ПРОСТО О СЛОЖНОМ

Нежные симбионты

…Было это давным-давно, неведомо, в каких краях. Встретилась водоросль с грибом и говорит ему: «Твои споры много где летают, разные страны видят, а я всё в воде да в воде. Тоже хочу путешествовать, возьми меня с собой! Я тебе пригожусь». Подумал гриб — и согласился. За свои услуги потребовал плату немалую: чтобы водоросль кормила его да поила. Примерно так появились лишайники, состоящие из дружного симбиотического союза обоих организмов

«Да, это общепринятая точка зрения, — улыбается сотрудница Центрального Сибирского ботанического сада СО РАН кандидат биологических наук **Екатерина Владимировна Романова**. — В начале двадцатого века были работы по культивированию водоросли и гриба раздельно, и выяснилось: первая без обременения растет гораздо лучше — клетки более крупные, плюс могут образовываться различные колониальные структуры. Однако при помощи симбионта она получает возможность широко распространяться, причем в тех условиях, в которых обычно не живет: например, в экстремальной сухости или холоде».

Несмотря на кажущийся равным вклад в общее дело, две составляющие лишайника все-таки практикуют не мутуализм (взаимовыгодное сотрудничество), а скорее умеренный паразитизм гриба, который использует для своего питания органические вещества, синтезированные водорослевыми клетками. При этом последние находятся в угнетенном состоянии.

> *Лишайники бывают эпифитными (поселяющимися на растениях), напочвенными, эпилитными (живущими на каменистом субстрате, в том числе в экстремальных климатических условиях). Кроме того, лишайники поселяются на древесине (в том числе обработанной) и разнообразных искусственных субстратах (например, на шифере, металлических, бетонных, пластиковых и даже стеклянных поверхностях).*

Кстати, несмотря на бытующие представления, лишайники практически не разрушают субстрат. Напротив, те, что растут на древесном опаде, выделяют вещества, замедляющие гниение своей «подложки». Если говорить о камнях — выветривание ускоряется, но сам процесс довольно медленный: возраст некоторых слоевищ составляет несколько тысяч лет, а субстрат не разрушился. «Долгожительство этих организмов помогает ученым. У моего научного руководителя доктора биологических наук **Нелли Васильевны Седельниковой** опубликована совместная работа с археологами, — добавляет Екатерина Романова. — С помощью исследования лишайников лихенометрическими методами уточнялся возраст петроглифов».

Еще одно полезное свойство симбионта — чувствительность к антропогенному воздействию. Лишайники являются одними из самых чутко реагирующих на негативные изменения компонентов экосистемы, они откликаются на любые метаморфозы окружающей среды. «Когда приходишь в лес и смотришь на индикаторные группы, можно сразу сказать, насколько хорошо биоценоз себя чувствует в целом», — отмечает Екатерина Романова.



Хуже всего на лишайники влияют отдельные компоненты атмосферного загрязнения: оксиды серы и азота. «Эти соединения являются основной причиной «выпадения» лишайников из фитоценозов.

> *Екатерина Романова: «Основная причина высокой чувствительности лишайников к антропогенному воздействию — довольно хрупкий симбиотический баланс между грибом и водорослью. Под действием оксидов серы и азота происходит обезвоживание лишайника и гибель водорослевого компонента. В результате грибной компонент перестает получать необходимое питание и тоже деградирует».*

Наиболее значимыми индикаторными признаками являются встречаемость и обилие отдельных видов вышеозначенных организмов. Притом, не все виды лишайников чувствительны одинаково, есть некая градация — более и менее устойчивые. Соответственно, последние исчезают в первую очередь, но потом уходят и остальные. И если мы, используя специальные методы, посмотрим соотношение этих двух групп, то узнаем, на какой стадии дигрессии находится то или иное растительное сообщество».

Десять лет назад Екатерина Романова под научным руководством Нелли Васильевны Седельниковой провела полномасштабное исследование лишайников в Новосибирске, которое продемонстрировало, что в качестве биоиндикаторов загрязнения их использовать не просто можно, но даже нужно. Результаты не оказались неожиданными: например, в лесах новосибирского Академгородка дела обстоят довольно хорошо. «Конечно, были (и есть сейчас) некоторые признаки нарушений, мы их видели и фиксировали, но в целом картина была благоприятной, — рассказывает Екатерина Романова. — Вообще, во всех крупных растительных массивах Новосибирска обстановка неплохая, хотя признаки дигрессии, разумеется, заметны».

С лесами первое место по благоприятной экологической обстановке и, как следствие, богатству лишайников делят кладбища — они расположены на удалении от крупных автомобильных магистралей, там довольно много зелени и подходящие условия в плане столь значимой для индикаторных организмов влажности. Понятно, что скверы и места вдоль дорог показывали самую негативную картину. «Внутриквартальные насаждения, к сожалению, тоже ничем не радуют, — комментирует Екатерина Романова. — Дворы с интересующими нас организмами встречались в основном на окраинах, в спальных районах. Получается, на момент нашей работы зона так называемой «лишайниковой пустыни», где эпифитные лишайники не выявлены даже в виде фрагментов слоевищ, составляла примерно 30% города, это очень нехорошая ситуация».

Уже полученные специалистами данные можно использовать в качестве отправной точки для долговременного мониторинга уровня загрязнения Новосибирска. Ученый говорит, что, с учетом лавинообразного роста количества автомобилей, наблюдает негативные изменения в Академгородке. «Однако я вижу и позитивные моменты, — отмечает Екатерина Романова, — поэтому однозначного ответа — стало лучше или хуже — дать не могу, для этого нужны повторные исследования».

Екатерина Пустолякова
Фото предоставлены Екатериной Романовой

Новосибирские ученые разрабатывают солнцезащитные средства на основе соединений, содержащихся в хрусталике глаза

Коллектив авторов Новосибирского института органической химии СО РАН им. Н.Н. Ворожцова, Международного томографического центра СО РАН, Новосибирского государственного университета и НИИ патологии кровообращения им. Е.Н. Мешалкина провел исследование соединения кинуренина с нитроксильным радикалом

Ученые добавили к соединению объемные заместители, удлинили спейсер (химическую связь) и смогли в несколько раз повысить устойчивость молекул к воздействию света. В перспективе соединение может использоваться для производства эффективных солнцезащитных кремов с антиоксидантными свойствами. Результаты исследования опубликованы в статье *Effect of the spacer length and nitroxide sterical shielding upon photostability of spin-labeled kynurenines* в майском номере издания *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. Основной действующий компонент солнцезащитных средств — соединение, которое поглощает свет в ультрафиолетовом диапазоне. Руководитель группы протеомики и метаболомики Международного томографического центра СО РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории магнитного резонанса в химии, биологии и медицине НГУ, один из авторов исследования **Юрий Центалович** рассказывает, что после того, как молекула вещества поглотила квант света, происходит следующее. Молекула может возвратить свет в виде люминесценции, перейти в триплетное состояние (что вредно для кожи) или претерпеть химическую реакцию с образованием нового вещества.

Если речь идет об использовании солнцезащитного средства человеком, то самый оптимальный вариант — переход энергии в тепло и дезактивация поглощенного кванта света.

— В современной косметологии для защиты кожи от ультрафиолетового излучения в основном используются соединения типа циннаматов. Они не токсичны, хорошо поглощают свет, но под его воздействием происходит химическая реакция. Образующееся вещество с одной стороны нейтрально и не вредно для кожи, с другой стороны — довольно быстро расходуется. Этим определяется срок действия солнцезащитного крема: через какое-то время после нанесения он перестает работать, — говорит Юрий Центалович.

> *Циннаматы — неорганические соединения, поглощающие излучение в области УФ-диапазона (длина волны 300—400 нм), которые используются в косметологии для производства солнцезащитных кремов.*

По словам Юрия Центаловича, для того, чтобы минимизировать влияние УФ-лучей на кожу, в крема с циннаматами добавляют антиоксиданты, которые дезактивируют свободные радикалы или другие активные химические соединения.

Недавно группа итальянских ученых синтезировала соединение «два-в-одном», одновременно поглощающее свет и обладающее антиоксидантными свойствами. В качестве антиоксиданта, борющегося со свободными радикалами, был выбран… свободный радикал.

> *Нитроксильные свободные радикалы — органические радикалы, содержащие нитроксильную группу N-O•. Обладают способностью дезактивировать активные радикалы за счет передачи им неспаренного электрона в процессе химической реакции, вследствие чего образуются нейтральные молекулы, безопасные для человека.*

Исследователи из МТЦ СО РАН и лаборатории магнитного резонанса в химии, биологии и медицине НГУ активно изучают свойства человеческого глаза, в частности, хрусталика, который защищает зрительный орган от ультрафиолетового излучения. В хрусталике глаза высока концентрация кинуренина, в других органах он представлен в очень малых количествах. Кинуренин — промежуточный продукт ферментативного распада триптофана и биосинтеза никотиновой кислоты в организме человека. Он и его производные поглощают большую часть ультрафиолета, который попадает в глаз.

Ученые решили исследовать солнцезащитные свойства кинуренина с присоединенным к нему нитроксильным радикалом. Синтезом соединения занимались специалисты из НИОХ СО РАН. Исследователи из МТЦ и лаборатории магнитного резонанса в химии, биологии и медицине НГУ изучили фотохимические свойства полученных соединений и выяснили, что они хорошо поглощают свет и эффективно ингибируют радикальные и другие высокоэнергетические процессы, происходящие в водном растворе, на поверхности кожи и т.д. Однако у соединений кинуренина и его производных с нитроксильным радикалом выявилась не очень высокая фотохимическая стабильность.

— Циннаматы с радикалами фотоизомеризуются под воздействием света практически с единичным квантовым выходом. Квантовый выход фоторазложения кинуренина находится на уровне 10^{-4}—10^{-5}. Грубо говоря, молекула «разваливается» только после получения 10 000 квантов света. У синтезированных и изученных нами соединений квантовый выход составил уже 10^{-3}. С точки зрения фотостабильности это в 1000 раз лучше, чем у циннаматов, но все равно примерно в 10—15 раз меньше, чем у исходных кинуренинов, к которым был присоединен радикал, — поясняет Юрий Центалович.

В работе, на основе которой была написана статья, учеными были сделаны попытки уменьшить взаимодействие между кинурениновой и радикальной частями, для того, чтобы повысить фотостабильность соединения.

Это делалось двумя путями — удлинением спейсера (химической связи) и присоединением объемных заместителей (гексильных групп) к радикальному центру. Полученные соединения исследовались в аэробных и анаэробных условиях.

Результаты исследования показали, что в аэробных условиях (в присутствии кислорода) удлинение спейсера и присоединение объемных заместителей повышает фотостабильность соединения кинуренинов с радикалами в три раза, а анаэробных — в пять и в три раза, соответственно.

Юрий Центалович подчеркивает, что исследование имеет не только прикладное значение (которое, однако, затруднено высокой стоимостью синтеза соединений), но и фундаментальное:

— В дальнейшем мы будем модифицировать саму молекулу кинуренина. Она хороша, но не идеальна: 99% солнечной энергии переходит в тепло, но 1% остается, он-то и дает нежелательные эффекты — триплетные состояния, химические реакции. Мы работаем над тем, чтобы достичь показателя 99,99%. И идеи, как это сделать, есть.

***Коллектив авторов статьи**: Юлия Полиенко (НИОХ СО РАН, НГУ), Ольга Снытникова (МТЦ СО РАН, НГУ), Вадим Яньшоле (МТЦ СО РАН, НГУ), Елена Черняк (НИОХ СО РАН), Сергей Морозов (НИОХ СО РАН, НГУ), Игорь Григорьев (НИОХ СО РАН, НИИ патологии кровообращения им. Е.Н. Мешалкина), Юрий Центалович (МТЦ СО РАН, НГУ).*

Пресс-служба НГУ