

Московская гимназия на Юго–Западе № 1543

Кафедра биологии

**Исследование морфологической изменчивости
представителей рода *Batrachium* в европейской части России**

Отчет о научно-исследовательской работе

Сяглова Е. (9Б)

Кулакова Д. (9Б)

Научный руководитель

Волкова П. А.

Москва, 2016 г.

Введение

Род *Batrachium* объединяет водные растения, обитающие в различных водоемах (реках, ручьях, озерах, старицах, и т. п.) в умеренном поясе Северного полушария. В европейской части России широко распространены три вида водяных лютиков: *B. trichophyllum* (Chaix) Bosch, *B. kauffmannii* Clerc и *B. circinatum* (Sibth.) Sprach. (Бобров, Мовергоз, 2014). Виды *Batrachium* трудны для идентификации, так как они обладают высокой фенотипической изменчивостью. Вдобавок различные виды водных лютиков могут гибридизировать между собой. Поэтому часто авторы существующих определительных ключей приводят перекрывающиеся значения диагностических признаков, что затрудняет определение (Скворцов, 2000; Цвелев, 2000; Сауткина, 2007; Маевский, 2014; табл. 1.1).

После ревизии образцов была предпринята попытка создать более эффективный определительный ключ (Бобров, неопубл.). Но и там некоторые значения признаков, таких как размер цветков, плодиков, погруженных листьев, опушенность листа, форма нектарной ямки пересекаются у разных видов (табл. 1.2).

Таблица 1. 1. Диагностические признаки по данным разных определителей

Вид Признак	*	<i>B. circinatum</i>	<i>B. kauffmannii</i>	<i>B. trichophyllum</i>
Характеристика черешков	A1	Сидячие, стеблеобъемлющие	С черешками не менее 1.5 см длиной	Почти сидячие
	A2	Сидячие, стеблеобъемлющие	-----	Сидячие или сидячие, но не стеблеобъемлющие
	A3	Стеблеобъемлющие	Не стеблеобъемлющие с длинными черешками	
	A4	Сидячие, стеблеобъемлющие	На черешках	-----

Вид Признак	*	<i>B. circinatum</i>	<i>B. kauffmannii</i>	<i>B. trichophyllum</i>
Форма погруженных листьев	A1	Округлые	Обратно треугольные	Полукруглые или широко яйцевидные
	A2	Округлые	-----	Полукруглые
	A3	Округлые, почковидные	Округлые и клиновидные	
	A4	Округлые	Полукруглые	полукруглые
Длина погруженных листьев	A1	Листья до 2 см длиной	7-10 см длиной	3-5 см длиной
	A2	-----		
	A3	1 – 3	1 – 6	До 4(5)
	A4	1 □ 2	6 □ 10	3-5
Расположение погруженных листьев относительно стебля	A1	Перпендикулярно	Под острыми углами	-----
	A2	Перпендикулярно	-----	-----
	A3	-----		
	A4	Перпендикулярно	Под острыми углами	
Рассеченность погруженного листа	A1	2 – 3-тройчато рассеченные	Многokrратно трехразделенные	Многokrкратно рассеченные
	A2	-----		
	A3	-----		
	A4	2 – 3-тройчато рассеченные	4-5 кратно трехраздельными листьями	3-кратно 3-раздельные
Состояние погруженного листа вне воды	A1	Жесткие не слипающиеся	Слипающиеся в кисточку	Не слипающиеся
	A2	-----		
	A3	Не сходящиеся	Сходящиеся	Отчасти сходящиеся или не сходящиеся
	A4	Жесткие не слипающиеся	Слипающиеся в кисточку	Курчаво растопыренные
Длина лепестков(мм)	A1	6 – 10	4 – 7	3.5 – 5.5
	A2	-----		
	A3	6 – 10	4 – 7	3.5 – 5.5
	A4	-----		

Вид Признак	*	<i>B. circinatum</i>	<i>B. kauffmannii</i>	<i>B. trichophyllum</i>
Длина средней части относительно боковых частей	A1	-----	Со средней частью короче боковых	
	A2	-----		
	A3	-----		
	A4	-----	Со средней частью короче боковых	
Цвет погруженного листа	A1	-----	Темно-зеленый	
	A2	-----	-----	Темно-зеленый
	A3	-----		
	A4	-----	темно-зелеными	
Опушенность стебля и листового влагалища	A1	-----	-----	опушены
	A2	-----	-----	опушены
	A3	Цветоложе опушено	-----	-----
	A4	-----	-----	кверху волосистые
Количество плодиков	A1	-----	-----	25 – 30
	A2	-----		
	A3	-----		
	A4	Не свыше 25-30	-----	-----
Диаметр цветков (см)	A1	-----		
	A2	1.4 – 1.6	-----	1.2 – 1.5
	A3	-----		
	A4	1.5-1.8	1.2-1.5	-----
Длина стебля (см)	A1	-----		
	A2	5 – 25	-----	5 – 15
	A3	-----		
	A4	-----		
Расположение сегментов по плоскостям	A1	-----		
	A2	-----		
	A3	В одной плоскости	В разных плоскостях	В разных плоскостях
	A4	-----		
Длина плодиков (мм)	A1	-----		
	A2	-----		
	A3	-----	-----	1.2 – 1.5
	A4	Длиннее 1,5	-----	
Опушенность плодиков	A1	-----		
	A2	-----		

Вид Признак	*	<i>B. circinatum</i>	<i>B. kauffmannii</i>	<i>B. trichophyllum</i>
	A3	-----		
	A4	-----	Голые или несколько щетинистые	Щетинистые
Форма нектарной ямки	A1	-----		
	A2	-----		
	A3	-----	-----	Полулунная
	A4	Полулунная	-----	Полулунная
Длина конечных сегментов	A1	-----		
	A2	-----		
	A3	-----	Длиннее 1 см	Конечные сегменты короче 1 см
	A4	-----		
Длина погруженных листьев относительно междоузлий	A1	-----		
	A2	Намного короче междоузлий	-----	Не короче междоузлий
	A3	-----		
	A4	Намного короче междоузлий	-----	-----
Длина цветоноса	A1	-----		
	A2	-----		
	A3	-----		
	A4	Длинный	Длиннее листьев или равны им	-----

* A1 – определитель Маевского (2014); A2– определитель Скворцова (2000); A3 – определитель Цвелева (2000); A4 □ Лисицына, Папченков (2000).

Таблица 1. 2. Значения диагностических признаков, использованных для различения трех видов водных лютиков в ключе А. Боброва (неопubl.)

Вид Признак	<i>B. circinatum</i>	<i>B. kauffmannii</i>	<i>B. trichophyllum</i>
Длина погруженного листа (см)	1 – 2(3)	5 – 10	менее 5
Длина черешков	Сидячие, немного стеблеобъемлющие	На довольно длинных черешках, не стеблеобъемлющие	На коротких черешках или почти сидячие
Форма погруженных л.	От округлых до	От полукруглых до обратотреугольных	

Вид	<i>B. circinatum</i>	<i>B. kauffmannii</i>	<i>B. trichophyllum</i>
Признак			
	почковидных		
Состояние погруженного л. вне воды	Жёсткие, вне воды не спадающие	Вне воды кистевидно спадающие	Вне воды почти не спадающие или частично спадающие
Расположение относительно стебля	Перпендикулярно стеблю	Под углом к стеблю	
Расположение сегментов в плоскостях	В одной плоскости	В разных плоскостях	
Длина п. л. относительно междоузлий	Обычно в 4 – 5 раз короче междоузлий	Длиннее междоузлий	Немного короче или равны междоузлиям
Длина внутренней части пластинки	-----	Внутренняя часть пластинки короче боковых	Внутренняя часть пластинки равна боковым
Длина конечных сегментов (см)	-----	более 1	менее 1
Опушенность листьев, их влагилиц и верхних частей стебля	Голые или с единичными волосками	Голые, однако, во время цветения верхние из них могут быть покрыты волосками.	В той или иной степени, волосистые
Число конечных сегментов листьев	40 – 90	3 – 5(6)-трёхрассечённые	-----
Диаметр цветка (мм)	12 – 20	10—15	6 – 11
Форма нектарной ямки	Полулунная		-----
Диаметр плодика (мм)	-----	более 1.7	1 – 1.7

Указанные в табл. 1.2. признаки не единственные, по которым можно различать *B. trichophyllum*, *B. kauffmannii* и *B. circinatum*. Также могут оказаться эффективными другие признаки, которые применяются для разграничения иных видов рода *Batrachium* (табл. 2, Бобров, неопубл.).

Поэтому мы решили провести анализ морфологии водных лютиков из разных географических регионов, чтобы получить полную информацию о внутривидовой изменчивости и выявить диагностические признаки, позволяющие уверенно разграничивать эти три вида.

Цели и задачи

Цель: Выявить диагностические признаки, по которым можно будет отличить друг от друга *B. trichophyllum*, *B. kauffmannii* и *B. circinatum*.

Задачи:

1. Исследовать морфологическую изменчивость внутри видов *B. trichophyllum*, *B. kauffmannii* и *B. circinatum* по различным параметрам;
2. Выявить признаки, по которым можно уверенно различать *B. trichophyllum*, *B. kauffmannii* и *B. circinatum* и создать определительный ключ;
3. Сопоставить полученный определительный ключ с аналогичными работами других авторов.

Материалы и методы

Мы получили промеры водных лютиков *B. circinatum* (4 свежих растения из Тверской области), *B. kauffmannii* (гербарный материал: 7 растений из Вологодской области и по одному республики Коми и Архангельской области) и *B. trichophyllum* (гербарный материал, по одному растению из Магаданской области, Камчатского края, республики Карелии, республики Коми, Волгоградской области). На каждом растении фиксировали признаки, которые в литературе были указаны как диагностические (табл. 2), все измерения проводили на главном побеге в миллиметрах (с одного растения было от 1 до 20 промеров в зависимости от типа признака).

Таблица 2. Морфологические признаки, проанализированные в ходе работы

<p>Погруженные листья (измеряли средние и верхние)</p>	<p>Длина черешка Опушенность черешка – отсутствует/слабая/сильная Длина листовой пластинки Длина участка между 1 и 2 бифурк. латер. части (рис. 1) Длина средней части листа (рис. 1) Длина участка между 1 и 2 бифурк. сред. части (рис. 1) Длина участка между 1 и 3 бифурк. сред. части (рис. 1) Общее число порядков бифурк. латер. части (рис. 1) Общее число порядков бифурк. сред. части (рис. 1) Опушенность сегментов листьев – отсутствует/слабая/сильная Длина листа по отношению к междоузлию – лист заметно (в 1,5 раза и более) короче междоузлия/лист примерно равен междоузлию/лист значительно (в 1,5 раза и более) длиннее междоузлия Число порядков бифурк. листовой пластинки – 3 шт./4 шт./5 шт./более 5 (рис. 1) Число конечных сегментов – менее 30/от 31 до 50/более 50 (рис. 1) Форма листовой пластинки (рис. 2) Консистенция листовой пластинки (рис. 3) Взаимное расположение сегментов лист. пласт. (рис. 4) Соотношение длин латер. и средней частей – средняя часть короче латеральных/средняя часть равна латеральным/средняя часть заметно короче (в 2 и более раза) латеральных Опушенность прилистников – отсутствует/слабая/сильная</p>
------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Цветки	Длина цветоноса вместе с цветком Длина лепестка Наибольшая ширина лепестка Положение наибольшей ширины лепестка – в средней части/выше середины Форма нектарных ямок (рис. 5) Число лепестков Диаметр цветка Тип цветка – нормальный/клейстогамный/оба типа
Плоды	Длина плодика Ширина плодика Число плодиков в одном многоорешке – менее 15/от 16 до 30/более 30 Опушенность плодиков – отсутствует/слабое/сильное Положение носика – терминальное/вентральное Длина плодоножки Положение плодоножки – прямая/загнутая кверху Фертильность – полная стерильность (6 цветоносов подряд не несут плодов)/частичная стерильность (некоторые плодики недоразвиты)/ полная фертильность Опушенность цветоложа (рис. 6)

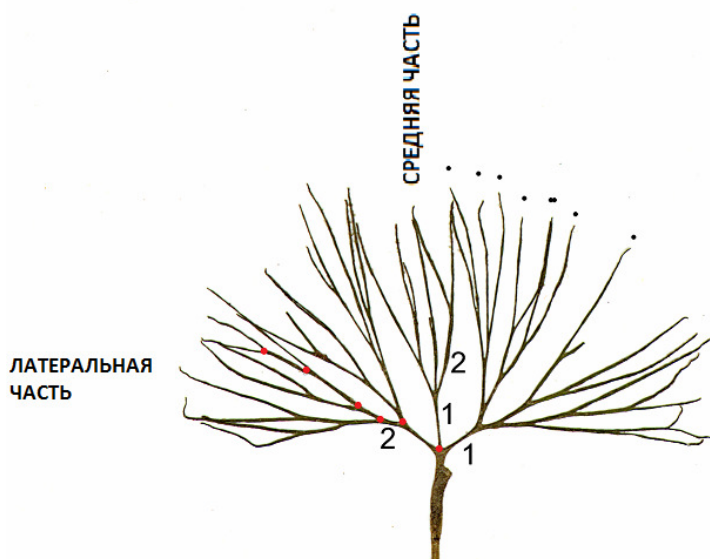


Рисунок 1. Части листовой пластинки (рис. подготовлен А. Бобровым)
1 – участок между первой и второй бифуркациями, 2 – участок между второй и третьей бифуркациями

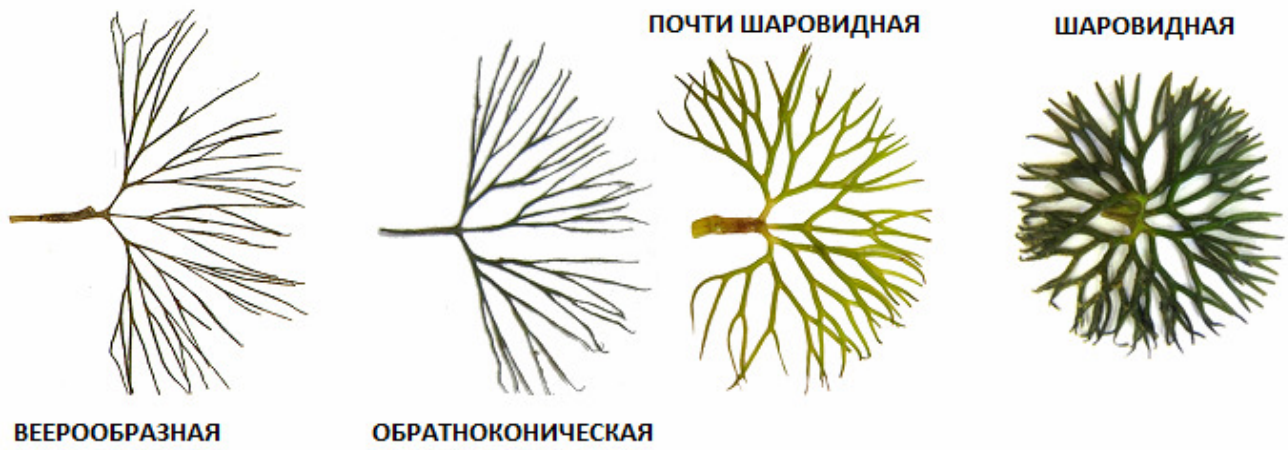


Рисунок 2. Форма листовой пластинки погруженного листа (рис. подготовлен А. Бобровым)

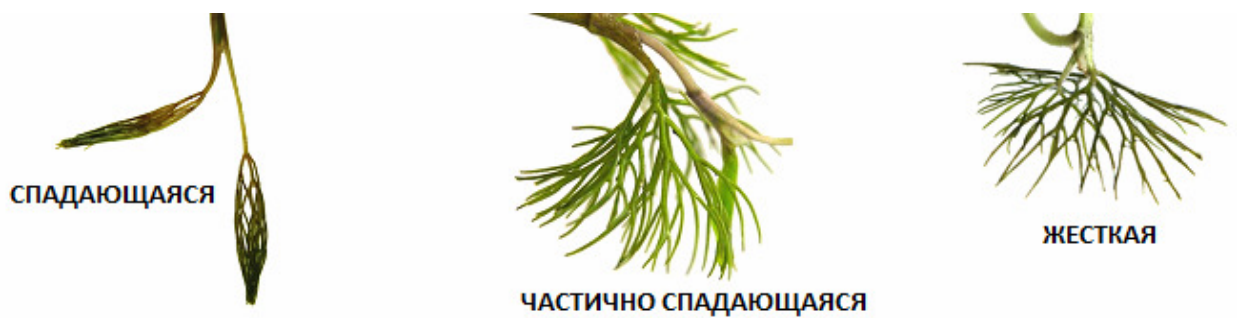


Рисунок 3. Консистенция погруженного листа (рис. подготовлен А. Бобровым)

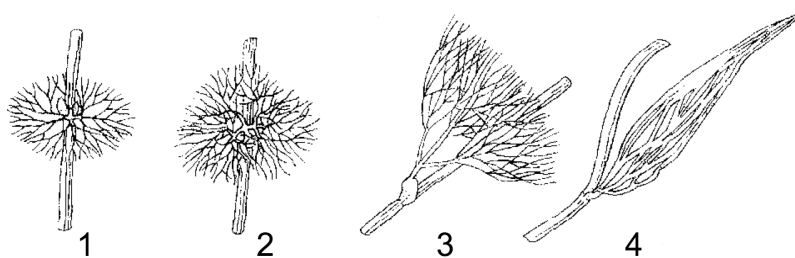


Рисунок 4. Взаимное расположение сегментов погруженного листа (рис. подготовлен А. Бобровым): 1 – лежат в одной плоскости, 2, 3, 4 – в разных плоскостях

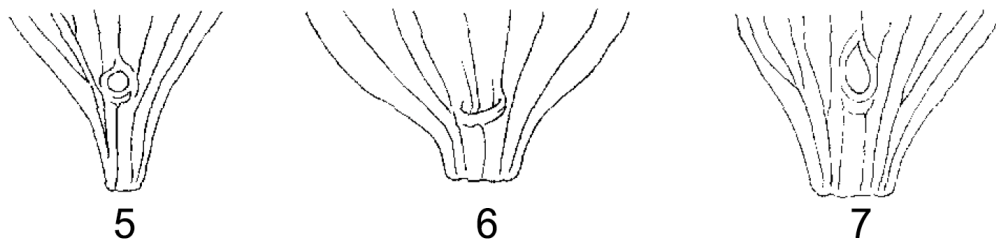


Рисунок 5. Форма нектарных ямок (рис. подготовлен А. Бобровым): 5 – круглая, 6 – полулунная, 7 – грушевидная

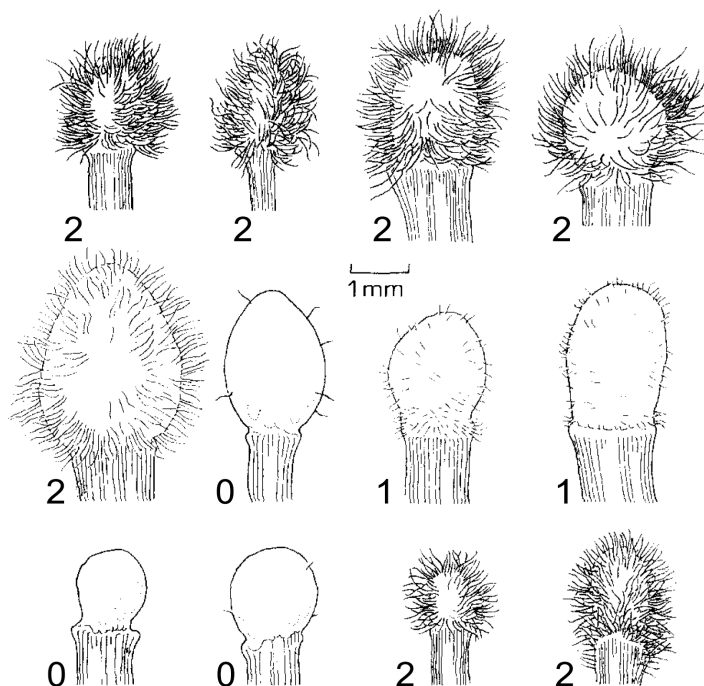


Рисунок 6. Опушенность цветоложа при плодах (плодики удалить): отсутствует (0), слабое (только единичные волоски) (1), сильное (2) (рис. подготовлен А. Бобровым)

Результаты

Все три вида различаются по размеру листа, но характер этих различий не одинаков для разных промеров листа. Если мы проанализируем данные, то увидим, что: длина листовая пластинки; длина черешка; длина междоузлия; длина участка между 1 и 2 бифуркациями как латеральной, так и средней части у *B. kauffmannii* достоверно крупнее двух других видов, а значения *B. circinatum* и *B. trichophyllum* перекрываются (рис. 7 – 9, 13; табл. 3). Длина средней части листа и длина участка между 2 и 3 ее бифуркациями, а также длина черешка *B. trichophyllum* достоверно мельче двух других видов (рис. 10 – 12; табл. 3). Все различия статистически значимы (тест Краскел-Уоллиса, тест Вилкоксона, $p < 0.05$).

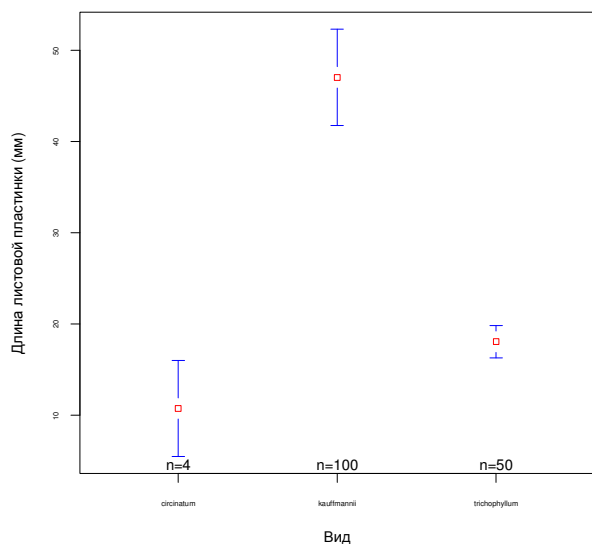


Рисунок 7. 95-процентные доверительные интервалы для длины листовой пластинки погруженного листа

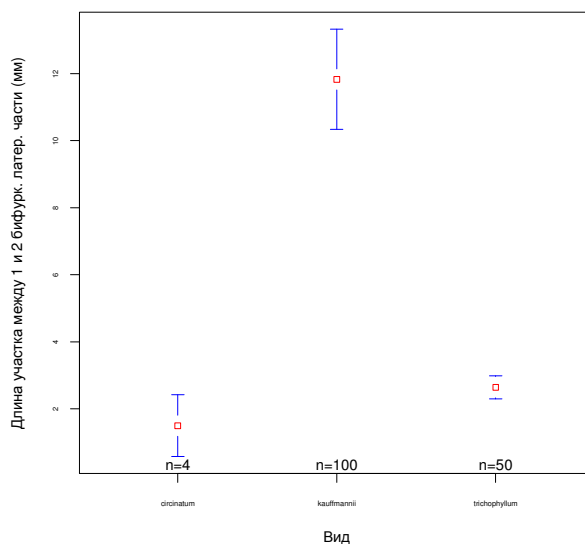


Рисунок 8. 95-процентные доверительные интервалы для длины участка между 1 и 2 бифуркациями латеральной части погруженного листа

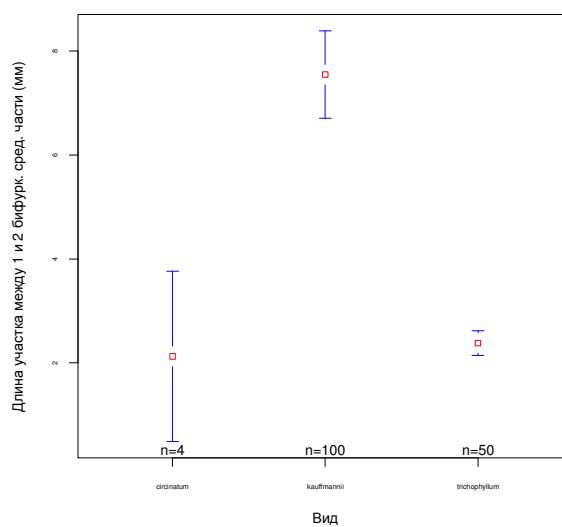


Рисунок 9. 95-процентные доверительные интервалы для длины участка между 1 и 2 бифуркациями средней части погруженного листа

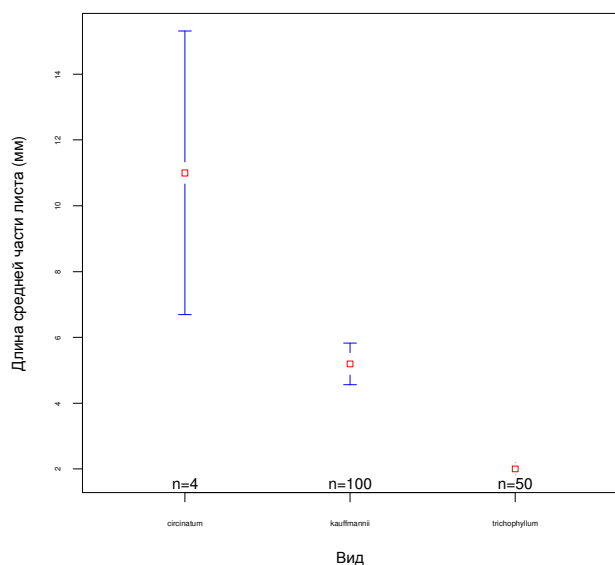


Рисунок 10. 95-процентные доверительные интервалы для длины средней части погруженного листа

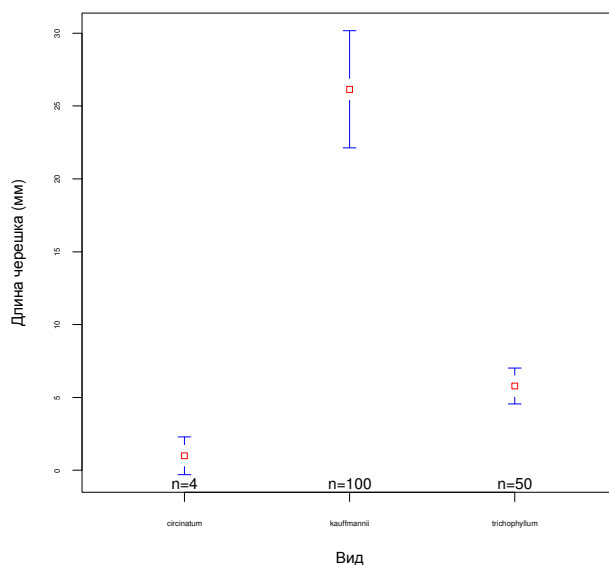


Рисунок 11. 95-процентные доверительные интервалы для длины черешка погруженного листа

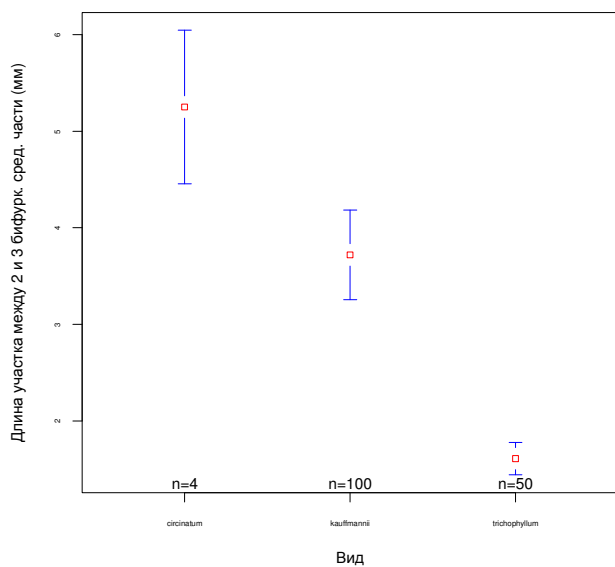


Рисунок 12. 95-процентные доверительные интервалы для длины участка между 2 и 3 бифуркациями средней части погруженного листа

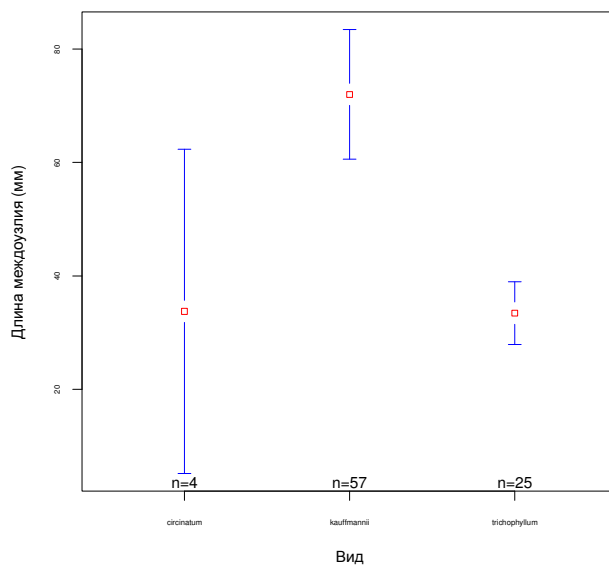


Рисунок 13. 95-процентные доверительные интервалы для длины междоузлия

Листья *B. circinatum* сильнее рассечены, чем у двух других видов (тест Краскел-Уоллиса, попарный тест Вилкоксона, $p < 0.05$), (рис. 14 – 15, табл. 3).

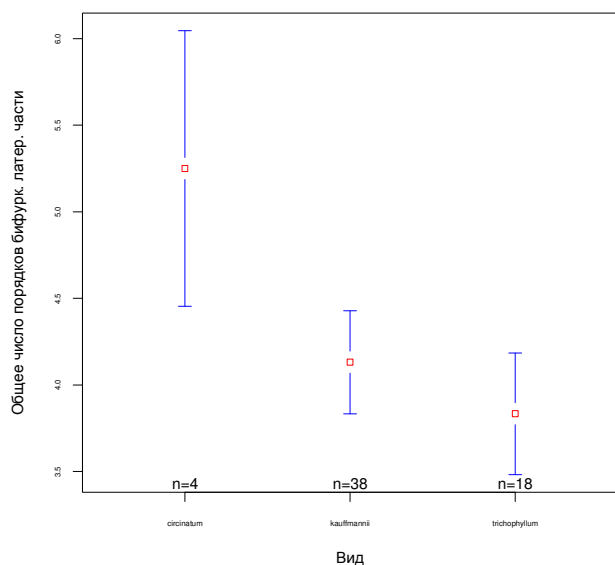


Рисунок 14. 95-процентные доверительные интервалы для общего числа порядков бифуркаций латеральной части погруженного листа

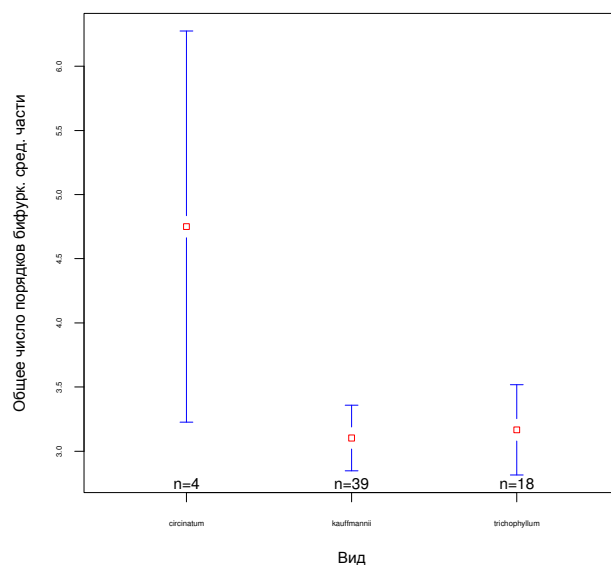


Рисунок 15. 95-процентные доверительные интервалы для общее числа порядков бифуркаций средней части погруженного листа

Цветки *B. circinatum* и *B. kauffmannii* достоверно крупнее цветков *B. trichophyllum* (рис. 16 – 17, табл. 3), и эти различия статистически значимы (тест Краскел-Уоллиса, тест Вилкоксона, $p < 0.05$).

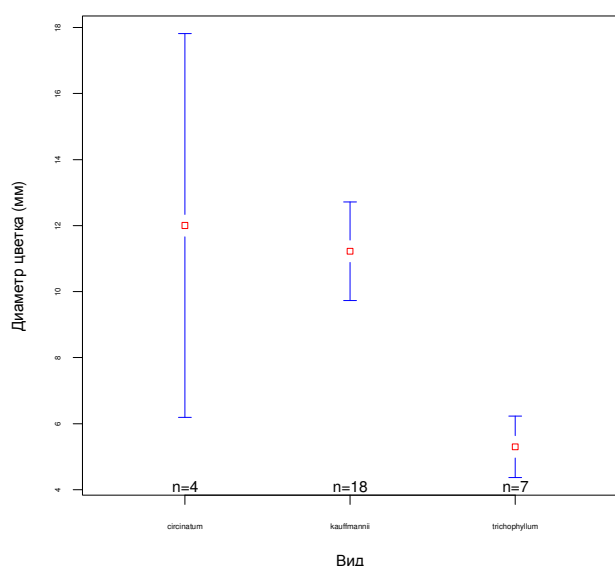


Рисунок 16. 95-процентные доверительные интервалы для диаметра цветка

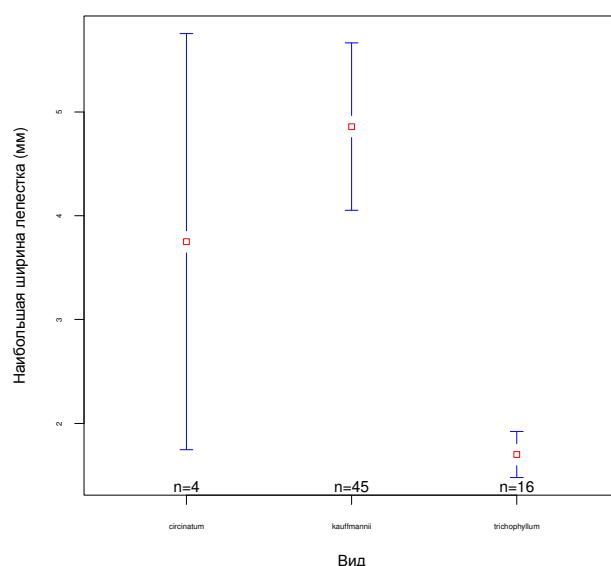


Рисунок 17. 95-процентные доверительные интервалы для наибольшей ширины лепестка

Плодики всех трех видов, также длина плодоножки и цветоноса вместе с цветком не различаются между собой по размерам и эти различия статистически значимы (тест Краскел-Уоллиса, попарный тест Вилкоксона, $p < 0.05$), (рис. 18 – 21, табл. 3).

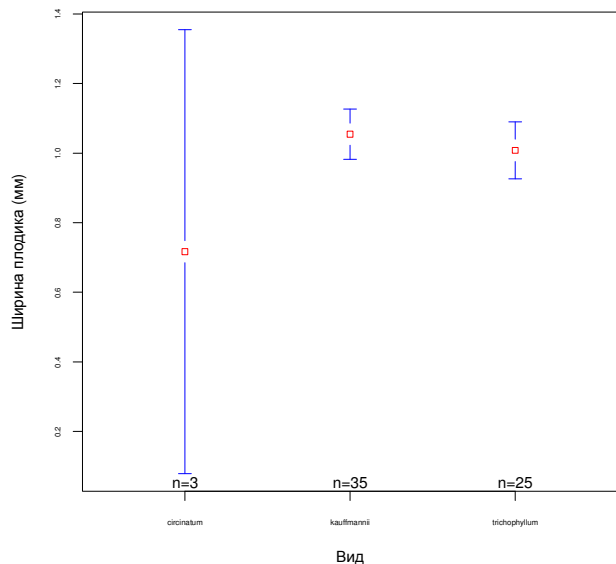


Рисунок 18. 95-процентные доверительные интервалы для ширины плодика

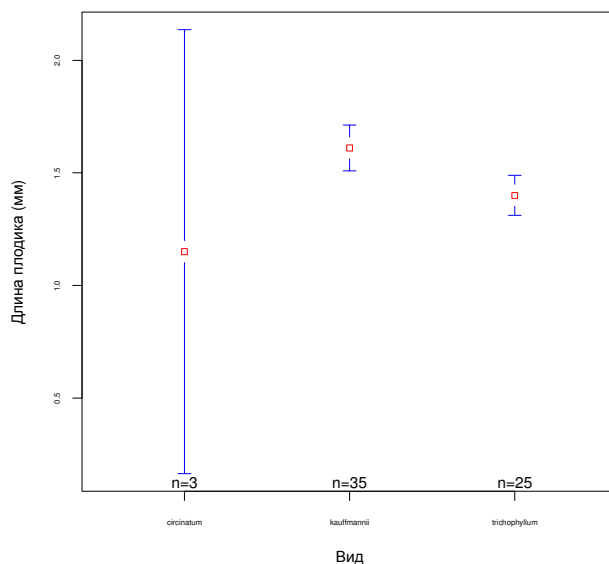


Рисунок 19. 95-процентные доверительные интервалы для длины плодика

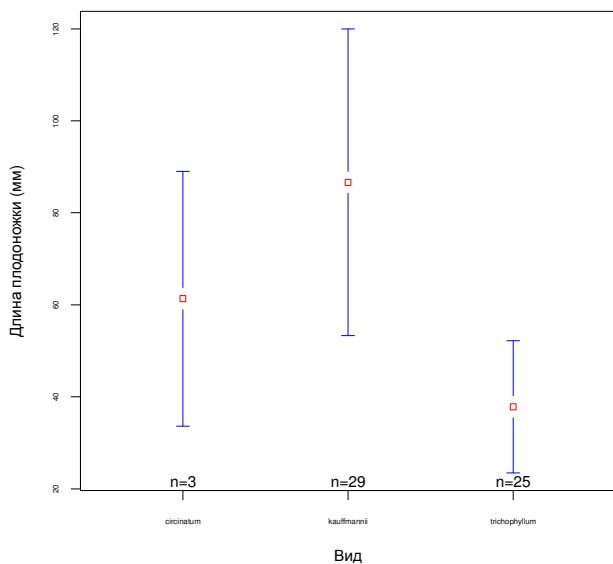


Рисунок 20. 95-процентные доверительные интервалы для длины плодоножки

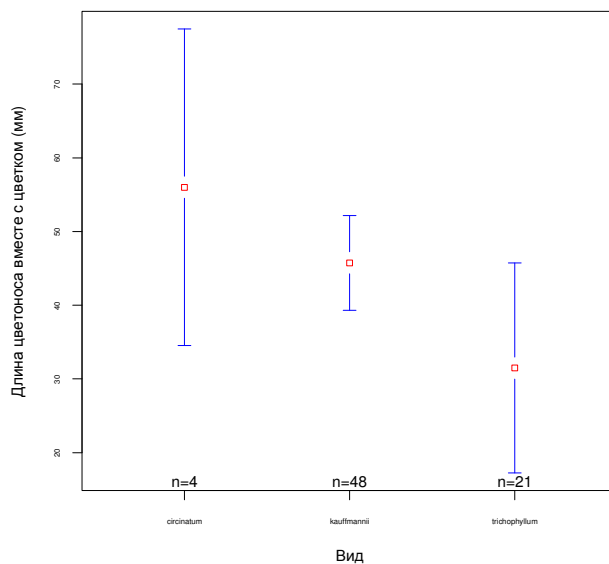


Рисунок 21. 95-процентные доверительные интервалы для длины цветоноса вместе с цветком

Листья всех трех видов в большинстве своем слабо опушены (у *B. circinatum* опушение может вовсе отсутствовать); черешки голые, реже имеется слабое опушение (рис. 22 – 23, табл. 3).

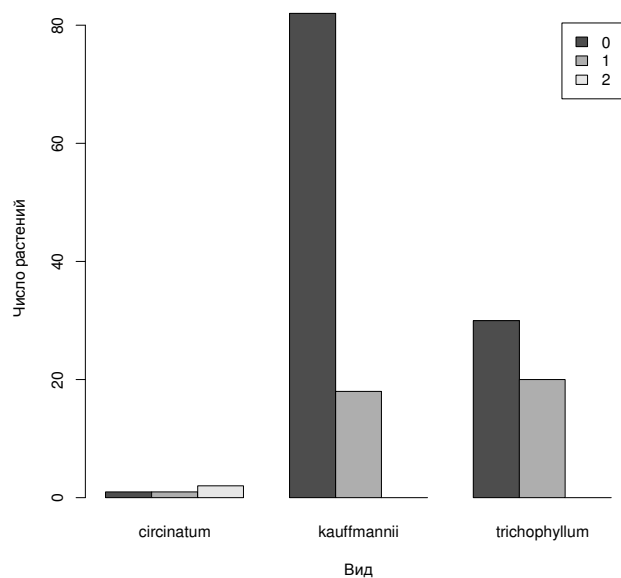


Рисунок 22. Опушенность черешка погруженного листа (0 – отсутствует, 1 – слабая, 2 – сильная)

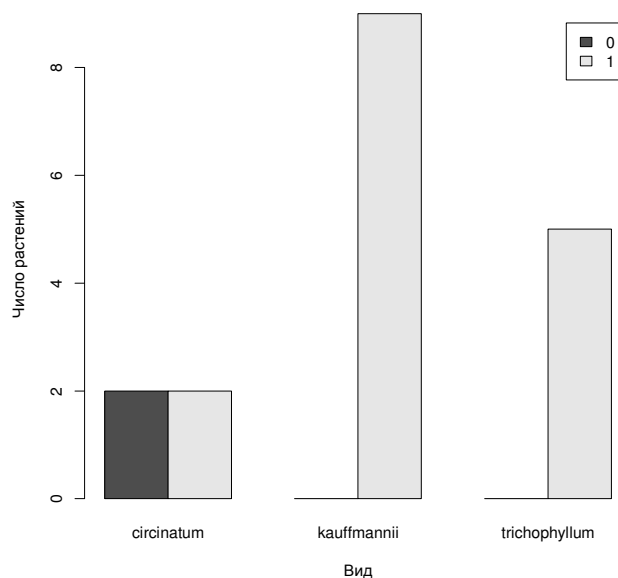


Рисунок 23. Опушенность сегментов листьев (0 – отсутствует, 1 – слабая, 2 – сильная)

Длина листьев всех трех видов заметно короче междоузлия, реже примерно равна им (рис. 24, табл. 3).

У листовой пластинки *B. circinatum* 5 и более порядков бифуркаций, у *B. kauffmannii* – 3 – 5 порядков, а у *B. trichophyllum* – 3 и 4 (рис. 25, табл. 3).

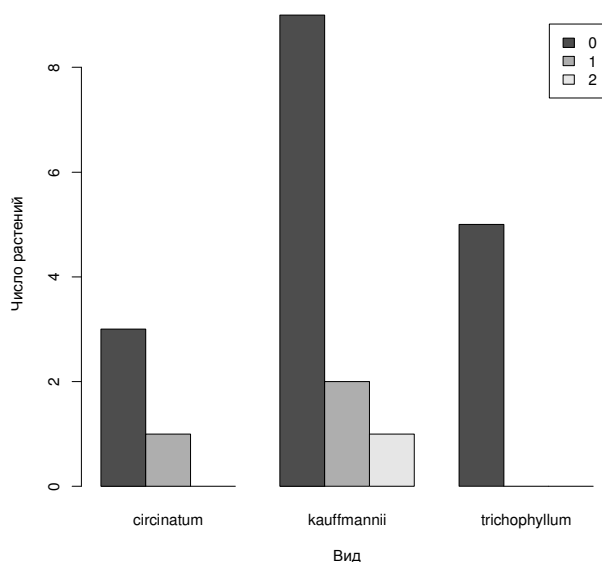


Рисунок 24. Длина листа по отношению к междоузлию (0 – лист заметно (в 1,5 раза и более) короче междоузлия, 1 – лист примерно равен междоузлию, 2 – лист значительно (в 1,5 раза и более) длиннее междоузлия)

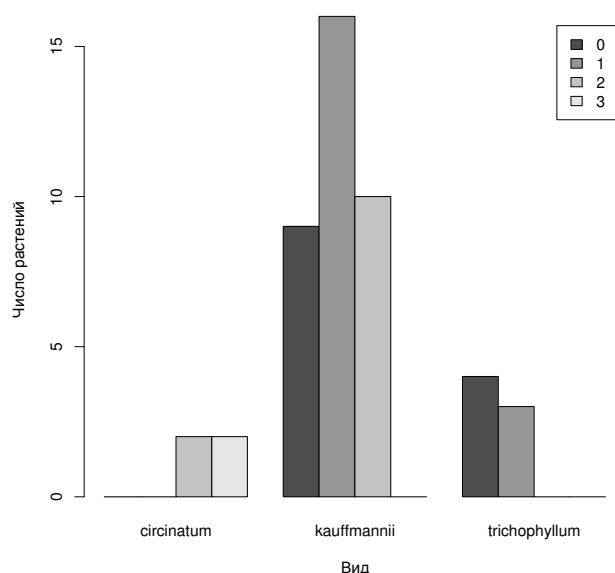


Рисунок 25. Число порядков бифурк. листовой пластинки (0 – 3 шт., 1 – 4 шт., 2 – 5 шт., 3 – более 5)

Число конечных сегментов *B. circinatum* менее 30, а у *B. kauffmannii* и *B. trichophyllum* более 30 (рис. 26, табл. 3).

Листовые пластинки *B. kauffmannii* более или менее шаровидные и спадающиеся, а у *B. circinatum* – веерообразные и б.м. жесткие. Листья *B. trichophyllum* могут иметь разную форму и консистенцию (рис. 27 – 28, табл. 3).

Сегменты листовой пластинки у *B. kauffmannii* и *B. trichophyllum* лежат в одной плоскости, а у *B. circinatum* в разных плоскостях (рис. 29, табл. 3).

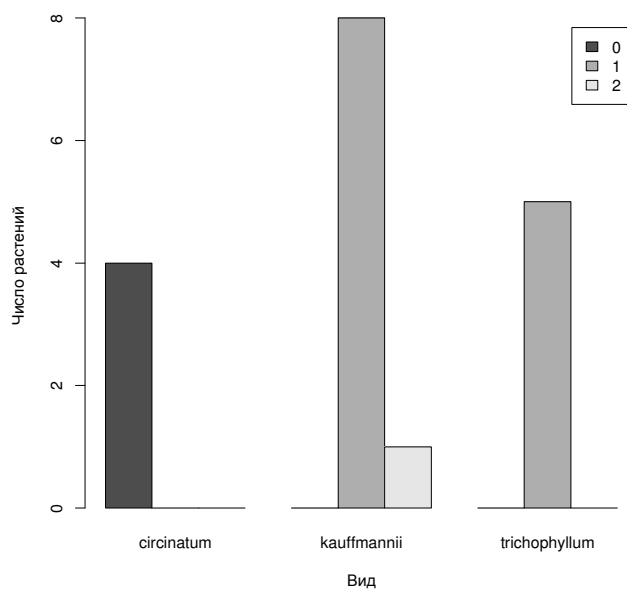


Рисунок 26. Число конечных сегментов (0 – менее 30, 1 – от 31 до 50, 2 – более 50)

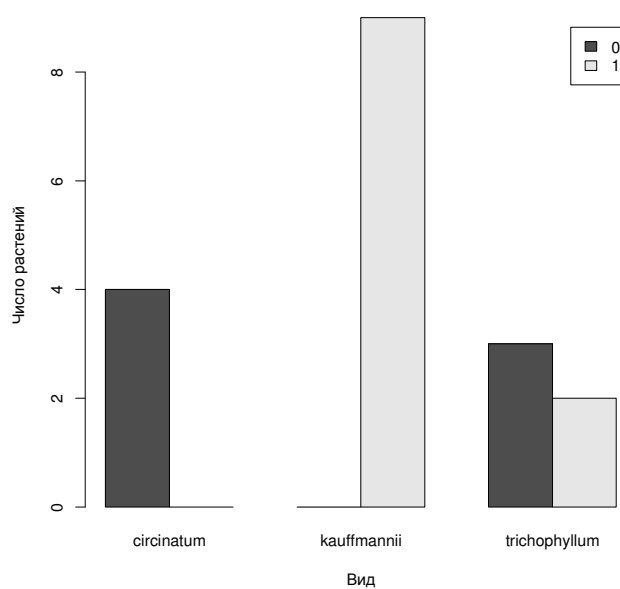


Рисунок 27. Форма листовой пластинки (0 – веерообразная/обратноконическая, 1 – почти шаровидная/шаровидная)

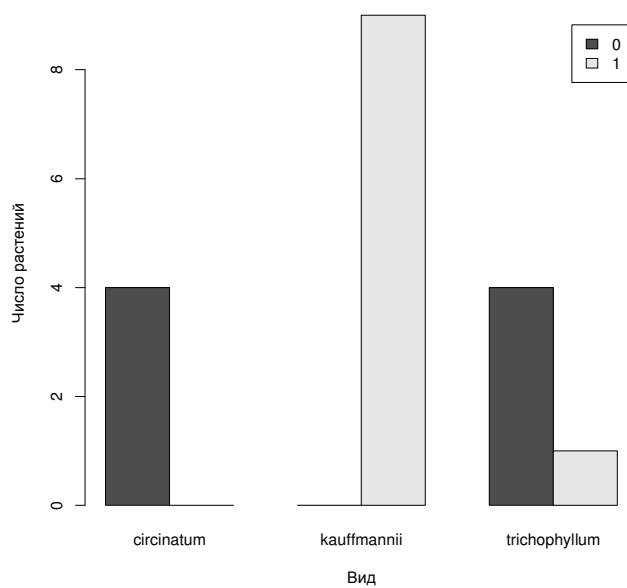


Рисунок 28. Консистенция листовой пластинки (0 – частично спадающаяся/жесткая, 1 – спадающаяся)

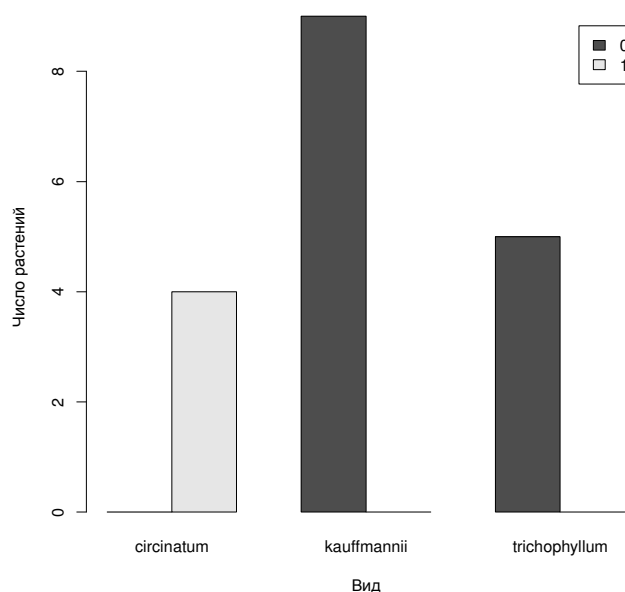


Рисунок 29. Взаимное расположение сегментов лист. пласт. (лежат 0 – в разных плоскостях, 1 – в одной плоскости)

У всех трех видов наблюдаются разные соотношения между длиной средней и латеральной частями листа (рис. 30, табл. 3).

У *B. kauffmannii* и *B. trichophyllum* наблюдается слабая опушенность прилистников (реже у *B. kauffmannii* она отсутствует), для *B. circinatum* мы не располагаем данными по этому признаку (рис. 31, табл. 3).

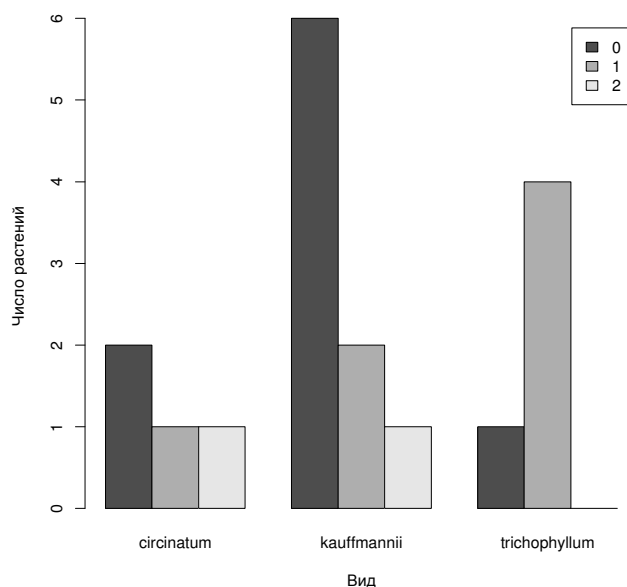


Рисунок 30. Соотношение длин латер. и средней частей (0 – средняя часть короче латеральных, 1 – средняя часть равна латеральным, 2 – средняя часть заметно короче (в 2 и более раза) латеральных)

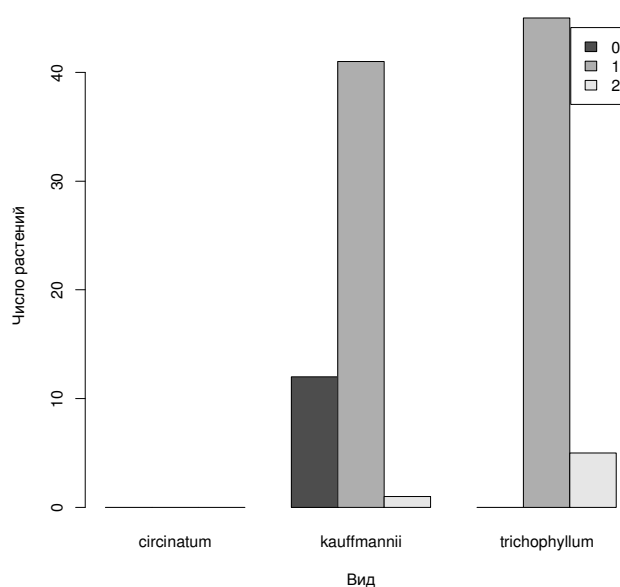


Рисунок 31. Опушенность прилистников (0 – отсутствует, 1 – слабая, 2 – сильная)

Наибольшая ширина лепестка *B. circinatum* находится в его средней части, а у *B. kauffmannii* и *B. trichophyllum* – выше середины (рис. 32, табл. 3).

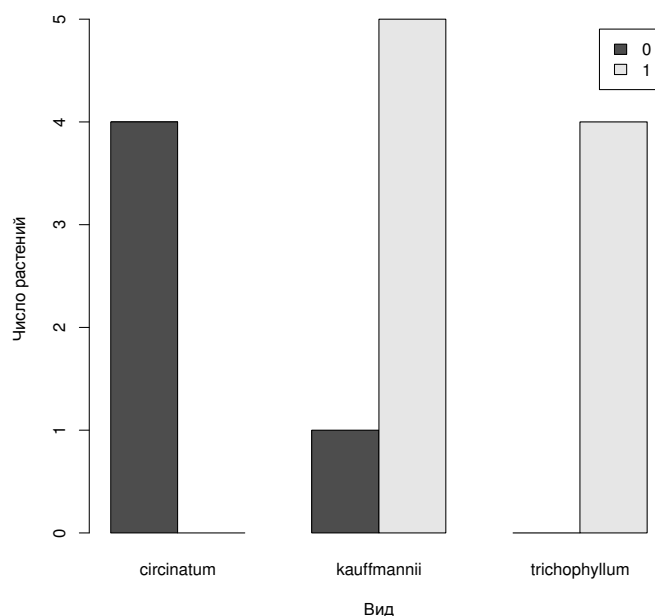


Рисунок 32. Положение наибольшей ширины лепестка (0 – в средней части, 1 – выше середины)

Нектарная ямка у *B. kauffmannii* и *B. trichophyllum* полулунная, а у *B. circinatum* в половине случаев – полулунная, а в половине – грушевидная (рис. 33, табл. 3).

У *B. circinatum* и *B. trichophyllum* более 16 плодиков в многоорешке, а у *B. kauffmannii* число плодиков варьирует в широких пределах (рис. 34, табл. 3).

Плодики *B. kauffmannii* и *B. trichophyllum* слабо опушены и носик этих видов расположен вентрально. Плодики *B. circinatum* не опушены вовсе или имеют слабое опушение, и носик может принимать как вентральное, так и терминальное положение (рис. 35 – 36, табл. 3).

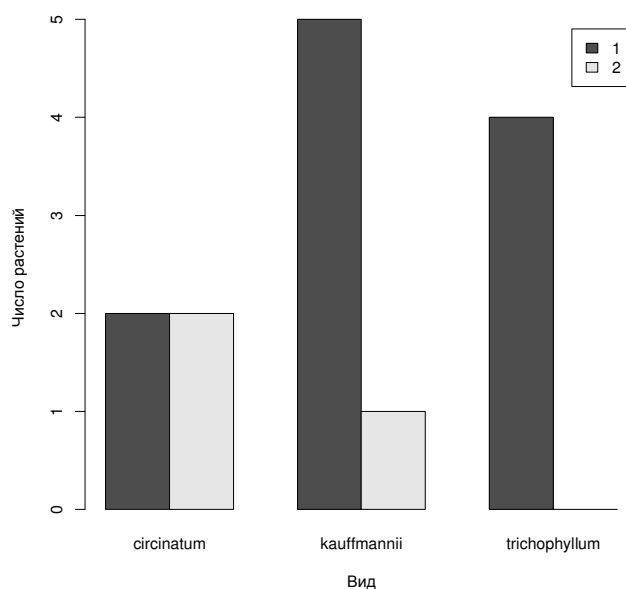


Рисунок 33. Форма нектарных ямок (0 – круглая, 1 – полулунная, 2 – грушевидная)

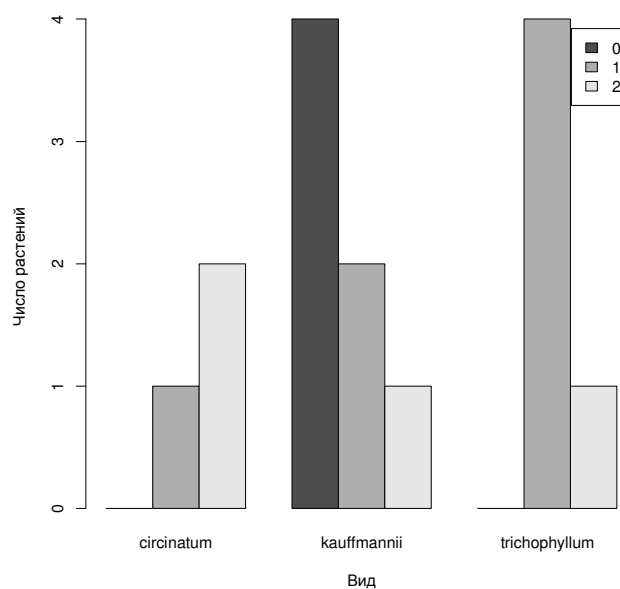


Рисунок 34. Число плодиков в одном многоорешке (0 – менее 15, 1 – от 16 до 30, 2 – более 30)

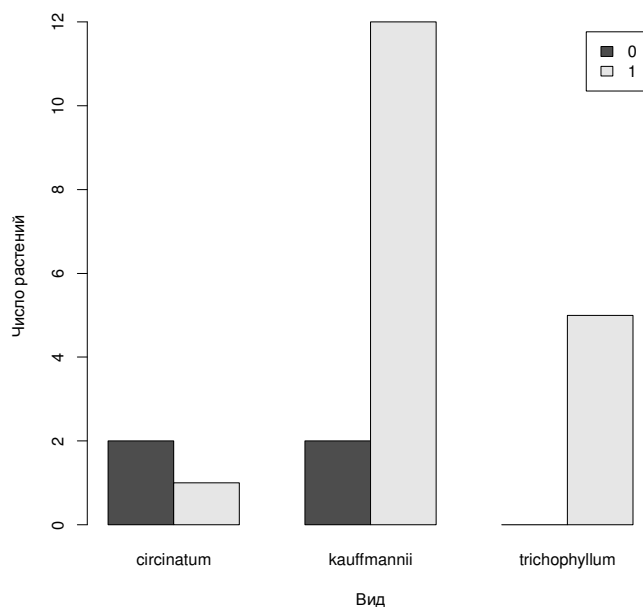


Рисунок 35. Опушенность плодиков (0 – отсутствует, 1 – слабая, 2 – сильная)

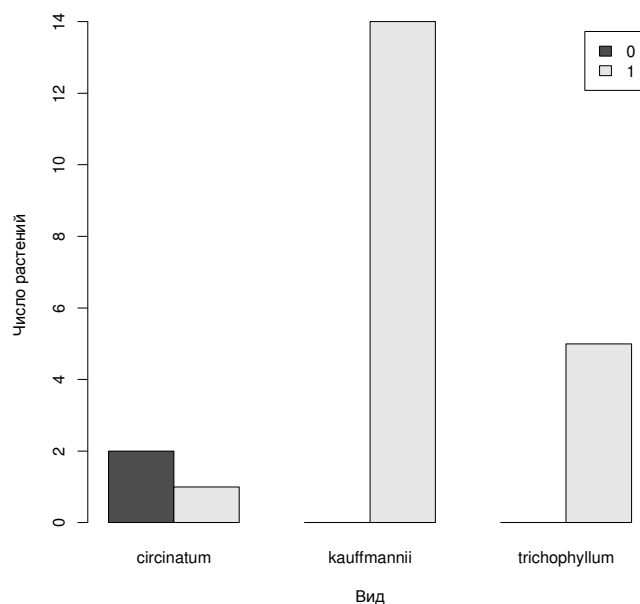


Рисунок 36. Положение носика (0 – терминальное, 1 – вентральное)

Таблица 3. Внутривидовая морфологическая изменчивость трех видов водных лютиков по нашим данным

Вид	<i>B. circinatum</i>	<i>B. kauffmannii</i>	<i>B. trichophyllum</i>
Признак			
Диаметр цветка (мм)	(8)9.5 – 14.5(16)	(5)10 – 13(15)	(4)5 – 6(7)
N	4	18	7
Длина черешка погруженного листа (мм)	(0)1 – 1.5(2)	(2.5)12 – 30(80)	(1)3 – 6.5(23)
N	4	100	50
Опушенность черешка (%)	Отсутствует – 25, слабая – 25, сильная – 50	Отсутствует – 82, слабая – 18, сильная – 0	Отсутствует – 60, слабая – 40, сильная – 0
N	4	100	50
Длина междоузлия (мм)	(20)24 – 37.5(60)	(19)34 – 96(194)	(11)23 – 46(51)
N	4	57	25
Тип цветка (%)	Нормальный (хазмогамный) – 100		
N	4	57	25

Вид	<i>B. circinatum</i>	<i>B. kauffmannii</i>	<i>B. trichophyllum</i>
Признак			
Длина листовой пластинки (мм)	(7)9 – 12(15)	(13)27 – 58(138)	(10)13 – 23(31.5)
N	4	100	50
Длина участка между 1 и 2 бифурк. латер. части (мм)	(1)1 – 2(2)	(2)7 – 16(34)	(1)2 – 3(7)
N	4	100	50
Длина средней части листа (см)	(9)10 – 11(15)	(1)3 – 7(18)	(0.5)1 – 3(4)
N	4	100	50
Длина участка между 1 и 2 бифурк. сред. части (мм)	(1)1.5 – 3(3)	(2)5 – 9(26)	(1)2 – 3(5)
N	4	100	50
Длина участка между 2 и 3 бифурк. сред. части (мм)	(5)5 – 5.5(6)	(0.5)2 – 4.5(12)	(0.5)1 – 2(3)
N	4	100	50
Наибольшая ширина лепестка (мм)	(2)3.5 – 4(5)	(1)2 – 7(8)	(1)1.5 – 2(2.5)
N	4	45	16
Общее число порядков бифурк. латер. части	(5)5 – 5(6)	(2)4 – 5(6)	(3)3 – 4(5)
N	4	38	18
Общее число порядков бифурк. сред. части	(4)4 – 5(6)	(2)3 – 3(5)	(2)3 – 4(4)
N	4	39	18
Длина плодоножки	(53)55 – 65.5(74)	(25)39 – 79(345)	(8)19 – 39(149)
N	3	29	25
Длина цветоноса вместе с цветком	(36)54 – 63.5(65)	(2.5)31.5 – 62.5(79)	(5)11 – 32(123)
N	4	48	21
Длина плодика	(1)1 – 1.5(2)	(1)1.5 – 2(2.5)	(1)1 – 1.5(2)

Вид	<i>B. circinatum</i>	<i>B. kauffmannii</i>	<i>B. trichophyllum</i>
Признак			
N	3	35	25
Ширина плодика	(0.5)0.5 – 1(1)	(0.5)1 – 1(1.5)	(0.5)1 – 1 (1.5)
N	3	35	25
Опушенность сегментов листьев (%)	Отсутствует – 50, слабая – 50	Отсутствует – 100	Отсутствует – 100
N	4	12	5
Длина листа по отношению к междоузлию (%)	Лист заметно короче – 75, примерно равен – 15	Лист заметно короче – 75, примерно равен – 17, значительно длиннее – 8	Лист заметно короче – 100
N	4	9	5
Число порядков бифурк. (%)	5 шт. – 50, более 5 шт. – 50	3 шт. – 26, 4 шт. – 46, 5 шт. – 28	3 шт. – 57, 4 шт. – 43
N	4	35	7
Число конечных сегментов (%)	Менее 30 – 100	От 31 до 50 – 89, более 50 – 11	От 31 до 50 – 100
N	4	9	5
Форма листовой пластинки (%)	Веерообразная – 100	Шаровидная – 100	Веерообразная – 60, шаровидная – 40
N	4	9	5
Консистенция листовой пластинки (%)	Жесткая или частично спадающаяся – 100	Спадающаяся – 100	Спадающаяся – 80, жесткая или частично спадающаяся – 20
N	4	9	5
Взаимное расположение сегментов (%)	В одной плоскости – 100	В разных плоскостях – 100	
N	4	9	5
Соотношение длин латер. и сред. частей (%)	Средняя часть короче латер. – 50, примерно равна латер. 25, заметно короче латер. – 25	Средняя часть короче латер. – 67, примерно равна латер. – 22, заметно короче латер. – 11	Средняя часть короче латер. – 20, примерно равна латер. – 80
N	4	9	5

Вид	<i>B. circinatum</i>	<i>B. kauffmannii</i>	<i>B. trichophyllum</i>
Признак			
Опушенность прилистников (%)	-----	Отсутствует – 22, слабая – 76, сильная – 2	Слабая – 90, сильная – 10
N	-----	54	50
Положение наибольшей ширины лепестка (%)	В средней части – 100	В средней части – 17, выше середины – 83	Выше середины – 100
N	4	6	4
Форма нектарных ямок (%)	Полулунная – 50, грушевидная – 50	Полулунная – 83, грушевидная – 17	Полулунная – 100
N	4	6	4
Число плодиков в одном многоорешке (%)	От 16 до 30 – 33, более 30 – 67	Менее 15 – 57, от 16 до 30 – 29, более 30 – 14	От 16 до 30 – 80, более 30 – 20
N	3	7	5
Опушенность плодиков (%)	Отсутствует – 67, слабая – 33	Отсутствует – 14, слабая – 86	Слабая – 100
N	3	14	5
Положение носика (%)	Терминальное – 67, вентральное – 33	Вентральное – 100	
N	3	14	5

N – число промеров по конкретному признаку у данного вида. Для качественных признаков указана частота их значений для количественных – нижняя и верхняя квантили и в скобках минимум и максимум.

Обсуждение

Перед началом обсуждения стоит отметить, что в отличие от двух других видов по *B. circinatum* было мало измерений, и они были получены со свежих растений, поэтому данные по этому виду лишь отчасти сопоставимы с данными по двум другим видам.

Наши результаты показали, что наиболее эффективные признаки для различения *B. circinatum* от *B. kauffmannii* и *B. trichophyllum* — число и взаимное расположение конечных сегментов листа и его форма и консистенция. Для того чтобы отличить *B. circinatum* от *B. trichophyllum* можно использовать число порядков бифуркаций листовой пластинки.

B. kauffmannii отличается от двух других видов по длине черешка, междоузлия и листовой пластинки. Также этот вид отличается от *B. circinatum* по форме и консистенции листовой пластинки, от *B. trichophyllum* – по диаметру цветка.

Ещё все три вида различаются по длине участка между первой и второй бифуркациями как латеральной, так и средней части погруженного листа, но этот признак неудобен для измерения. Длина средней части листа и участка между второй и третьей ее бифуркациями погруженного листа помогает отличить *B. trichophyllum* от двух других видов, но этот признак также трудно измерять, и вместо него можно воспользоваться другими выявленными нами признаками.

Другие исследуемые признаки, такие как ширина, длина и опушенность плодиков, их число в одном многоорешке; форма нектарных ямок; соотношение длин латеральной и средней частей; опушенность прилистников, черешка погруженного листа, сегментов листьев; длина плодоножки и цветоноса вместе с цветком; общее число порядков бифуркаций латеральной и средней частей погруженного листа, предлагаемые как диагностические в разных определительных ключах (табл. 1.1, 1.2), не подтвердили свою эффективность. Несмотря на то, что по этим признакам есть статистически значимые различия, значения этих признаков у разных видов перекрываются между собой, что осложняет определение.

Анализ морфологической изменчивости у всех трех видов рода *Batrachium* позволил нам выявить надежные диагностические признаки, которые мы обобщили в приведенном ниже определительном ключе.

1. У растений 5 и более порядков бифуркаций листовой пластинки. Она веерообразная и б.м. жесткая, ее сегменты лежат в одной плоскости. Число конечных сегментов менее 30. Наибольшая ширина лепестка находится в его средней части. – *B. circinatum*.

+ У растений менее 5 порядков бифуркаций листовой пластинки. Она б. м. шаровидная и спадающаяся, ее сегменты лежат в разных плоскостях. Наибольшая ширина лепестка находится в его верхней части
 2.

2. Диаметр цветка 5 – 6 мм, черешок короче 1 см, длина листовой пластинки меньше 2 см – *B. trichophyllum*.

+ Диаметр цветка 10 – 13 мм, черешок довольно длинный (более 1 см), а длина листовой пластинки превышает 2 см – *B. kauffmannii*.

После этого мы решили сравнить выявленные нами значения диагностических признаков с приведенными в ключе А. Боброва (неопubl., табл. 4).

Таблица 4. Сравнение диагностических признаков для определения трех видов водных лютиков, предложенных А. Бобровым (неопubl.), и выявленных в ходе нашей работы

Признак	Вид	***	<i>B. circinatum</i>	<i>B. kauffmannii</i>	<i>B. trichophyllum</i>
Длина погруженного листа (мм)	A1		10 – 20(30)	50 – 100	менее 50
	A2		(7)9 – 12(15)	(13)26.5 – 58(138)	(10)13 – 23.5(31.5)
Длина черешка (мм)	A1		Листья сидячие	Листья на довольно длинных черешках	Листья на коротких черешках или почти сидячие
	A2		(0)1 – 1.5(2)	(2.5)12 – 30(80)	(1)3 – 6.5(23)
Форма погруженных л.	A1		От округлых до почковидных	От полукруглых до обратотреугольных	
	A2		Веерообразная	Шаровидная	Веерообразная/шаровидная
Состояние погруженного л. вне воды	A1		Жёсткие, не спадающиеся	Кистевидно спадающиеся	Почти не спадающиеся или частично спадающиеся
	A2		Жесткий или частично спадающийся	Спадающийся	В разной степени спадающийся
Расположение сегментов листьев в плоскостях	A1		В одной плоскости	В разных плоскостях	
	A2		В одной плоскости	В разных плоскостях	

Признак	Вид	***	<i>B. circinatum</i>	<i>B. kauffmannii</i>	<i>B. trichophyllum</i>
Длина п. л. относительно междоузлий	A1		Обычно в 4 – 5 раз короче междоузлий	Длиннее междоузлий	Немного короче или равны междоузлиям
	A2		Заметно короче или (реже) равны		
Опушенность листьев, их влагалищ и верхних частей стебля	A1		Голые или с единичными волосками	Голые, однако, во время цветения верхние из них могут быть покрыты волосками.	В той или иной степени, волосистые
Сегментов листьев	A2		Отсутствует или имеется слабая	Отсутствует	Отсутствует
Прилистников			-----	Слабая	Слабая
Число конечных сегментов листьев	A1		40 – 90	-----	-----
	A2		Менее 30	Более 50	От 31 до 50
Диаметр цветка (мм)	A1		12 – 20	10—15	6 – 11
	A2		(8)9.5 – 14.5(16)	(5)10 – 13(15)	(4)4.5 – 6(7)
Форма нектарной ямки	A1		Полулунная	Полулунная	-----
	A2		Полулунная и грушевидная	Полулунная, редко грушевидная	Полулунная

***A1 — признаки из определительного ключа А. Боброва (неопубл.); A2 — значения предложенных нами диагностических признаков.

Большинство полученных нами значений диагностических признаков совпадает со значениями, предложенными А. Бобровым (неопубл.). В некоторых случаях даже на наших небольших выборках мы обнаружили более широкий диапазон морфологической изменчивости по сравнению с описанным ранее (табл. 4, например, диаметр цветка, длина листа относительно междоузлия, число конечных сегментов).

Выводы

1. Три исследованных вида (*B. trichophyllum*, *B. kauffmannii* и *B. circinatum*) характеризуются существенной внутривидовой изменчивостью, значения многих диагностических признаков перекрываются.

2. Три исследованных вида водяных лютиков можно с наибольшей уверенностью различать по степени рассеченности, размеру и форму консистенции листовой пластинки, а также размеру цветка, что нашло отражение в предложенном нами определительном ключе.

3. Полученные нами данные позволяют уточнить определительные ключи, предложенные для водяных лютиков разными авторами.

Благодарности

Мы благодарим нашего научного руководителя П. А. Волкову за помощь при выполнении работы; А. А. Боброва за большую часть предоставленных данных и саму идею работы; С. М. Глаголева и Е. В. Елисееву за организацию практики; М. Иванову, П. А. Волкову, Л. А. Абрамову за предоставленные данные по *B. circinatum*.

Список литературы

Бобров А. А., неопубл. Ключ для определения шелковников, водяных лютиков (*Ranunculus* секция *Batrachium*, *Ranunculaceae*) флоры России.

Бобров А. А., Мовергоз Е. А. Экологические и фитоценотические особенности *Batrachium circinatum*, *B. trichophyllum* и *B. kauffmannii* (*Ranunculaceae*) // Бот. журн. 2014. Т. 99. № 3. С. 325—340.

Сауткина Т. А. Род *Batrachium* (DC.) S. F. Gray (сем. Ranunculaceae) во флоре Беларуси // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. Химия. Биология. География. 2007. № 3. С. 60—63.

Скворцов В. Э. Атлас-определитель сосудистых растений таёжной зоны Европейской России. Определитель по генеративным и вегетативным признакам, региональные списки редких и охраняемых видов. М.: Гринпис России, 2000. 586 с.

Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е испр. и дополн. изд. М.: Т-во. науч. изд. КМК, 2014. 635 с.

Цвелёв Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб.: Изд-во СПХФА, 2000. 781 с.

Лисицына Л. И., Папченков В. Г. Флора водоёмов России: Определитель сосудистых растений. М.: Наука, 2000. 237 с.