

Московская гимназия на Юго-Западе № 1543

Кафедра биологии

# Таксономический спектр жертв трех видов росянки (*Drosera* spp.) на уровне подотрядов

Отчет о научно-исследовательской работе

Работу выполнили  
ученики 9 "Б" класса

Гумеров Р.

Парамонов М.

Самородова А.

Узорникова П.

Научные руководители:

к.б.н. Волкова П.А.

к.б.н. Петров П.Н.

Москва

## Введение

Обычно растения получают необходимые минеральные вещества из почвы, но иногда им приходится приспосабливаться к условиям, когда субстрат не богат минеральными веществами. Так некоторые растения приспособились получать минеральные вещества из насекомых. Примером таких растений служат представители рода *Drosera* (росянка). Местообитание многих видов росянки – верховое болото: вода с высоким рН, замедленное испарение влаги, но самое важное, с точки зрения питания росянок, это, с одной стороны, недостаток минеральных веществ, а с другой - большое количество насекомых (Crowder et al., 1990). На листьях росянки имеются волоски с капельками клейкой жидкости, при прикосновении к которым насекомое прилипает, после чего лист начинает скручиваться (Gibson, Waller, 2009). Этот процесс занимает до трех дней, а процесс переваривания насекомых может длиться более недели. Поскольку росянки получают минеральные вещества из насекомых, а их количество ограничено, то конкуренция будет идти за насекомых, если только отдельные виды росянки не занимают отдельные экологические ниши и не конкурируют между собой из-за своих жертв. (Экологическая ниша — это совокупность факторов среды, в пределах которых обитает тот или иной вид организмов, его место в природе, в пределах которого данный вид может существовать неограниченно долго.) Разные виды росянки имеют различную форму листьев и их положение относительно субстрата, поэтому, все же возможно, что разные виды занимают разные экологические ниши.

Мы решили выяснить, действительно ли между видами росянки есть конкуренция. Нами были рассмотрены три вида росянки, встречающиеся на территории Тверской области: *Drosera anglica* Mert. et Koch., *D. rotundifolia* Huds и *D. obovata* L., и их жертвы, обнаруженные на листьях.

*D. anglica* селится в наиболее топких местах и имеет продолговатые, расширенные к концу овальные листья (Crowder et al., 1990). Листья *D. rotundifolia*

округлые, и она селится в менее топких местах. *D. obovata* является гибридом *D. anglica* и *D. rotundifolia* (Wood, 1955) ее листья обратно-ланцетной формы.

Для определения потенциальных жертв мы также изучили насекомых, попавшихся в ловушки, установленные в местах обитания росянок.

Если росянки конкурируют между собой, то соотношение разных видов насекомых в фактических жертвах и потенциальных жертвах должно быть примерно одинаково. Если же отдельные виды росянок «предпочитают своих» насекомых, то значит отдельные виды росянок, занимают отдельные экологические ниши. Данные вопросы уже изучались на уровне отрядов поедаемых насекомых (Volkova et al., 2010), при этом сильных различий между спектрами жертв замечено не было. Если это так, то разные виды росянки конкурируют друг с другом. Однако внутри отрядов насекомых встречаются различные представители, поэтому можно предполагать, что если изучить таксономические спектры на уровне подотрядов, можно будет установить зависимость таксономического разнообразия жертв видов *Drosera*. Если росянки конкурируют между собой, то конкурентное преимущество будет у тех видов, которые могут поймать большее количество насекомых. Возможно количество насекомых, которых ловят эти растения, зависит от формы и площади листовой пластинки разных видов *Drosera*. Если росянки не конкурируют между собой, то возможно расположение листьев определяет таксономический состав их жертв и, соответственно, экологическую нишу, которую занимает определенный вид росянки.

## Цель

Узнать, есть ли между *D. anglica*, *D. rotundifolia* и *D. obovata* конкуренция за пищевые ресурсы.

## Задачи

Определить таксономический состав жертв на уровне подотрядов.

Выяснить, существует ли связь между морфологическими признаками разных видов росянки и их рационом.

Выявить зависимость между площадью листа и суммарной площадью находящихся на нём насекомых.

Расширить атлас возможных жертв росянки, составленный Лукьяновыми.

## Материалы и методы

1 июля 2014 года мы проводили сбор растений в Удомельском районе Тверской области в двух местах (далее также – точки наблюдения): урочище Архипово и на берегу озера Подмошье. Были собраны росянки трёх видов (*Drosera obovata*, *Drosera anglica* и *Drosera rotundifolia*) с обеих точек.

В этот же день (1 июля 2014 г.) мы установили в обеих точках ловушки для потенциальных жертв росянок. Состав насекомых в этих местах включает в себя как ползающих, так и летающих представителей. Поэтому для определения потенциальных жертв были использованы ловушки двух конструкций: пять оконных ловушек и десять почвенных. Ловушки располагались непосредственно рядом с популяциями росянок. Оконные ловушки были установлены с промежутком примерно в метр между ними таким образом, чтобы ловушки представляли как бы окончания воображаемой пятиконечной звезды. Форма звезды была выбрана для того, чтобы насекомые попадались в ловушки в независимости от направления ветра. Почвенные ловушки устанавливали по одной возле хорошо заметных ориентиров, в том числе и возле оконных ловушек.

Оконная ловушка представляла собой натянутый на поставленной вертикально раме лист полупрозрачного полиэтилена с расположенной в основании ёмкостью с водой. Основание этой ловушки было изготовлено из доски (длина = 70 см, ширина 15 см), двух поленцев (диаметр = 15 см, высота 10 см), прибитых на эту доску сверху с обеих её концов и двух нетолстых палок (длина = 50 см), соединяющих поленца между собой с двух внешних сторон (вдоль доски основания). На палки (сверху поленцев) был несильно натянут и закреплён скотчем кусок целлофана, образующий ёмкость для воды. Сверху на каждом поленце вертикально было закреплено еще по палочке (высота 30 см.) с помощью 3х гвоздей каждая. Между этими двумя палочками был натянут кусок прочного полупрозрачного полиэтилена (30х40см). После установки оконной ловушки, в ёмкость для воды наливалась вода, разбавленная средством для мытья посуды. Это было сделано для того, чтобы насекомые, врезаясь в полиэтилен и падая в ёмкость для воды, лучше смачивались и не могли из нее освободиться.

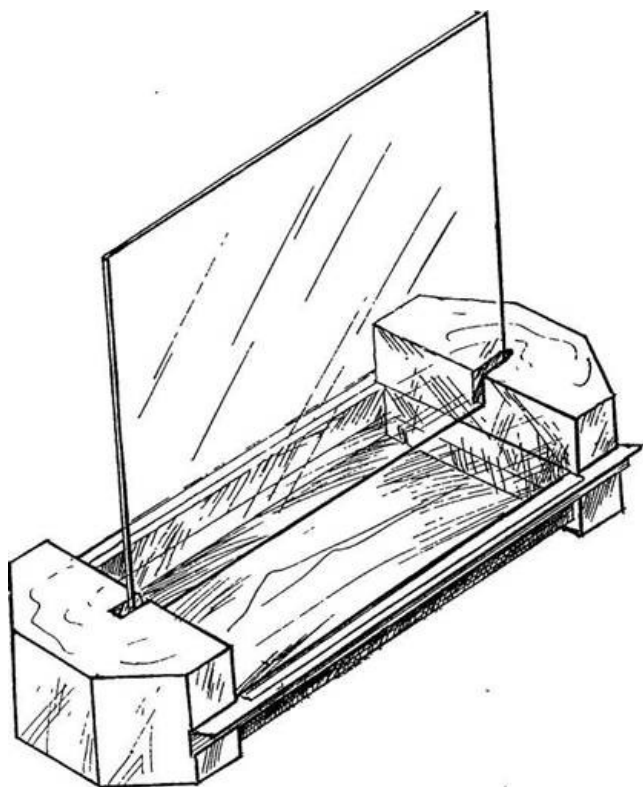


Рис. 1 Пример оконной ловушки для насекомых со стеклом.

Почвенная ловушка состояла из пластикового стаканчика объёмом 100 мл. Устанавливалась эта ловушка следующим образом: мы рукой в слое мха выкапывали ямку глубиной чуть менее глубины стаканчика (так, чтобы край стаканчика чуть поднимался над почвой), ставили туда стаканчик, вставленный в ещё один, а затем присыпали сверху сухими листьями, растениями и мхом. Затем первый стаканчик вынимали вместе со всеми ненужными частичками, которые попали туда, а в оставшийся в земле стаканчик наливалась такая же (как и в случае с оконными ловушками) вода со средством для мытья посуды. Вода наливалась не до краёв, а примерно на  $2/3$ , чтобы в случае дождя стаканчик не переполнился.

Вернувшись на биостанцию, мы измеряли длину и ширину каждого листа собранных росынок и записывали результаты измерений в электронную таблицу наблюдений, откладывая при этом в чашки Петри с небольшим количеством (96%) этанола те листья, на которых находились насекомые. После чего мы определяли этих насекомых до подотряда с помощью определителя (Горностаев, 1986). Мы

определяли насекомых под биноклем МБС-10. Кроме того, в таблице наблюдений мы фиксировали размерные классы попавшихся насекомых (менее 1 мм, от 1 до 5 мм, от 5 до 10 мм). Специально для этого из плотной бумаги была изготовлена и заламинирована скотчем мерная шкала, на которой стояли отметки 1 мм, 5 мм и 10 мм. Каждому размерному классу для удобства дальнейших вычислений были присвоены размерные значения 1, 3 и 7 мм. (Всем насекомым первого размерного класса присваивался средний размер в 1 мм, второго - 3 мм, третьего - 7 мм. Ещё не обследованные росянки хранились в холодном подвале, во избежание ускорения процесса разложения насекомых на листьях из-за тепла.

4 июля 2014 г. мы собрали ловушки и попавших в них насекомых. Потом этих насекомых так же определяли до подотряда с помощью того же определителя (Горностаев, 1986).

После того, как был собран и первично обработан материал для исследования, вернувшись в Москву, с началом учебного года мы начали проводить ряд тестов на данных собранных во время практики на биологической станции. Мы провели три компьютерных теста.

- i. Мы построили график зависимости общей площади насекомых на листе росянки от его площади, для определения есть ли конкурентное преимущество у росянок с большей площадью листьев

Площадь листа росянки подсчитывалась по формуле эллипса:

$$S = \pi ab$$

Где a = длина большой полуоси

b = длина малой полуоси

Мы условно брали ширину всех пойманных насекомых за 1мм, и тогда их площадь численно равнялась их длине, которую для первого размерного класса мы обозначили как 1мм, для второго как 3мм, а для третьего как 7 мм.

Так как наши данные оказались непараметрическими (в них наблюдались выбросы), мы использовали корреляционный тест Спирмена. В данном тесте определяется коэффициент корреляции (R) – в нашем случае площади листа росянки к площади, пойманных ею насекомых. Если R больше 0,7, то считается, что корреляция высокая.

ii. Для сравнения изменчивости площади листовой пластинки разных видов D. мы вычислили коэффициент вариации для каждого вида, т. е. определили отношение среднего квадратичного отклонения площади к среднему арифметическому площадей (в %). Этот тест необходим для определения, действительно ли присутствует в одном и том же виде тенденция к изменению размера листа для получения конкурентного преимущества. Чем выше определенный в результате тест коэффициент, тем выше вариация.

iii. Тест на определение перекрываются ли пищевые ниши у трёх видов росянки, т.е. чтобы выяснить, есть ли между видами росянок конкуренция. В рамках данного теста рассчитывается индекс перекрытия ниш (O) для двух исследуемых видов росянки (1 и 2) по следующей формуле:

$$O_{12} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{1i} p_{2i}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (p_{1i}^2) (p_{2i}^2)}}$$

Где  $p_{1i}$  = доля определенного вида таксона насекомого на первом исследуемом виде росянки

$p_{2i}$  = доля определенного вида таксона насекомого на втором исследуемом виде росянки



То есть индекс представляет собой перемноженную сумму долей всех подотрядов насекомых, обнаруженных на первом и втором видах росянок, делённую на корень из перемноженных сумм долей подотрядов в квадрате.

Эта формула рассчитывает индекс перекрытия ниш только для двух объектов исследования. Так как в нашем случае их было три (три вида росянок), то мы просто нашли среднее арифметическое из трёх полученных индексов.

Индекс перекрытия ниш, близкий к единице, говорит о большой схожести пищевых ниш у двух видов. А близкий к нулю, наоборот, говорит о том, что между видами практически отсутствует схожесть.

Так же этот в ходе этого теста определяется ожидаемый индекс – то, что показал бы этот тест, если бы насекомые попадали на росянки по случайности.

## Результаты

### Объем выборки

	Подмошь е	Архипов о
<i>rotundifolia</i>	613	278
<i>obovata</i>	478	92
<i>anglica</i>	389	244

Таблица 1. Число исследованных листьев каждого вида росянки.

### Статистические тесты

**Тест I.** У всех видов росянки, рассмотренных нами существует лишь слабая зависимость между площадью листа и площадью насекомых на нем.

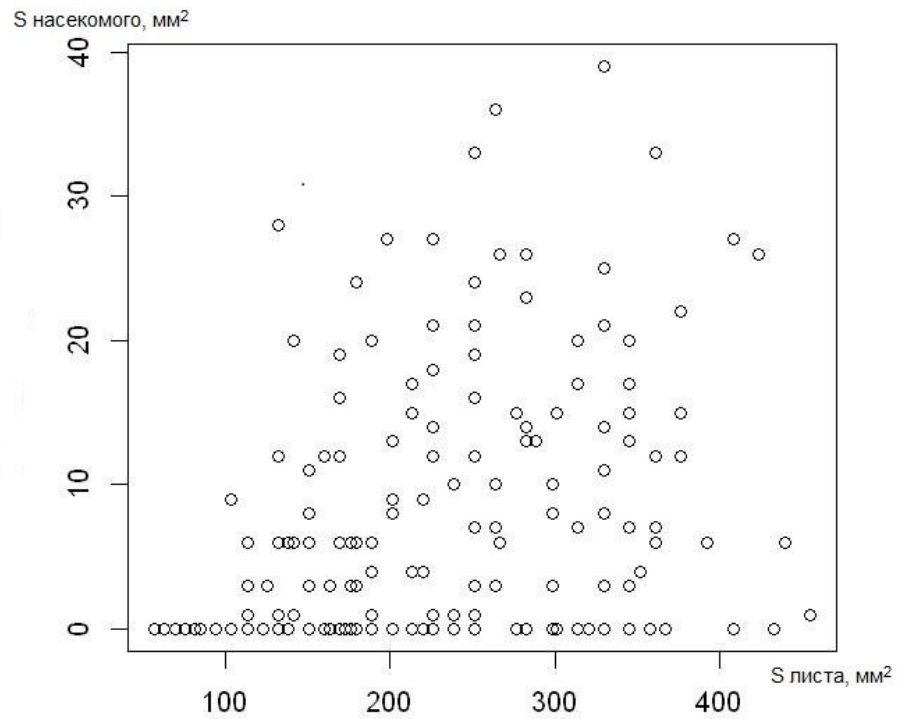


Рис. 2 Зависимость площади пойманных насекомых от площади листа у *Drosera anglica* из Архипово (Корреляционный тест Спирмена:  $p=7.5 \times 10^{-12}$ ;  $R=0.4$ )

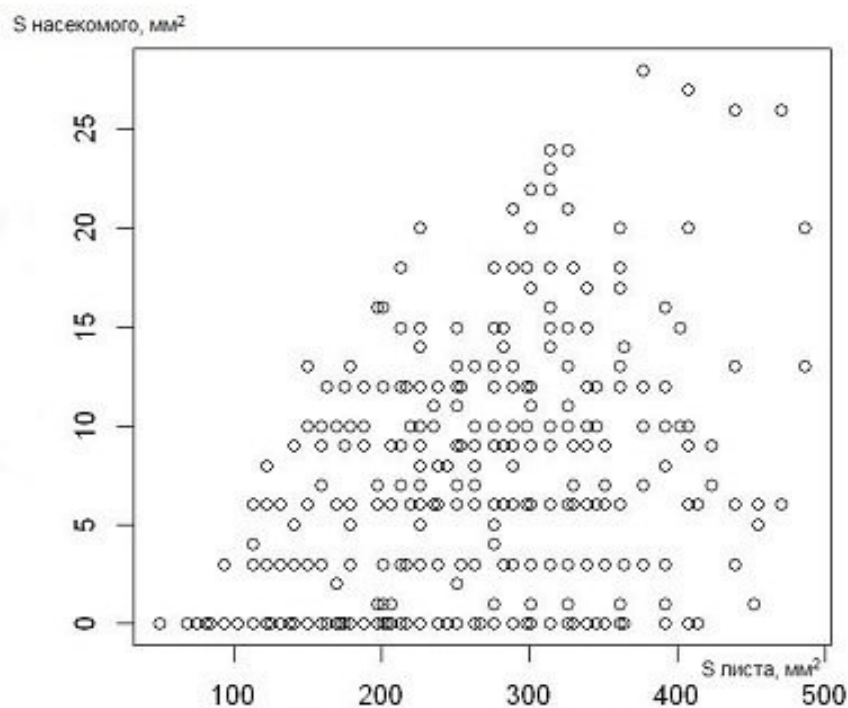


Рис. 3 Зависимость площади пойманных насекомых от площади листа у *Drosera anglica* из Подмошья

(Корреляционный тест Спирмена:  $p=6.15 \times 10^{-14}$ ;  $R=0.4$ )

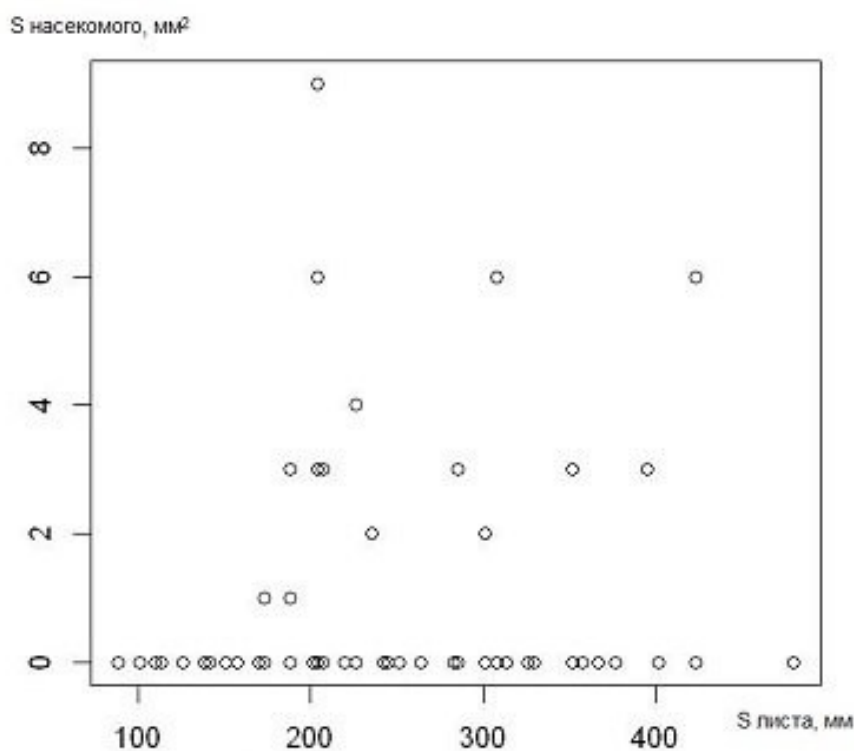


Рис. 4. Зависимость площади пойманных насекомых от площади листа у *Drosera obovata* из Архипово.

(Корреляционный тест Спирмена:  $p=0.2$ ;  $R=0.1$ )

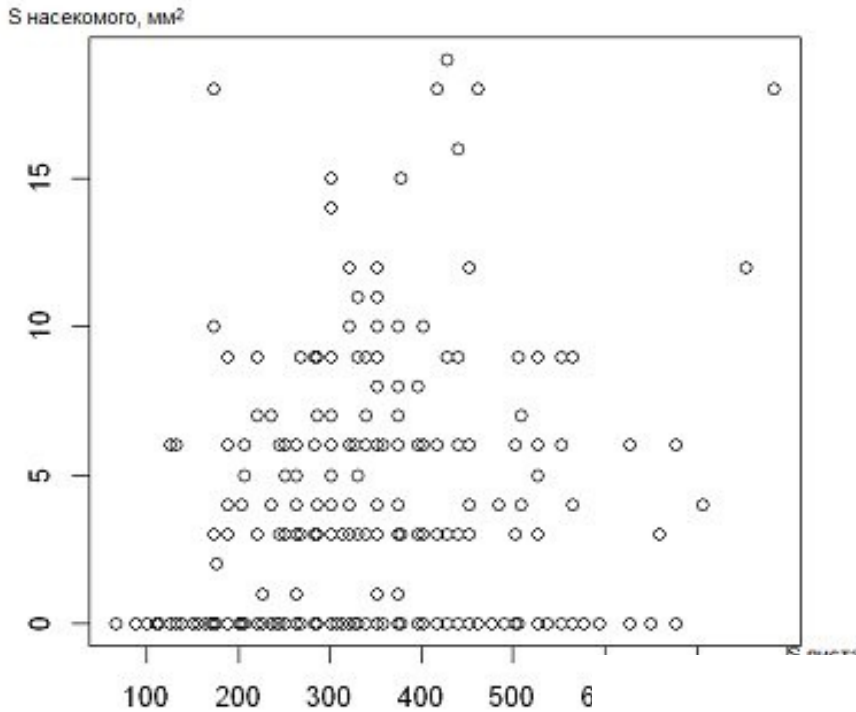
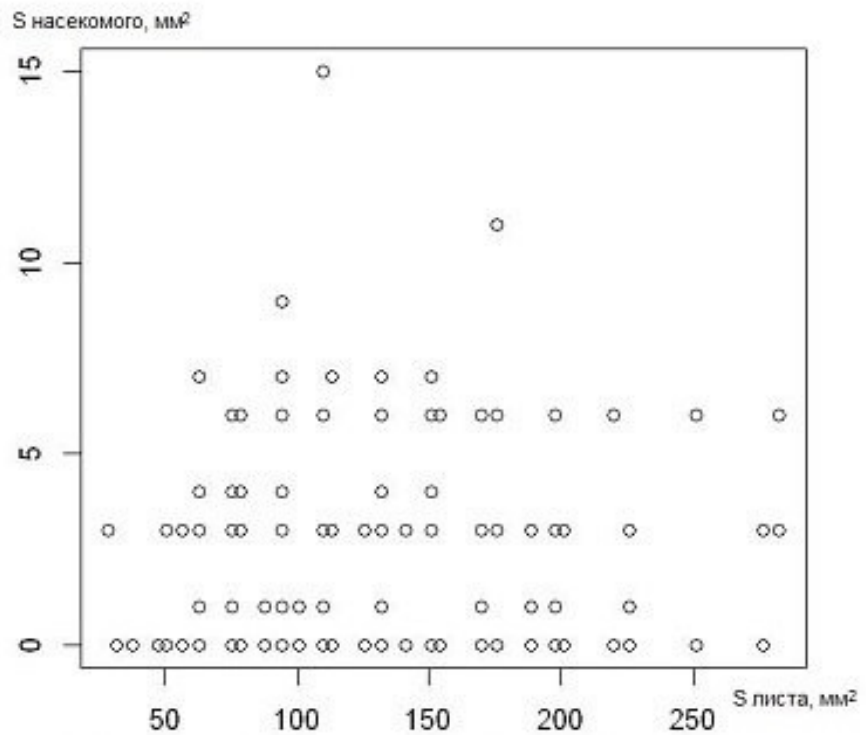


Рис. 5. Зависимость площади пойманных насекомых от площади листа у *Drosera obovata* из Подмошья. (Корреляционный тест Спирмена:  $p=0.6 \times 10^{-7}$ ;  $R=0,23$ )

Рис. 6. Зависимость площади пойманных насекомых от площади листа у *Drosera rotundifolia* из Архипово. (Корреляционный тест Спирмена:  $p=0.4 \times 10^{-3}$ ;  $R=0.1$ )



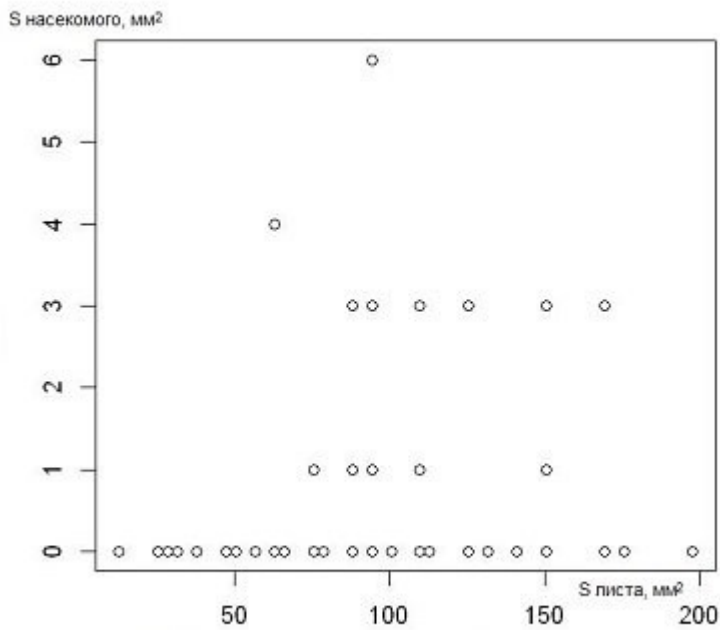


Рис. 7. Зависимость площади пойманных насекомых от площади листа у *Drosera rotundifolia* из Подмошья. (Корреляционный тест Спирмена:  $p=0.3 \times 10^{-6}$ ;  $R=0.19$ )

## Тест II.

КВ (коэффициент вариации) у

*D. anglica* с Подмошья = 38.4%

*D. anglica* из Архипово = 45.5%

*D. obovata* с Подмошья = 37.3%

*D. obovata* из Архипово = 36.7%

*D. rotundifolia* с Подмошья = 34.4%

*D. rotundifolia* из Архипово = 57.2%

### Тест III на перекрытие пищевых ниш

Таблица наблюдений по соотношению фактических и потенциальных жертв росянок

					rottundif	obovata	anglica	оконные	почв.
Insecta	Diptera	Nematocera	неопред		40%(8)	43%(10)	46%(21)	0	2%(1)
			Simulidae		0	0	0	32%(20)	11%(5)
		Brachicera	неопред		5%(1)	9%(2)	10%(48)	19%(12)	0
			Empididae		0	4%(1)	0	0	0
			Dolichopodidae		0	0	0	0	0
		неопр			0	0	1%(6)	0	0
	Homoptera	Cicadellidae			5%(1)	4%(1)	9%(42)	2%(1)	0
		Aphididae			0	13%(3)	28%(13)	11%(7)	0
		Aphrophoridae			0	0	0	0	0
	Heteroptera	Saldidae			0	0	0	0	0
		неопр			0	0	0	8%(5)	2%(1)
	Coleoptera	Scirtidae			0	0	0	5%(3)	0
		Staphilinidae			0	0	0	0	0
		Carabidae			0	0	0	0	26%(12)
		Chrysomelidae			0	0	0	8%(5)	4%(2)
		Lathavidae			0	0	0	0	0
		Cantharidae			0	0	0	0	0
		неопр			5%(1)	0	1%(6)	0	0
	Hymenoptera	Apoidea			0	0	0	3%(2)	0
		Formicidae			20%(4)	22%(5)	1%(6)	3%(2)	51%(24)
		неопр			5%(1)	0	0	0	0
	Lepidoptera				0	0	0	5%(3)	0
	неопр				15%(3)	0	4%(18)	0	0
Aranae	Oribatida				5%(1)	4%(1)	0	0	0
	Opiliones				0	0	0	0	0
	неопр				0	0	0	3%(2)	4%(2)

\*неопр = неопределённые насекомые

В скобках рядом с процентами указано число насекомых

Таб. 2: Процентное содержание семейств на росянках и в ловушках в Архипово



				rottundif	obovata	anglica	оконные	почв.
Insecta	Diptera	Nematocera	неопред	34%(64)	29%(11)	28%(26)	25%(26)	2%(3)
			Simulidae	0	0	0	6%(6)	11%(18)
		Brachicera	неопред	17%(32)	6%(24)	11%(10)	10%(11)	0
			Empididae	0	0	0	0	0
			Dolichopodidae	0	0	0	2%(2)	0
		неопр		1%(2)	2%(8)	4%(40)	2%(2)	2%(3)
	Homoptera	Cicadellidae		13%(24)	43%(16)	29%(27)	9%(10)	0
		Aphididae		13%(25)	17%(64)	18%(17)	6%(6)	0
		Aphrophoridae		0	0	0	3%(3)	0
	Heteroptera	Saldidae		0	0	0	2%(2)	0
		неопр		0	0	0	4%(4)	1%(2)
	Coleoptera	Scirtidae		2%(4)	1%(4)	1%(10)	2%(2)	0
		Staphilinidae		0	0	0	4%(4)	1%(1)
		Carabidae		0	0	0	1%(1)	0
		Chrysomelidae		0	0	0	0	0
		Lathavidae		2%(3)	0	0	0	0
		Cantharidae		0	0	0	1%(1)	0
		неопр		4%(8)	0	1%(10)	1%(1)	0
	Hymenoptera	Apoidea		0	0	0	2%(2)	1%(1)
		Formicidae		6%(12)	0	1%(10)	7%(7)	80%(127)
		неопр		0	0	0	0	0
	Lepidoptera			1%(1)	0	0	9%(10)	0
	неопр			6%(11)	2%(8)	4%(40)	0	0
Aranae	Oribatida			1%(2)	0	1%(10)	0	0
	Opiliones			0	0	0	2%(2)	0
	неопр			0	0	0	4%(4)	2%(3)

неопр = неопределённые насекомые

В скобках рядом с процентами указано число насекомых

Таб. 3: Процентное содержание семейств на росянках и в ловушках в Подмошье

Определенные в ходе теста индексы перекрытия ниш:

Для Архипово: наблюдаемый индекс 0.930; ожидаемый индекс 0.440;  $p=0.003$

Для Подмошья: наблюдаемый индекс 0.898; ожидаемый индекс 0.430;  $p=0.001$

На обоих болотах коэффициент перекрытия ниш высокий и не совпадает с ожидаемым индексом. Вероятность статистической ошибки первого рода (нахождение несуществующей закономерности) мала.

*Расширение атласа возможных потенциальных жертв росянки, составленного нашими предшественниками Д. и Е. Лукьяновыми*

Мы нашли 3 новых потенциальных жертвы трёх видов росянки.

- *Saldidae* (также попадались и на росянках)
- *Staphilinidae*

Также в *Aranea*, помимо *Oribatida* мы добавили *Opiliones*.

## Обсуждение

У видов росянки не выражена зависимость между площадью листа и площадью насекомых на нем. Соответственно росянки не получают в зависимости от размера листа конкурентного преимущества, а именно площади попавшихся насекомых.

Тем не менее, коэффициент вариации площади листовой пластинки у всех видов оказался довольно большим, что означает, что листья все же подвержены большой изменчивости, т.е. внутри самих видов существует большое разнообразие. Возможно, это связано с тем, что большая площадь позволяет поймать большее количество насекомых и таким образом получить доступ к большему разнообразию минеральных веществ, содержащихся в разных видах насекомых.

Самые распространённые потенциальные жертвы росянок - представители отрядов: *Diptera*, *Hymenoptera*, *Heteroptera*, в отличие от прошлых лет (Коваль, Кобаненко, 2012; Volkova et al., 2010; Лукьянов, Лукьянов, 2011). В прошлые периоды самыми распространёнными отрядами оказались *Diptera*, *Coleoptera* и

*Homoptera*. Возможно, это различие связано с изменением экологических факторов, в частности, погодных условий.

Таксономический спектр возможных жертв росянки гораздо больше списка жертв, попадающих в сами росянки. Это означает, что росянки не просто ловят всех подряд, а приспособливаются к ловле определённых таксонов. Также, можно предположить, что найденные несоответствия в составе “улова” в этих двух случаях могут быть объяснены разнесением во времени сбора росянки и сбора насекомых с ловушек, так как на количество и таксономический состав насекомых, пойманных росянкой, могли повлиять погодные условия.

Среди фактических жертв росянки наиболее распространёнными являются *Nematocera*, *Brachicera* и *Cicadellidae* (табл. 1). Ниже более детально обсуждаются результаты по конкретным видам росянки и насекомым.

Количество представителей подотряда *Nematocera*, попавшихся в ловушки в Подмошье, небольшое (табл. 1), в Архипово ещё меньше. Однако процент поедания представителей данного подотряда росянкой значительный. Возможно, это связано с недоработкой формы ловушек для данного подотряда или с маленьким количеством ловушек, по сравнению с количеством собранных нами листьев росянки. То же самое можно отметить и для *Cicadellidae*. Они составляют большую долю рациона росянок на Подмошье, однако в ловушки с Подмошья они практически не попадались. В Архипово в количественном выражении росянки также «съели» довольно большое количество представителей данного подотряда.

Представители подотряда *Brachicera* попадают в ловушки с примерно такой же регулярностью, как на росянку. Из чего можно сделать вывод, что процент представителей *Brachicera* на болоте в целом соответствует проценту поедаемых представителей данного подотряда, а так же занимает важное место в пищевом спектре росянок.

Процент представителей отряда *Coleoptera*, пойманных росянкой очень мал. А на болоте представителей данного отряда довольно много. Скорее всего, это связано с неприспособленностью росянки к ловле представителей данного отряда.

В Архипово представителей подотряда *Formicidae* очень много, но только *D. rotundifolia* предпочитает представителей данного подотряда, в качестве еды. В Подмошье представителей отряда *Formicidae* даже больше, а росянка ловит их меньше. Возможно, это связано с тем, что количество других более предпочтительных жертв для росянки в Подмошье больше, поэтому муравьев она ловит меньше. Так в Архипово было отмечено на *D. rotundifolia* 8 представителей *Formicidae*, а в Подмошье – 64. Что соответствует относительному содержанию этих насекомых (*Formicidae*) также и в ловушках.

*D. anglica* предпочитает насекомых подотрядов *Nematocera*, *Aphididae* (на обоих болотах) и *Cicadellidae* (на Подмошье). Это связано с тем, что листья данного вида устремлены вверх. Это позволяет ловить летающих насекомых более успешно, чем ползающих. Например, *Formicidae* на нём почти не встречаются (всего 1% на обоих болотах).

На *D. rotundifolia* так же часты таксоны, которые предпочитает *D. anglica*, но также на ней чаще, чем на других росянках встречаются представители *Formicidae*, и это, скорее всего, из-за того, что листья данного вида расположены на земле и не устремлены вверх, как у двух других видов. Можно сделать вывод, что для тех насекомых, которыми питается росянка, ползущие листья по земле более приспособлены для ловли «еды».

Хотя *D. obovata* является гибридом двух предыдущих растений, она не получила никаких преимуществ по рациону.

Результаты тестов показали, что экологические ниши у трёх видов росянки очень схожи и есть возможность существования конкуренции между видами. Однако так как анализ проводился между подотрядами, а не между семействами насекомых или даже родами, мы не можем сказать, достоверно есть она или нет.

## Выводы

Между тремя видами росянки существует конкуренция за пищевые ресурсы

Зависимость между морфологическими признаками листа и таксономическим спектром жертв слабая.

Зависимость между площадью листа и суммарной площадью насекомых на нем не наблюдается.

Связь между морфологическими признаками росянок и их жертвами немного выражена. Так, например, больше всего представителей *Formicidae* было собрано с *D. rotundifolia*, так как её листья морфологически приспособлены для данного вида.

Несмотря на все разнообразие, наибольшую часть жертв трёх видов росянки составляют *Nematocera*, *Brachicera* и *Cicadellidae*. Соответственно вероятность конкуренции между видами росянки существует, вероятно, в основном по летающим насекомым (то есть между *D. anglica* и *D. obovata*). Для того чтобы достоверно определить наличие конкуренции необходим дальнейший анализ на уровне семейств.

## Список литературы

1. Горностаев Г.Н. Определитель отрядов и семейств насекомых средней полосы европейской части СССР. М.: Изд-во МГУ, 1986. 118 с.
2. Crowder, A.A. et al 1990. *Drosera* L. Biological flora of british isles , J.Ecol. 78:233-267.
3. Ellison, A.M. and Gotelli, N.J., 2009. Energetics and evolution of carnivorous plants - Darwin's "most wonderful plants in the world" , J.Exp.Bot 60: 19-42.
4. Gibson, T. C. and Waller, D.M. 2009. Evolving Darwin's "most wonderful" plant: ecological steps to a snap-trap , New Phytol. 183: 575-587.
5. Wood, C. E. 1955. Evidence for the hybrid origin of *Drosera anglica*. Rhodora 57: 105-130
6. Volkova P. A., Sukhov N. D. and Petrov P. N. Three carnivorous plants species (*Drosera* spp.) in European Russia: peaceful coexistence?-Nordic Journal of Botany.-№28.-p.409-412.-2010
7. Лукьянов Е., Лукьянов.Д, отчет о научно-исследовательской работе. «Таксономический спектр жертв трех видов росянки (*Drosera* spp.) на уровне

семейств».-2012

8.Коваль Т., Кобаненко М., отчет о научно-исследовательской работе.

«Таксономический спектр жертв трех видов росянки (*Drosera* spp.) на уровне семейств»