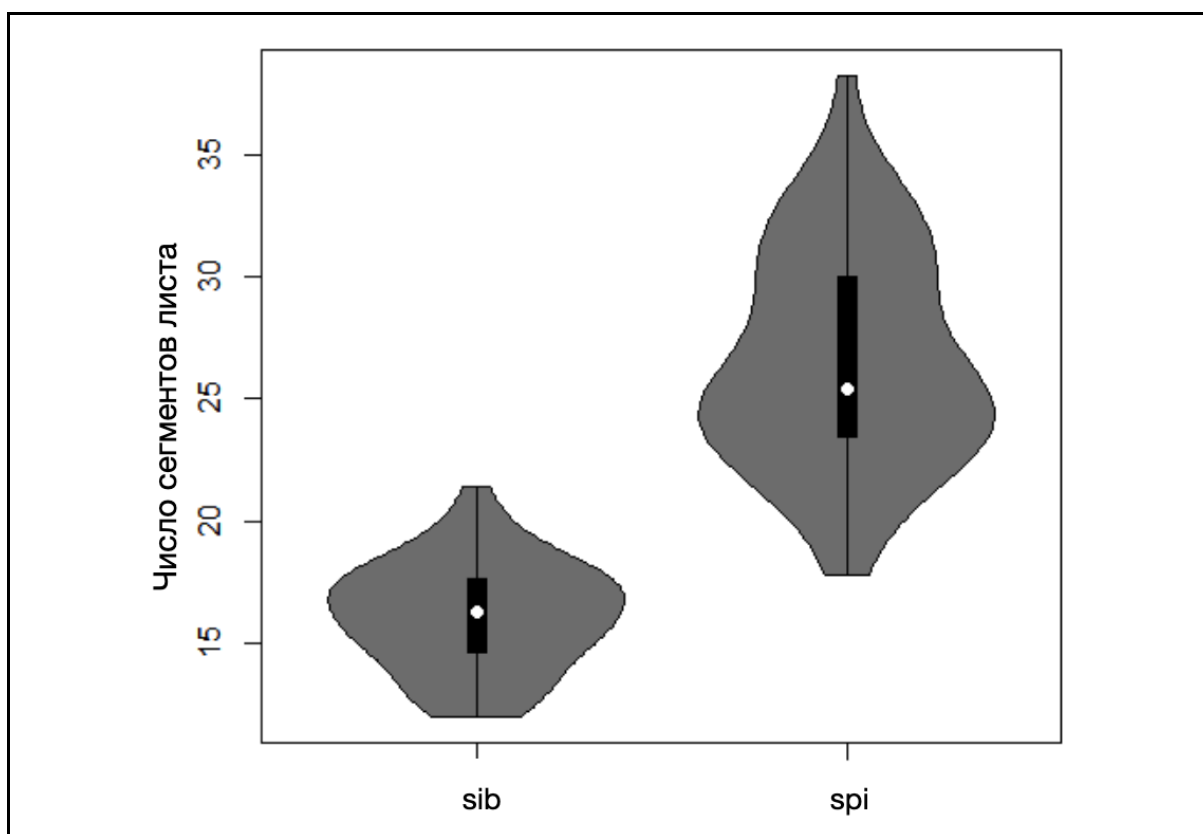


Рис. 8. Изменчивость среднего числа сегментов листа у *M. sibiricum* и *M. spicatum*

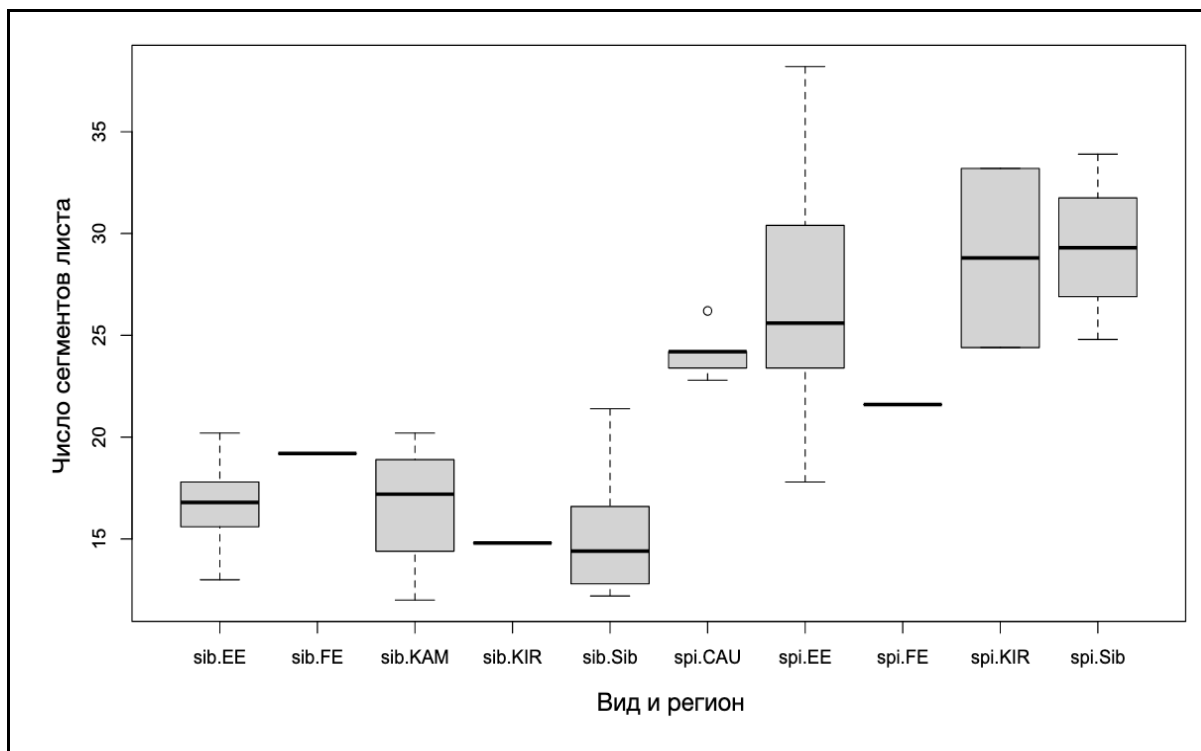


Рис. 9. Среднее число сегментов листа у *M. sibiricum* и *M. spicatum* в разных регионах

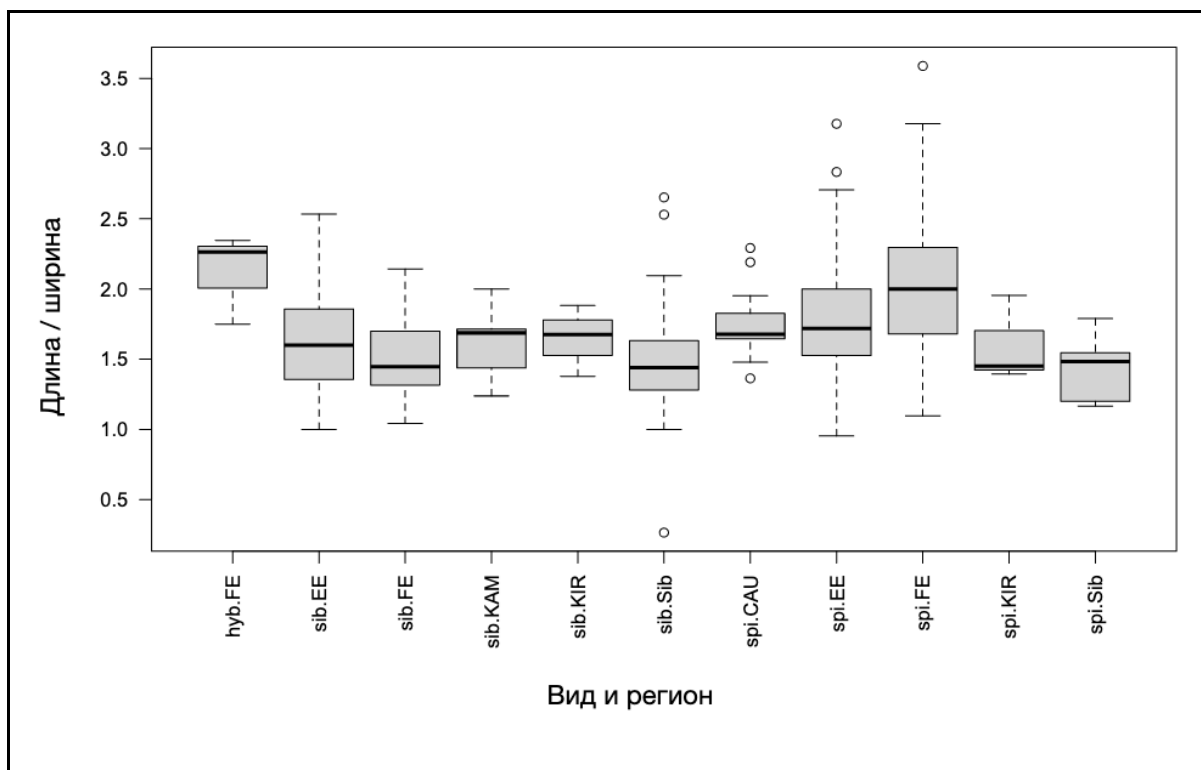
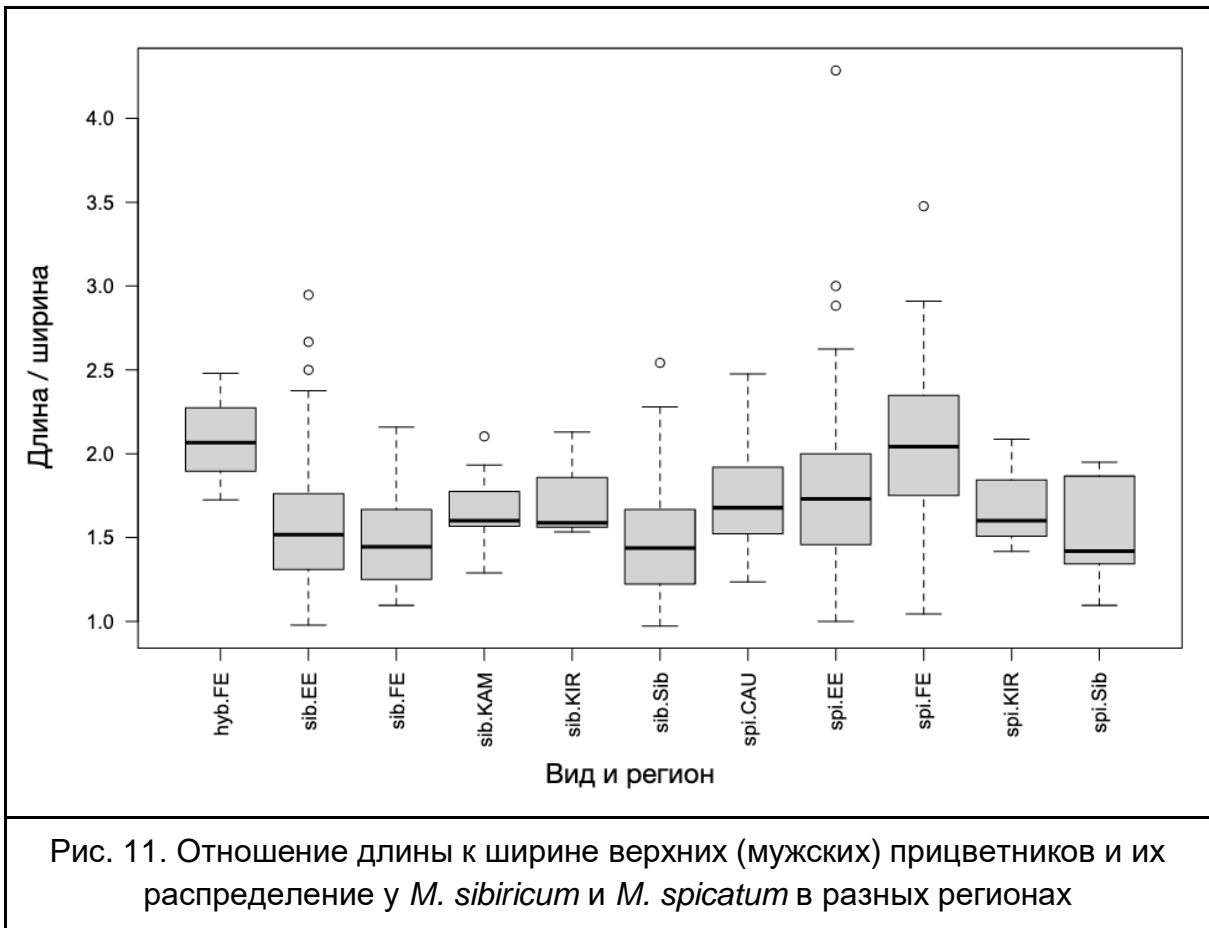


Рис. 10. Отношение длины к ширине нижних (женских) прицветников и их распределение у *M. sibiricum* и *M. spicatum* в разных регионах



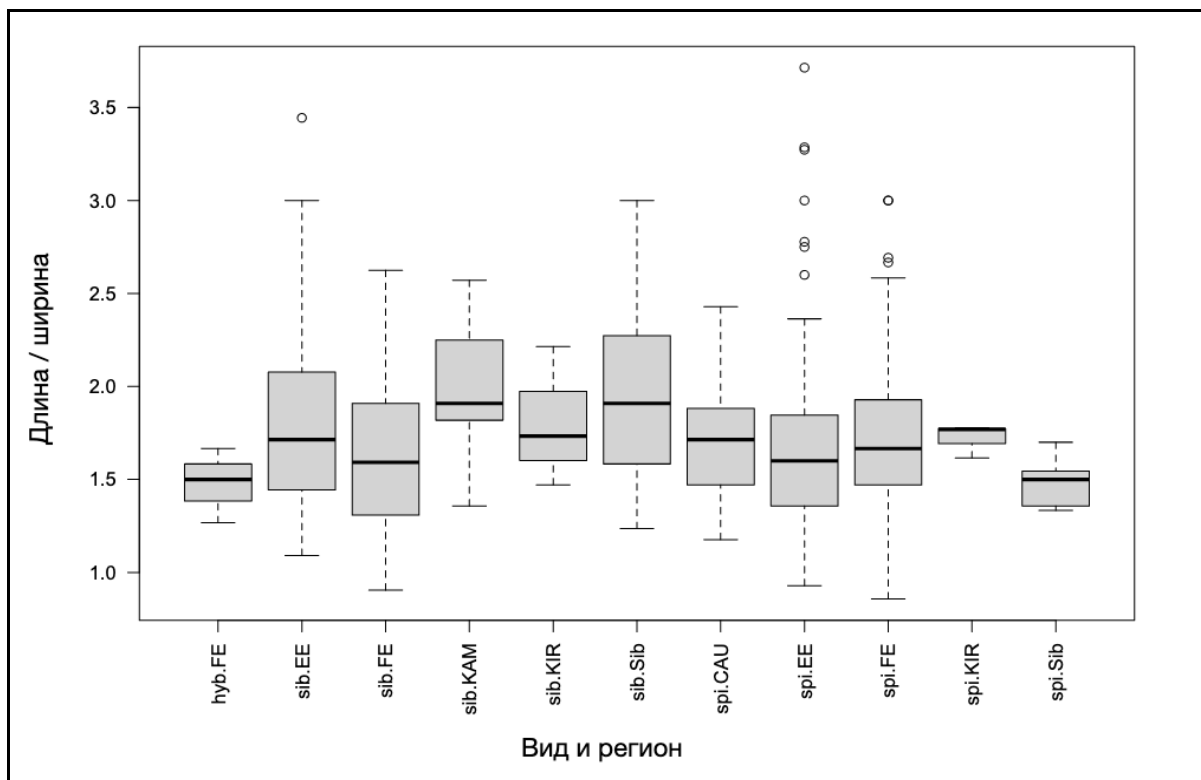


Рис. 12. Отношение длины к ширине нижних (женских) прицветников и их распределение у *M. sibiricum* и *M. spicatum* в разных регионах

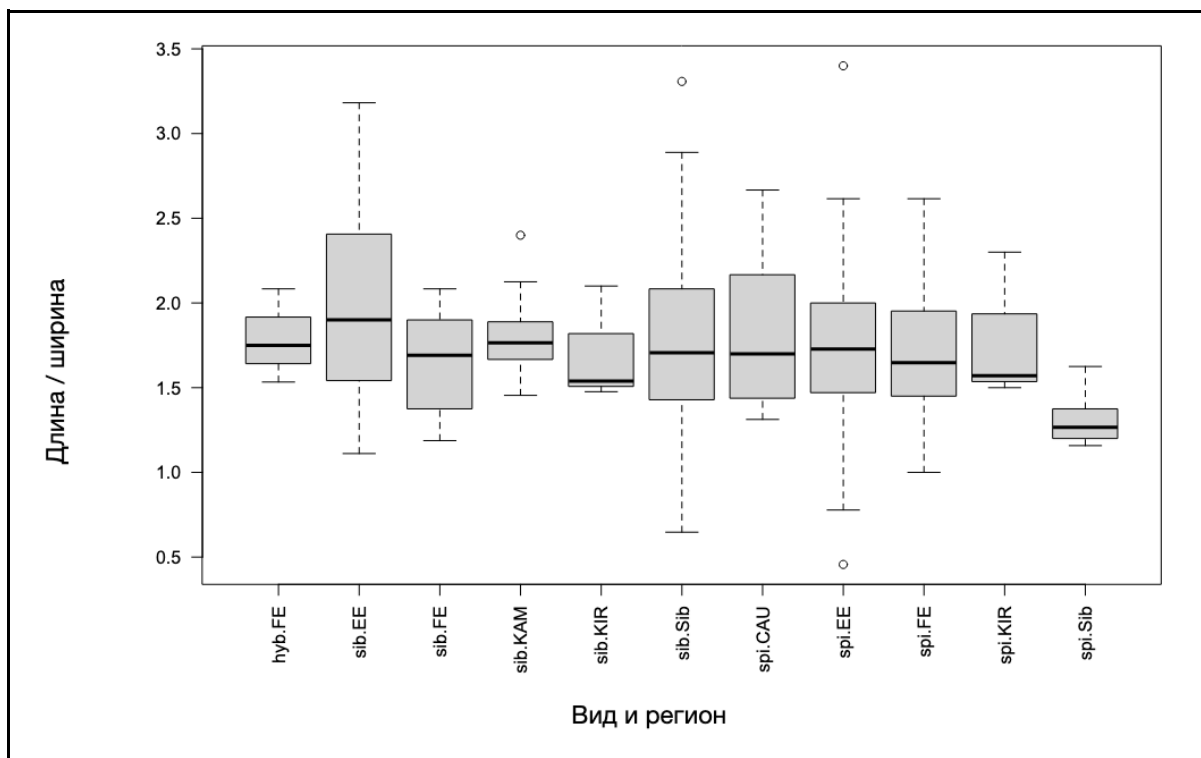


Рис. 13. Отношение длины к ширине верхних (мужских) прицветников и их распределение у *M. sibiricum* и *M. spicatum* в разных регионах

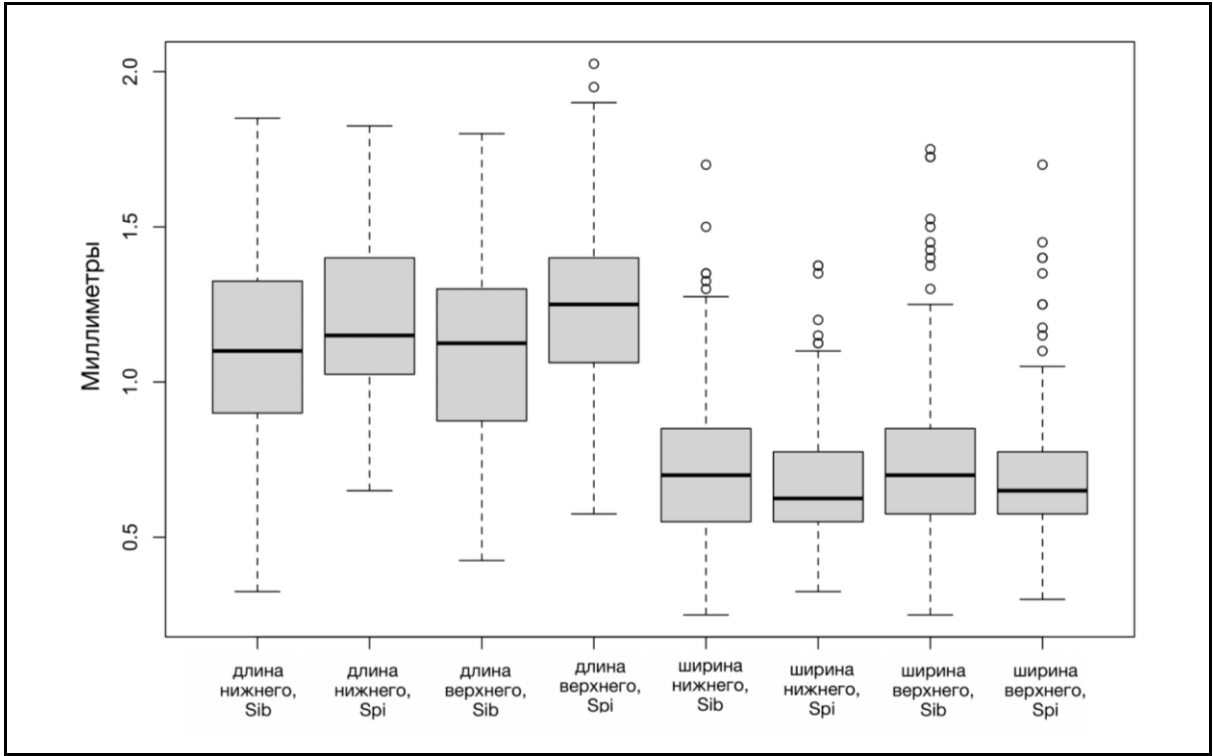


Рис. 14. Длина и ширина нижнего и верхнего прицветника у *M. sibiricum* и *M. spicatum* в миллиметрах

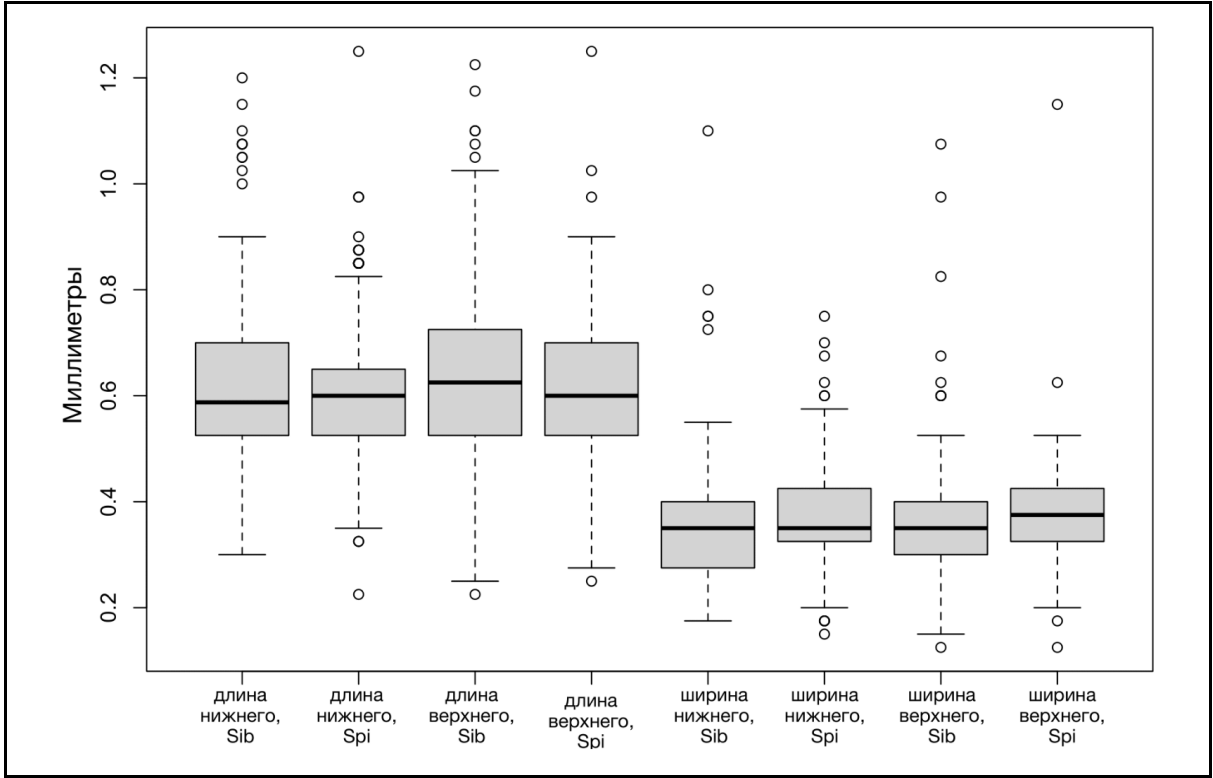
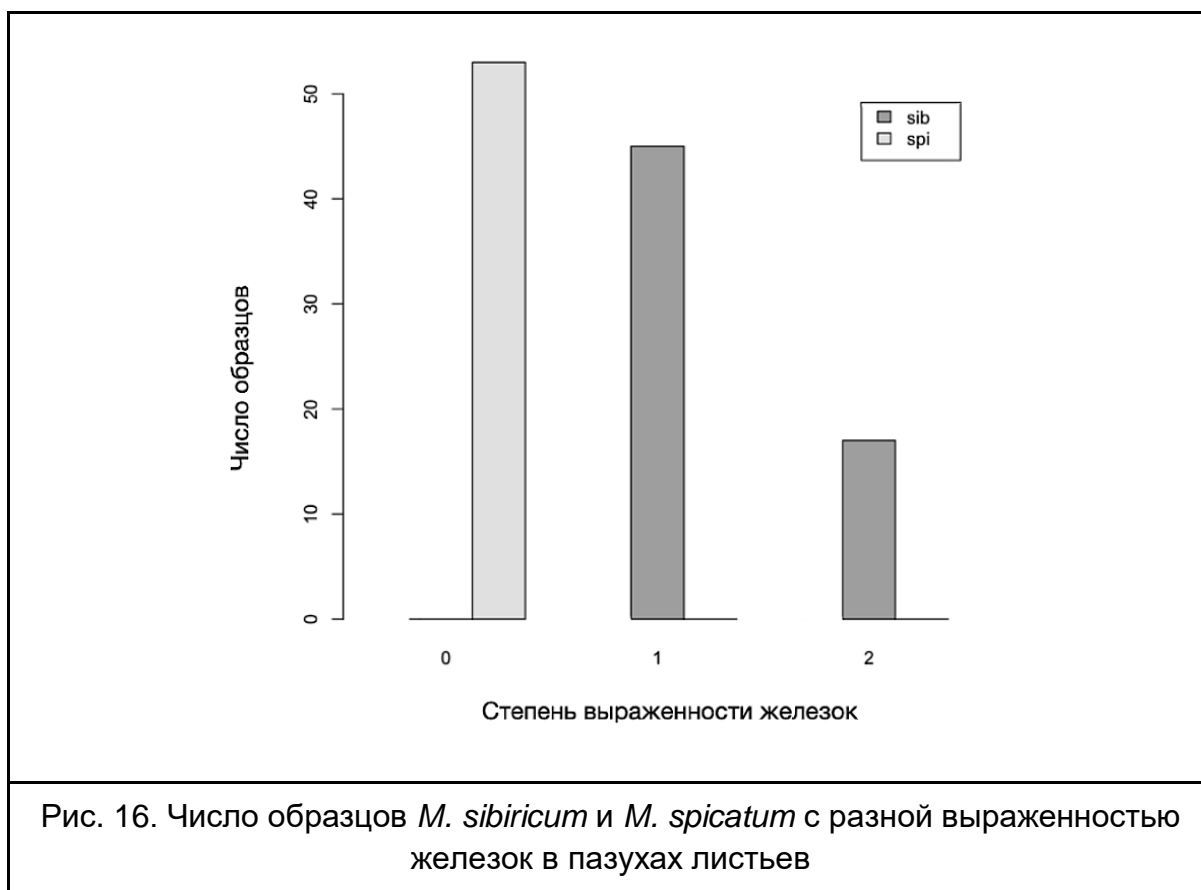


Рис. 15. Длина и ширина нижнего и верхнего прицветника у *M. sibiricum* и *M. spicatum* в миллиметрах



Обсуждение

По результатам наших исследований *M. sibiricum* и *M. spicatum* не имеют значительной изменчивости проверяемых признаков по регионам. Различия между регионами слишком слабо выражены для того, чтобы учитывать их при определении образцов.

Результаты наших исследований наличия или отсутствия железок подтверждают данные Гринталь (1993): у *M. sibiricum* железки в пазухах листьев всегда есть, а у *M. spicatum* их нет. Стоит отметить, что у *M. sibiricum* железки чаще заметны не сразу, их наличие можно подтвердить при более тщательном изучении образца, реже хорошо заметны с первого взгляда. Мы считаем, что это наиболее надежный определительный признак, хотя он редко используется авторами (только Гринталь, 1993 и Бобров и Филиппов, 2012).

Мы показали, что число сегментов листа не зависит от положения листа на стебле, а также что среднее число сегментов листа может быть эффективно использовано для разграничения *M. sibiricum* (как правило до 20) и *M. spicatum* (более 20). В подавляющем большинстве случаев растения с средним числом сегментов меньше 20 должны быть отнесены к *M. sibiricum*, а с более 20 – к *M. spicatum*. Наш результат совпадает с большинством публикаций (табл. 1), кроме Aiken et al., 1979; Aiken, McNeill, 1980. Поскольку размах числа сегментов листа на одном растении слишком большой, нужно анализировать среднее число сегментов по 10 листьям.

Длина и ширина, а также отношения этих показателей у прицветников и прицветничков не могут быть использованы как определительные признаки *M. sibiricum*, *M. spicatum*. Это касается как мужских цветков, так и женских. Низкая эффективность генеративных признаков противоречит опубликованным данным (табл. 2), возможно потому, что эти данные не основаны на промерах. В этом контексте говорить об отличиях гибридов от родительских видов по характеристикам прицветников и прицветничков нет смысла.

До настоящего момента исследование морфометрии *M. sibiricum* и *M. spicatum* на больших выборках нигде не проводили, все исследования осуществляли на образцах на ограниченных территориях из отдельных регионов США и Китая (Moody, Les, 2007; Grafe et al., 2014; Wu et al., 2015). Наше исследование охватывает образцы из разных регионов Северной Евразии (от Восточной части Европы до Дальнего Востока) и основано на морфометрии. Большой охват территорий и значимое число образцов позволяет сделать выводы об изменчивости и достоверности выявленных определительных признаков на территории Северной Евразии.

Выводы

1. У *M. sibiricum* всегда есть железки (могут быть выражены в разной степени), у *M. spicatum* железок нет.
2. *M. sibiricum* и *M. spicatum* отличаются по усредненному по растению числу сегментов листа.
3. Длина, ширина и их отношение не являются определительными признаками *M. sibiricum* и *M. spicatum* и их гибридов.
4. Изменчивость проверяемых нами признаков по регионам не выявлена.

Благодарности

Мы благодарим администрацию Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, в особенности Александра Витальевича Крылова, за возможность проведения исследований на территории стационара Сунога, Александра Андреевича Боброва за предоставление гербарных образцов и помощь в исследовании, а также Сергея Менделевича Глаголева и Екатерину Викторовну Елисееву за организацию летней практики. Мы благодарим Полину Андреевну Волкову за научное руководство, Марию Олеговну Иванову за предоставленные инструкции измерений, Степана Бахмарина за идею исследования.

Литература

Бобров А. А., Филиппов Д. А. (2012). *Myriophyllum sibiricum* (Haloragaceae) в Вологодской области. *Вестник Санкт-Петербургского Университета*, Сер. 3, Вып. 3: 25–30.

- Гринталь А. (1993). Заметка о видах *M. spicatum* L. и *M. sibiricum* Ком. (Haloragaceae). *Новости систематики высших растений*, Том 29: 107–109.
- Власова Н. В. (1996). *Myriophyllum* L. – Уруть. Флора Сибири. Том 10: 121–122
- Aiken S. G., Newroth P. R., Wile I. (1979). The biology of Canadian weeds. *Can. J. Plant Sci*, 59: 201–215.
- Aiken S. G., McNeill, F.L.S. (1980). The discovery of *Myriophyllum exalbescens* Fernald (Haloragaceae) in Europe and the typification of *M. spicatum* L. and *M. verticillatum* L. *Botanical Journal of the Linnean Society*, Vol. 80: 213–222.
- Aiken S. G., Cronquist A. (1988). Lectotypification of *Myriophyllum sibiricum* Komarov (Haloragaceae). *Taxon*, Vol. 37, No. 4: 958–959.
- Chen J., Funston M. (2007). *Flora of China*, Vol. 13: 429–432.
- Dan Y., Dong W., Zhen-yu L., Funston A. M. (2016). Taxonomic revision of the genus *Myriophyllum* (Haloragaceae) in China. *New England Botanical Club, Inc*, Vol. 104, No. 920: 396–421.
- Fernald M. L. (1919). Two new *Myriophyllums* and a species new to the United States. *Rhodora*, Vol. 21, No. 247: 120–124.
- Grafe S F., Boutin C., Pick F. R., Bull R. D. (2014). A PCR-RFLP method to detect hybridization between the invasive Eurasian watermilfoil (*Myriophyllum spicatum*) and the native northern watermilfoil (*Myriophyllum sibiricum*), and its application in Ontario lakes. *Botany*, Vol. 93: 117–121.
- Komarov V. L. (1914). Ex herbario Horti Botanici Petropolitani: Novitates Asiae orientalis. Decas tertia et quarta. *Feddes Repert*, 13: 161–169.
- Moody M. L., Les D. H. (2002). Evidence of hybridity in invasive watermilfoil (*Myriophyllum*) populations. *Ecology*, Vol. 99, No. 23: 14867–14871.
- Moody M. L., Les D. H. (2007). Geographic distribution and genotypic composition of invasive hybrid watermilfoil (*Myriophyllum spicatum* × *M. sibiricum*) populations in North America. *Biol Invasions*, 9: 559–570.
- R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (2022). URL <https://www.R-project.org/>.
- Wu Z., Ding Z., Yu D., Xu X. (2015). Influence of niche similarity on hybridization between *Myriophyllum sibiricum* and *M. spicatum*. *Journal of Evolutionary Biology*, 28: 1465–1475.
- Zuelling M. P., Thum R. A. (2012). Multiple introductions of invasive Eurasian watermilfoil and recurrent hybridization with northern watermilfoil in North America. *J. Aquat. Plant Manage*, 50: 1–19.

