

Почему не всякий чили жгучий

Люди ценят пищевые растения за различные качества. Картошку, например, за крахмалистость, дыню — за сладость, а красный перец — за остроту. Однако не человека ради жгуч красный перец. Капсаициноиды — алкалоиды, придающие растению этот вкус, — защищают его от грибковых инфекций. Казалось бы, преимущества жгучести неоспоримы, но в естественных условиях она присуща далеко не всем перцам, и непонятно, почему многие растения отказываются от химической защиты. Этой проблемой заинтересовался американский исследователь Джошуа Тьюксбери. Его статья, написанная совместно с коллегами из Университета Вашингтона (Сиэтл) и Университета Флориды для журнала «Proceedings of the Royal Society B» (2012, т. 279, с. 2012—2017, doi: 10.1098/rspb.2011.2091), так и называется: «Почему не все перцы чили острые?»

Чили — собирательное название нескольких видов жгучих стручковых перцев рода *Capsicum* (см. «Химию и жизнь», 2011, № 10). Оно происходит от слова «chilli», что на языке ацтеков означает «красный». Родина жгучих перцев — Центральная и Южная Америка. Как показали археологические раскопки, проведенные в Мексике, люди собирали дикий чили еще за 7200 лет до нашей эры. Это одно из первых растений, одомашненных в Новом Свете. Самый распространенный культурный вид *C. annuum* в диком состоянии уже не встречается, однако есть немало других.

Культурные перцы легко отличить по крупным, удлиненным, неоппадающим плодам. У диких видов плодики непременно красные и мелкие, не более 3 см в длину. По форме они напоминают не стручок, а ягоду, да они и есть ягоды. Красный цвет и небольшой размер плодов принципиально важны для диких капсикумов. Семена перцев распространяют птицы, которые не ощущают горечи, и нужно, чтобы им было удобно глотать ягоды целиком. Если плод дикого перца не склюют, он не останется висеть на веточке, а упадет на землю, сгниет, и его семена в конце концов прорастут, хотя и не так быстро, как если бы они прошли через птичий кишечник. Люди собирают дикие перцы, которые по остроте нередко превосходят жгучие сорта *C. annuum*, и используют их в качестве специи.

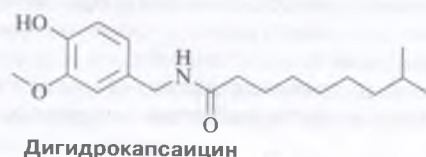
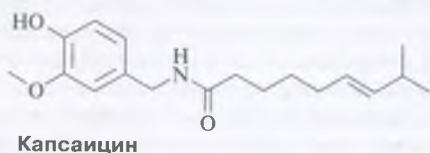
Внимание Джошуа Тьюксбери привлек дикий вид *C. chacoense*. Это многолетний кустарник высотой около 80 см, растущий только в Аргентине, Парагвае и Боливии. Боливия вообще перцовый рай. Из 20—27 диких видов (точное их количество систематики подсчитать затрудняются) в этой стране растет 17. По крайней мере три вида *Capsicum*, в том числе и *C. chacoense*, полиморфны по жгучести, причем растения,



Когда ацтекская богиня Каушолотль нарушила запрет на употребление перца во время поста, верховный бог Тонакатектли превратил ее в собаку. Был ли тот перец жгучим или не очень, нам установить не удалось

производящие и не производящие капсаициноиды, растут бок о бок. Собственно, исследователей заинтересовало не вкусовое разнообразие перцев, а причины, вызвавшие полиморфизм по признаку, жизненно важному для растения.

Эти люди меряют жизненный успех квартирой, машиной, дачей или яхтой. У животных и растений критерий другой — «количество оставленных потомков. Главный враг семян перца — грибок *Fusarium semitectum*. Ученые исследовали 21 популяцию *C. chacoense* из разных районов Боливии на территории, протянувшейся на 300 км с юго-запада на северо-восток, и обнаружили, что грибком поражены почти 90% растений. Фузариум вызывает гниение плода и гибель семян. Заражение облегчают клопы, которые лакомятся плодами перца и прокалывают их оболочку. Места прокола, которые выглядят на плодике как темные пятна, становятся воротами для инфекции. Чем больше на перцах клопных «надкусов», тем сильнее они заражены грибком и тем больше в таких плодах погибших семян. Однако при равной степени покусанности плодов количество зараженных семян у неострых перцев было в два раза выше. И вообще, фузариум поражает острые плоды на 45—55% реже, чем неострые. На помощь растению приходят фенольные соединения капсаициноиды — капсаицин и дигидрокапсаицин. Доктор Тьюксбери и его коллеги экспериментально доказали, что капсаициноиды подавляют рост грибка, причем их эффект зависит от дозы. Эти вещества синтезируются только там, где они необходимы для защиты





Дикий перец *Capsicum chacoense*

растения, то есть в плодах и семенах, причем их количество возрастает по мере созревания плодов и роста их привлекательности для поедателей. Капсаиноиды обладают не только антигрибковой, но и антимикробной активностью, и ученые не исключают, что люди сначала использовали жгучий перец именно как бактерицидное средство.

В общем, плохо растениям без химической защиты. Даже сладкий овощной перец, прошедший долгий отбор на отсутствие горечи, содержит капсаицин в семенах. Есть, правда удивительный дикий вид *C. ciliatum*, в плодах и семенах которого капсаиноидов нет вообще, но он за это и поплатился. Из-за отсутствия защитных алкалоидов растение исключили из славного рода капсиков; потом все-таки вернули, но под другим названием — *C. rhomboideum*.

У *C. chacoense* капсаиноиды присутствуют, но жгучестью обладают не все растения в популяции. У многих перцев мягкий вкус. Чтобы найти причины этого явления, ученые в течение восьми лет тщательно исследовали растения из разных районов Боливии и обнаружили, что доля острых перцев в популяции связана с влажностью. На сухом северо-востоке она составляет 15–20%, но по мере продвижения на дождливый юго-запад возрастает до 100%. Из года в год доля жгучих растений в каждой популяции не менялась. Среди *C. chacoense*, которые выросли за время наблюдения, она оставалась такой же, как и среди старых.

Выявив связь остроты перца и влажности, исследователи попробовали выращивать капсикумы разной жгучести в разных условиях. Они собрали семена жгучих и нежгучих *C. chacoense* из трех популяций, различающихся по количеству выпадающих осадков и доле острых перцев, и проростили их в теплицах Университета Вашингтона при достаточной влажности. Когда у проростков появились первые цветки, их перевели на индивидуальный режим увлажнения. Растение получало воды столько, сколько ему досталось бы в самых влажных или самых сухих местах ареала. Исследователи воспроизвели в теплице природную ситуацию: в естественных условиях перцы не ограничены в количестве воды до тех пор, пока не придет пора завязываться плодам. К этому моменту на севере и востоке их ареала как раз и наступает сушь. У капсиков, получавших ежедневно по литру воды, созревало в среднем по 500 семян на растение, независимо от их жгучести. Нехватка влаги, четверть литра в день, ощутимо сказывалась на количестве семян. Капсикумы с мягким вкусом образовывали их не более 150 на растение, а жгучие — в два раза меньше. Очевидно, жгучие перцы плохо переносят засуху.

Эффективность использования воды зависит от строения листьев. Ученые обследовали листья *C. chacoense* разной жгучести и обнаружили, что они отличаются лишь плотностью



ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

устьиц, у острых растений она примерно на 40% выше. Устьица, если кто забыл, это специальные поры на листе, через которые происходят испарение воды и газообмен с окружающей средой. Чем больше устьиц, тем активнее испарение и тем больше воды теряет растение. Поэтому жгучие перцы сильнее страдают от недостатка влаги. Этим и объясняется преобладание неострых форм *C. chacoense* в сухих районах — у них больше шансов пережить маловодный период.

Исследователи скрещивали между собой жгучие и нежгучие перцы и подсчитали количество устьиц у гибридов второго поколения. Закономерность везде была одна и та же: чем меньше капсаиноидов содержат плоды растения, тем меньше устьиц на его листьях. Чем объяснить эту корреляцию, ученые пока не знают. Скорее всего, она вызвана либо тесным сцеплением генов, отвечающих за указанные признаки, либо плейотропией — множественным действием генов, при котором один ген влияет на несколько признаков. Джошуа Тьюкбери с коллегами склоняются ко второй версии, но прямых доказательств у них нет. Разумеется, исследователи планируют определить генетический механизм этой корреляции. Тем не менее они не исключают, что к ограничению жгучести в засушливых условиях может быть причастен еще один фактор — ослабленный отбор на синтез капсаиноидов. Как установили исследователи, в сухих местностях меньше насекомых и патогенных грибов, посягающих на плоды чили, а синтез капсаиноидов — адаптация к патогенам. Там, где опасность поражения грибом невелика, жгучесть не столь актуальна.

Как было бы здорово иметь все сразу: и капсаицина вдоволь, и устьиц по выбору! Но природа приготовила *C. chacoense* генетический подвох — тесную положительную корреляцию между жгучестью и плотностью устьиц. Выживание — искусство компромисса. И растению приходится лавировать между надежной химической защитой от фузариума и гибелью, которую она несет семенам в сухих районах. Да, патогенного грибка там меньше, чем во влажной местности, но даже умеренный уровень инфекции существенно влияет на жизнеспособность семян, поэтому совсем без капсаицина растению оставаться нельзя. Однако его синтез увеличивает плотность устьиц и интенсивность испарения, из-за которого перцы при нехватке влаги теряют больше семян, чем уничтожил бы грибок. Высокая производительность жгучих растений в одних условиях влечет за собой низкую продуктивность в других. Поэтому в сухой части ареала преобладает *C. chacoense* с мягким вкусом и низким содержанием капсаицина, а жгучих перцев немного. Зато в дождевых районах не выжить неострому перцу, его погубят избыток влаги и патогенный грибок. Так взаимодействие разных факторов среды вызывает полиморфизм, а у исследователей появляется возможность изучать механизм его возникновения.