

ПОТЕНЦИАЛ

Химия Биология Медицина

Содержание

Декабрь 2011 (12)

Вступительное слово

- 2** О спонсорах и меценатах? Подводя итоги
М.Г. Сергеева

Химия

- 3** Неорганическая радуга – голубой и синий.
Н.И. Морозова
- 10** Путешествие химика по кухонным полкам. Волчица и пряности. *А.С. Сигеев*

Биология

- 20** Растения-ГМО: практическое применение. *В.В. Чуб*
- 27** Всё-таки они восстанавливаются! Теоретические основы разработки имплантатов для заместительной терапии структур центральной нервной системы.
А.А. Астахова
- 37** Свет без причин. *Б.В. Булюбаиш*

Медицина

- 42** Что такое гемодиализ и может ли искусственная почка заменить натуральную. *А. Жарикова*

Олимпиады

- 52** Московская олимпиада по химии для десятиклассников. *З.П. Свитанько*

Профильное образование

- 60** Примеры задач по химии для поступающих в 10-й класс на химико-биологическое отделение СУНЦ МГУ *В.В. Загорский*

Исследовательская деятельность

- 63** Поведение насекомоядных растений в природе: росянки ловят добычу случайно? *П.А. Волкова*

Эксперимент

- 70** Демонстрационный эксперимент на уроке химии
Часть 1. Теплота химических процессов. *Е.В. Батаева*
- 76** Напечатано в 2011 году

Редколлегия

Главный редактор М.Г. Сергеева
Научные редакторы Н.И. Морозова,
С.М. Глаголев, В.С. Попов, Н.П. Седых,
Е.М. Снигирёва, Д.В. Чистяков
Ответственный секретарь Н.Г. Шалару
Шеф-редактор Г.А. Четин

Техническая редакция

Редакторы Ю.В. Огинова, А.В. Чеботарёва
Вёрстка А.М. Коротков, Д.К. Тарутин
Редакторы-корректоры С.В. Ермаков,
Н.В. Разикова
Художник И.И. Семенюк

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 77-43475 от 14 января 2011 года.

Адрес: 109544, г. Москва, ул. Рабочая, 84,
редакция журнала «Потенциал. Химия.
Биология. Медицина».
Тел. (495) 787-24-94, 951-41-67
E-mail: potential@potential.org.ru
www.potential.org.ru

Подписано в печать 01.12.2011
Печать офсетная. Бумага мелованная.
Усл. печ. л. 5
Формат 70х100 1/16
Тираж 4000 экз.
Заказ № 1241
ООО «Азбука-2000»
109544, г. Москва, ул. Рабочая, 84

Журнал выпускается на средства выпускников технических вузов.

ISSN 2221-2353



Исследовательская деятельность

Волкова Полина Андреевна

Заведующая кафедрой биологии Московской гимназии на Юго-Западе (№1543).



Поведение насекомоядных растений в природе: росянки ловят добычу случайно?

Перед вами не только увлекательный рассказ об удивительном мире насекомоядных растений, но и результаты, полученные школьниками гимназии №1543 (г. Москва) во время летних экспедиций и полевых практик. Статья будет полезной для всех, кто планирует летом исследовать природу нашей страны.

Насекомоядные растения издавна привлекали внимание учёных. Эти растения растворяют ткани попавших на их листья членистоногих при помощи пищеварительных ферментов, всасывают образовавшийся раствор и таким образом получают дополнительные питательные вещества. Самые обычные для европейской части России насекомоядные растения – это представители рода росянка (*Drosera* L.). Изучение охотничьего поведения росянок начато ещё в середине XIX века [2] и проводится и в наши дни, в основном в лабораторных условиях. Согласно результатам многочисленных экспериментов, лист росянки быстро реагирует на добычу (членистоногое или просто кусочек белковой пищи). Когда жертва попадает на покрытый клейкой жидкостью лист, он быстро сворачивается, выделяя дополни-

тельные объёмы слизи и пищеварительные ферменты; в удержании насекомого также участвуют длинные железистые волоски, расположенные по краю листовой пластинки. Такая реакция на жертву начинается через 10 – 15 секунд после того, как она попала на лист. По истечении часа насекомое оказывается полностью завернутым в листовую пластинку. Через несколько дней процесс переваривания завершается, лист разворачивается, ловчие волоски выпрямляются, слизь высыхает, а хитиновые остатки жертвы удаляются с листа при помощи дождя и ветра. Ещё немного, и ловчий лист готов к поимке следующей жертвы.

К сожалению, до сих пор никто толком не наблюдал за поведением ловчих листьев росянки в природных условиях. Очевидно, что в при-

роде насекомоядные растения могут вести себя совсем не так, как в лаборатории. Ведь в лаборатории нельзя учесть такие важные для охотничьего поведения росянок факторы, как погодные условия, численность и таксономический состав доступных жертв, а также активность муравьёв, утаскивающих часть добычи росянки [7].

Разные виды росянок могут ловить насекомых по-разному. Например, в полевых экспериментах в Германии муравьи уносили около двух третей добычи росянки круглолистной (*D. rotundifolia* L.), тогда как добыча на листьях росянки промежуточной (*D. intermedia* Hayne) оставалась нетронутой ими [8]. В то же время на листья росянки круглолистной изначально попадало в три раза больше добычи. Так что в конечном итоге оба вида переваривали примерно одинаковое количество насекомых [7], [8]. По-видимому, основная причина таких различий в охотничьих стратегиях кроется в морфологии ловчих листьев: у росянки круглолистной округлые листовые пластинки лежат на земле, а продолговатые листовые пластинки росянки промежуточной подняты почти вертикально.

В европейской России кроме росянки круглолистной попадаетея росянка английская (*D. anglica*

Huds.), сходная с росянкой промежуточной и внешне, и по экологическим предпочтениям. Мы решили изучить охотничье поведение росянки круглолистной и росянки английской в естественных условиях, чтобы проверить, насколько оно отличается от ранее описанного «лабораторного» поведения росянок. Кроме того, мы хотели узнать, различается ли охотничье поведение у двух видов росянки с разной формой и положением ловчих листьев.



Росянка английская

Материалы и методы

Наблюдения за росянкой английской мы проводили в Лоухском районе республики Карелия с 16 по 18 июля 2005 года (всего 52 часа непрерывных наблюдений). Наблюдения вели за двумя растениями, каждое из которых имело по 7 развитых ловчих листьев. Растения были выбраны случайно из популяции, которая располагалась на сфагновой сплаvine на берегу безымянного озера (N 66° 18.5', E 33° 07.5').

Наблюдения за росянкой круглолистной проводили в двух регионах европейской России. В обоих случаях из природных популяций случайным образом выбирали по два растения и наблюдали за их охотничьим поведением непрерывно в течение 72 часов. В Карелии наблюдения вели с 25 по 27 июля 2000 года на верховом болотце на мысу Иванов Наволок (N 66° 20.0', E 33° 20.0') примерно в 30 км к востоку от попу-

ляции росянки английской. На одном растении было пять развитых ловчих листьев, а на другом – четыре. Другая пара растений (одно с тремя, другое с четырьмя ловчими листьями) располагалась в Вышневолоцком районе Тверской области на сфагновой сплаvine на берегу озера Ольшево (N 58° 15.0', E 34° 30.0').

Во время всех наблюдений один

раз в 30 – 40 минут для каждого листа мы отмечали степень увлажнённости и форму листовой пластинки, а также степень загнутоcти краевых ловчих волосков по разработанной нами шкале (табл. 1) и подсчитывали число жертв. В 2002 и 2005 годах мы также измеряли относительную влажность воздуха при помощи бытового психрометра.

Таблица 1. Основные характеристики ловчих листьев росянки

Характеристика листовой пластинки	Баллы
Степень увлажнённости	0 – низкая, листовая пластинка почти сухая; 1 – средняя; 2 – высокая, хорошо видны капельки жидкости.
Форма	1 – почти плоская; 2 – вогнутая; 3 – завернутая.
Степень загнутоcти краевых волосков	1 – все или, почти все волоски прямые; 2 – около половины волосков загнута; 3 – почти все волоски загнуты; 4 – все волоски загнуты.

Наблюдения вели посменно, первые несколько наблюдений проводили полным составом команды для того, чтобы унифицировать представления наблюдателей о значениях используемых баллов. Надо сказать, что непрерывные наблюдения в живой природе – наверное, один из самых сложных способов полевых исследований. Подробнее об организации таких наблюдений можно прочесть в нашем методическом пособии (Волкова и др., 2009).

Для каждого ловчего листа мы провели графический анализ изменений всех трёх его характеристик за время наблюдений. Наиболее типичные графики представлены на рис. 1 – 3. Гипотезы, сделанные на основании

графиков, были подтверждены при помощи статистического анализа дан-



Росянка круглолистная

ных, прочитав о котором можно в научных статьях, подготовленных по результатам наблюдений [8], [9]. Там

же доступны ссылки на специальную литературу, использованную при подготовке этой статьи.

Результаты

На листья росянки английской попадало от 0 до 1,4 (в среднем 0,6) насекомых в расчёте на один лист в сутки. У росянки круглолистной это значение колебалось от 0 до 0,7 (в среднем 0,3) насекомых в Северной Карелии и от 0 до 3,0 (в среднем 1,0) в Тверской области.

Значительная часть ловчих листьев (от трети до половины у разных видов и регионов) никак не реагировала на добычу (рис. 1 – 3). В то же время мы отметили ясную зависимость степени увлажнённо-

сти листовой пластинки росянки от относительной влажности воздуха (рис. 2).

Характеристики листьев без добычи практически не отличались от характеристик листьев с добычей. Кроме того, мы часто наблюдали «неправильное» поведение листьев (например, сгибание краевых волосков в отсутствии жертвы или сухая листовая пластинка с насекомым на ней, рис. 1–3). Разные характеристики листовой пластинки часто изменялись несогласованно.

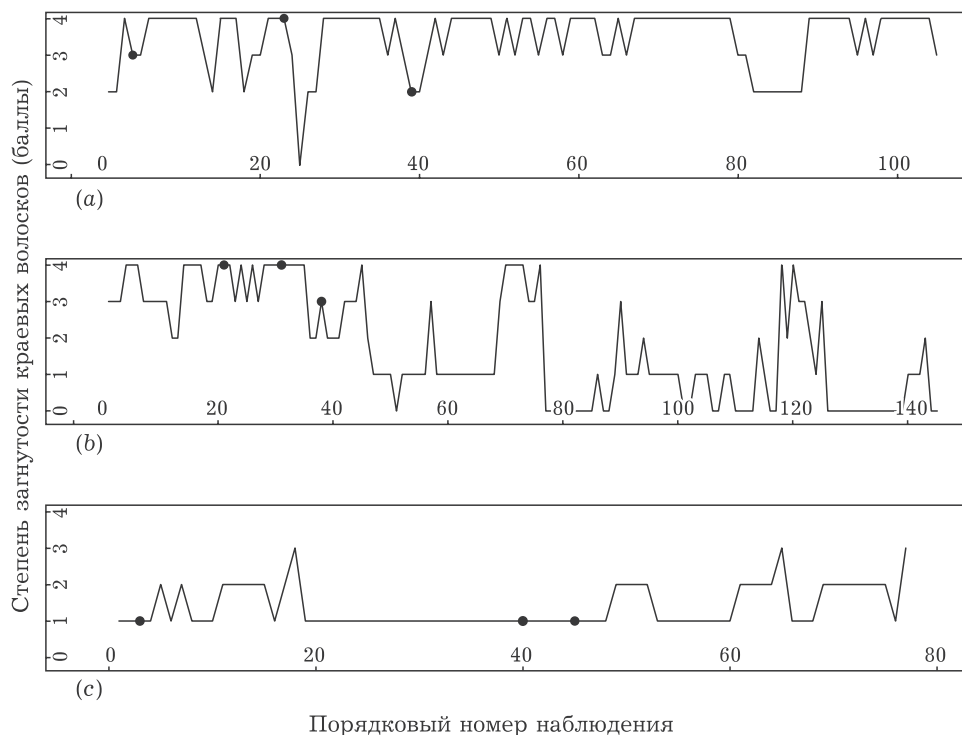


Рис. 1. Изменения степени загнутоści краевых волосков росянки во времени (модельные листья). Момент попадания на лист свежего насекомого отмечен чёрным кружком. Буквами обозначены разные серии наблюдений: а – росянка круглолистная в Северной Карелии, б – росянка круглолистная в Тверской области, с – росянка английская в Северной Карелии

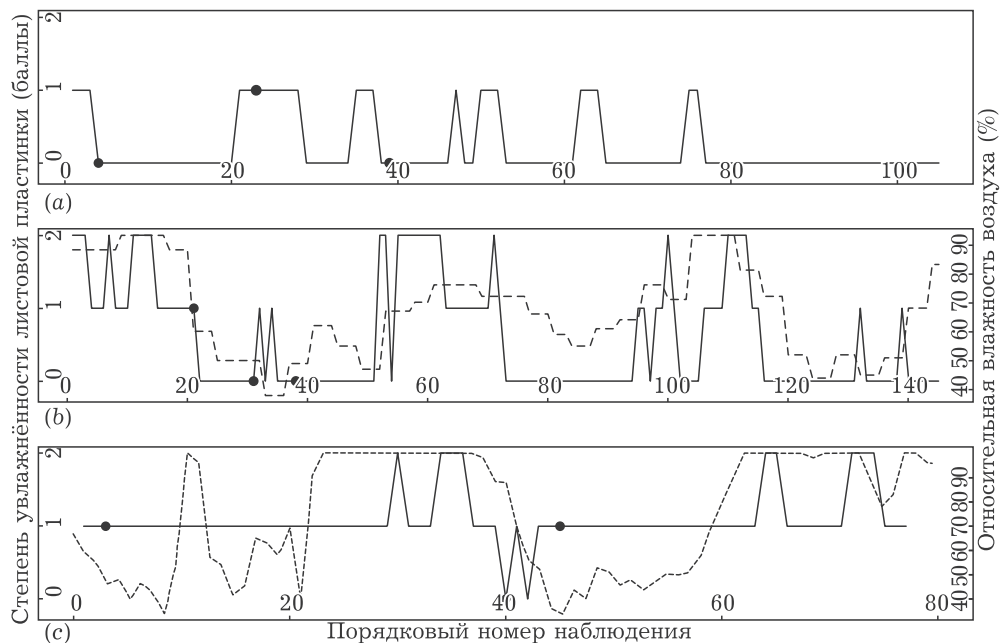


Рис. 2. Изменения степени увлажнённости листовой пластинки росянки во времени (модельные листья) в сравнении с изменением относительной влажности воздуха. Относительная влажность воздуха (правая ось ординат) показана пунктирной линией (нет данных для росянки круглолистной в Северной Карелии)

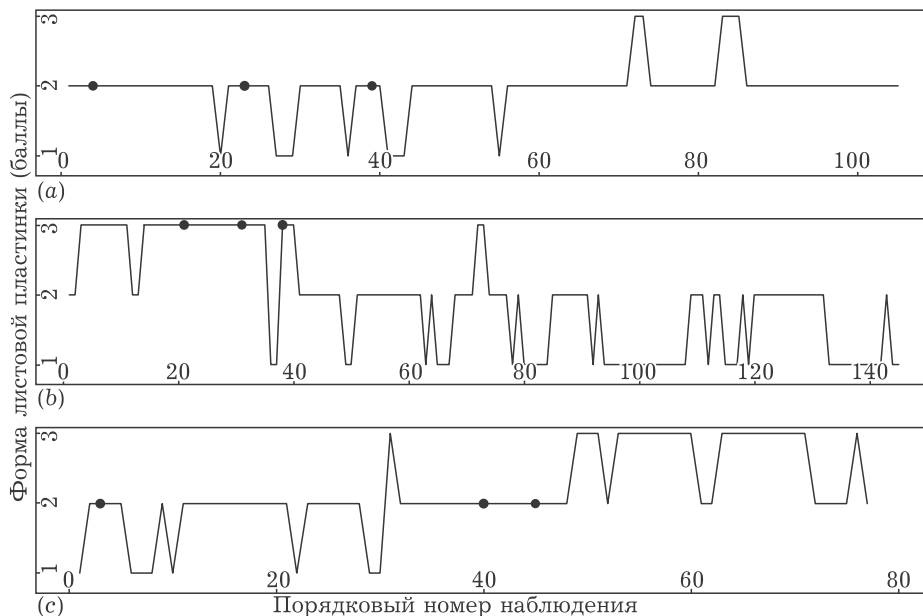


Рис. 3. Изменения формы листовой пластинки росянки во времени (модельные листья)

Обсуждение

Наши наблюдения показали, что в природных условиях состояние ловчих листьев двух видов росянки не зависит от наличия на них жертв, а степень увлажнённости листовой пластинки, по всей видимости, определяется влажностью воздуха. Получается, что росянки не так успешно ловят насекомых, как считалось ранее. Эти результаты противоречат опубликованным данным об охотничьем поведении росянок в лабораторных условиях и нуждаются в дальнейшей проверке. Проведение подобных наблюдений по предложенной нами методике доступно всем, кто интересуется живой природой.

Нам не удалось обнаружить существенные различия между охотничьим поведением росянки круглолистной и росянки английской. Возможно, это связано с тем, что это – близкородственные виды [6]. Таким образом, форма и положение листовой пластинки играют не такую большую роль для выбора «охотничьей стратегии» росянок, как это можно было бы предположить из литературных данных.

Принято считать, что ловчие листья росянки – это активные ловушки, которые действуют по принципу липкой ленты («flypaper traps» [4]). Однако наши результаты свидетельствуют в пользу того, что ловчие листья росянки скорее занимают переходное положение между пассивными и активными ловушками. Наши данные также согласуются с предположением о том, что животная пища вовсе не так уж важна для успешной жизни насекомоядных растений [3].

Вообще, в любом процессе поглощения пищи выделяют две основные стадии: «поимка» (контакт с пищевым объектом) и «переварива-

ние» (усвоение пищи). В природе отмечены все переходы между «неумелыми ловцами и переваривателями», такими как протонасекомоядные растения («липкие» растения, лишённые специальных органов для поимки насекомых) и «прекрасными ловцами и переваривателями», такими как венерина мухоловка с ловушкой типа капкана [4]. Некоторые примитивные животные, такие как гидра, представляют собой «не очень умелых ловцов», но «прекрасных переваривателей». Согласно этой классификации, два исследованных нами вида росянки это «не очень умелые ловцы и перевариватели».

Интересно, что эволюция ловчих структур у плотоядных грибов (которые получают органические вещества из почвенных червей нематод) и у насекомоядных растений имеет много сходных черт, [4], [5]. В частности, примитивные пассивные ловушки (липкие вздутия и пассивная ловушка типа липкой ленты соответственно) эволюционировали в двух направлениях: более совершенные пассивные ловушки (трёхмерные ловчие сети и ловчие кувшины) и активные ловушки (сжимающиеся кольца и ловушки типа капкана или подвижной липкой ленты). Поскольку росянки произошли от предковых видов насекомоядных растений с пассивными ловушками, можно предполагать, что среди представителей этого рода мы можем наблюдать все стадии перехода от пассивных ловушек к активным ловушкам. По видимому, оба изученных нами вида росянки с их «полу-случайным» способом ловли насекомых находятся примерно посередине этого эволюционного ряда.

Благодарности

Исследования в Карелии проводили в рамках Беломорской экспедиции Московской гимназии на Юго-Западе, а в Тверской области – во время полевой практики учеников гимназии на биостанции «Озеро Молдино». Благодарю А.Б. Шипунова за идею исследований насекомоядных растений, Л.А. Абрамову и

С.Р. Майорова за фотографии росянок, а также всех, кто принимал участие в полевых наблюдениях: Е. Альтшулер, Т. Браславская, П. Бунтман, Ю. Быков, О. Васильева, Т. Волкова, Н. Горбунов, Я. Косенко, М. Лёвина, Д. Назаров, К. Марквичёва, Е. Пескова, И. Покровский, В. Чава.

Литература

1. Волкова П.А., Абрамова Л.А., Смирнов И.А., Сухов С.В., Сухова Д.В., Шипунов А.Б. Школьные ботанические практики на побережье Белого моря: методическое пособие. М.: Библиотека журнала «Исследователь/Researcher», 2009. 167 с. Режим доступа: http://ashipunov.info/school/books/volkova2009_prakt_na_belom.pdf.
2. Дарвин Ч. Насекомоядные растения // Собрание сочинений Ч. Дарвина. Т. 4, Ч. 2. 1908. С. 145 – 154.
3. Ellison, A.M., and Gotelli, N.J. 2001. Evolutionary ecology of carnivorous plants. Trends in Ecol. and Evol. 16 (11): 623 – 629. Режим доступа: http://harvardforest.fas.harvard.edu/personnel/web/aellison/publications/2001/ellison_and_gotelli_2001.pdf.
4. Ellison, A.M., and Gotelli, N.J. 2009. Energetics and the evolution of carnivorous plants—Darwin's 'most wonderful plants in the world'. J. Exp. Bot. 60 (1): 19 – 42.
5. Li, Y., Hyde, K.D., Jeewon, R., Cai, L., Vijaykrishna, D., and Zhang, K. 2005. Phylogenetics and evolution of nematode-trapping fungi (Orbiliaceae) estimated from nuclear and protein coding genes. Mycologia 97: 1034 – 1046. Режим доступа: <http://www.mycologia.org/content/97/5/1034.full.pdf>.
6. Rivadavia F., Kondo K., Kato M., Hasebe M. 2003. Phylogeny of sundews, *Drosera* (Droseraceae), based on chloroplast *rbcL* and nuclear 18S ribosomal DNA sequences. Am. J. Bot. 90 (1): 123 – 130. Режим доступа: <http://www.amjbot.org/content/90/1/123.full.pdf+html>.
7. Thum, M. 1989a. The significance of opportunistic predators for the sympatric carnivorous plant species *Drosera intermedia* and *Drosera rotundifolia*. Oecologia 81: 397 – 400. Режим доступа: <http://www.springerlink.com/content/187v48u2w0720837/fulltext.pdf>.
8. Thum, M. 1989b. The significance of carnivory for the fitness of *Drosera* in its natural habitat 2. The amount of captured prey and its effect on *Drosera intermedia* and *Drosera rotundifolia*. Oecologia 81: 401 – 411. Режим доступа: <http://www.springerlink.com/content/g3036261806v47j7/fulltext.pdf>.
9. Volkova, P.A., and Shipunov, A.B. 2005. The behavior of *Drosera rotundifolia* L. (Droseraceae) trapping leaves in natural habitats. Carniv. Pl. Newslett. 34: 7 – 15. Режим доступа: <http://ashipunov.info/belomor/2002/flora/nstp.htm>.
10. Volkova, P.A., and Shipunov, A.B. 2009. The natural behaviour of *Drosera*: sundews do not catch insects on purpose // Carniv. Pl. Newslett. 38: 114 – 120. Режим доступа: <http://ashipunov.info/belomor/english/2010/drosera.pdf>