

Студентка СФУ рассказала о генетических механизмах осеннего листопада

Желтеющие, краснеющие и опадающие листья в начале сентября — привычное зрелище для всех жителей умеренных широт. Однако мало кто задумывается, что за этим обыденным явлением кроется очень сложный и интересный механизм сезонного старения. Эта фундаментальная биологическая проблема, связанная с запрограммированной смертью клеток и проблемами долголетия, сформулирована в лаборатории лесной геномики СФУ в рамках проектов по изучению геномов хвойных видов под руководством профессора Константина Крутовского.



Учёные предложили некоторые подходы к её решению — для этого они сравнили хорошо изученные геномы вечнозелёных видов и экспрессии их генов (ель, сосна, пихта, эвкалипт и т. д.) с геномами и экспрессией генов листопадных видов (тополь, берёза, яблоня), в том числе такого близкородственного вида как лиственница, геном которой впервые был прочитан (говоря научным языком — секвенирован и аннотирован) в лаборатории лесной геномики СФУ.

Основываясь на подходах учёных СФУ и открытых данных шведских учёных, секвенировавших геном осины обыкновенной, студентка СФУ Анастасия Баталова объяснила роль некоторых генов в процессе листопада и представила целостную картину этого генетически обусловленного и запрограммированного процесса. С помощью биоинформатических методов исследования Анастасии удалось выяснить, какие гены древесных растений отвечают за подготовку к осеннему сбрасыванию листвы, и какие биохимические процессы происходят в это время в деревьях.

«Известно, что листья деревьев содержат три основных пигмента: каротин, антоциан и хлорофилл, поглощающий энергию солнца и использующий её для поддержания биохимических процессов, связанных с питанием растений. Именно хлорофилл, которого очень много в листьях, обеспечивает им зелёный цвет весной и летом. Но в листьях есть ещё одно вещество — растительный гормон роста ауксин. Он контролирует особый тип клеток, расположенных у основания черенков листьев — так называемый слой отмирания. В прохладные и короткие осенние дни выработка ауксина вообще прекращается, зато растёт слой отмирания, который блокирует циркуляцию воды и питательных веществ в листьях. Когда это происходит, начинается быстрый распад хлорофилла, листья благодаря каротину приобретают жёлтый цвет, а антоциан обеспечивает оранжевые и красноватые оттенки в осенней палитре. Кстати, в пасмурную погоду активность антоциана снижается, и тогда в лесу и в городских парках чаще можно встретить оранжевые или жёлтые листья, а не красные», — сообщила Анастасия Баталова.

Дальше, по словам студентки и её научного руководителя — научного сотрудника лаборатории лесной геномики СФУ, старшего преподавателя кафедры биофизики и базовой кафедры защиты и современных технологий мониторинга лесов Юлии Путинцевой, начинается самое интересное. Изучив дифференциальную экспрессию генов лиственных деревьев (экспрессией генов учёные называют передачу наследственной информации, хранящейся в генах, через РНК в некий «продукт» — например, в белки), исследователи пришли к выводу, что в процессе листопада участвуют фактически три кластера генов. Первый кластер активен до старения листьев, второй отвечает за

подготовку к листопаду, а третий руководит «скидыванием» листы с веток.

«В результате анализа дифференциальной экспрессии генов мы выявили ключевые биологические процессы для каждого кластера данных Populus tremula, а также выделили гены-кандидаты, которые отвечают за подготовку растения к листопаду. В числе этих генов NAC 42, PR 1, FAD 4 и гены сигнального пути этилена. А ещё удалось обнаружить, что в процессе старения листьев большую роль играет ответ на абсцизовую кислоту (АВА), и одним из регуляторов ответа на АВА является ген NAC 29», — уточнила Анастасия Баталова.

Молодой исследователь уверяет, что самым любопытным с точки зрения генетики является период подготовки дерева к листопаду. Существует несколько генов, которые начинают усиленно «трудиться» именно в этот момент — один из них транскрипционный фактор NAC 42 (его ещё называют красивым словом «Jungbrunnen», что в переводе с немецкого означает «фонтан молодости») локализован в ядре каждой клетки листа. В весенне-летний период он как бы «запрещает» листьям стареть и способствует биосинтезу аминокислоты пролин. Пролин, в свою очередь, выступает «антикризисным менеджером» — заставляет ферменты быть активными даже при низком количестве воды в клетке, «выключает» свободные радикалы и при пониженных температурах даже предотвращает образование кристаллов льда в тканях растения! Когда близится осень, и дерево начинает готовиться к листопаду, экспрессия гена NAC 42 возрастает в 2 раза, и продолжает стремительно расти с каждым днём.

Ещё одним «тружеником» подготовительного этапа оказался ген FAD 4 — обычно он увеличивает количество ненасыщенных жирных кислот в биологических мембранах, тем самым позволяет им не замерзать при понижении температуры до определённых пределов. Этот ген «живёт» в мембране хлоропластов.

А вот ген PR 1 участвует в ответной реакции не только на вредоносные организмы — патогены, но и при наступлении засухи. Его месторасположение — в межмембранном пространстве клеток. Экспрессия этого гена с течением времени возрастает более, чем в тысячу раз — и происходит это именно в период подготовки к листопаду.

«Анализируя процесс листопада с точки зрения генетики, мы также отметили высокую активность генов, участвующих в сигнальном пути этилена, одного из фитогормонов старения листьев. Основные составляющие сигнального пути уже давно исследованы другими учёными, мы же проанализировали реализацию составляющих сигнального пути в данных Populus tremula. В начале подготовительного этапа (2 сентября) экспрессия гена ACO возрастает в два раза. Далее синтезированный этилен воспринимается мембранными рецепторами ЭПР, где локализован белковый рецептор CTR 1, который деактивируется этиленом, в результате запускается передача сигнала далее в ядро клетки», — рассказала Юлия Путинцева.



Учёные отметили, что листопад, кажущийся нам банальным явлением, довольно сложен для дерева и даже чем-то напоминает получение человеком небольших (и не угрожающих жизни) ран.

«В начале лета закладывается пазушная почка, в конце же лета появляется два слоя между побегом и черешком листа — отдельный (его клетки выделяют слизь, становятся рыхлыми и отрываются от стебля) и пробковый — он будет защищать листовую рубцу после опадения листа, чтобы туда не попало ничего инородного и

потенциально опасного для растения, — фактически, это отмершие клетки. К концу августа происходит окончательное формирование почки в пазухе листа и затем начинается знакомый каждому листопад», — резюмировала Анастасия Баталова.

Если лиственное дерево останется зимой с зелёными листьями — оно попросту погибнет. Значение листопада в жизни лиственных деревьев особенно заметно, если сравнивать их с хвойными. Хвойные деревья (в большей степени сосна и ель) — хорошо переносят засуху. Количество влаги, испаряемое хвойными, в 10 раз меньше, чем у лиственных деревьев. Способность экономить влагу у «колючих» достигается за счёт хвои, имеющей толстую кожицу, восковой налёт и уменьшенную листовую поверхность. При этом лиственница тоже относится к хвойным, но ведёт себя как лиственное дерево и регулярно сбрасывает хвою осенью.

*«С какими генетическими механизмами это связано и чем в этом смысле лиственница генетически отличается от других хвойных, остаётся загадкой, — говорит руководитель лаборатории лесной геномики СФУ профессор **Константин Крутовский**. — Понимание этого механизма поможет решить фундаментальные биологические проблемы, связанные с циклическими процессами в организме, с программированной смертью клеток и продлением продолжительности жизни».*



[Пресс-служба СФУ](#), 22 августа 2019 г.

© Сибирский федеральный университет. Редакция сайта: +7 (391) 246-98-60, info@sfu-kras.ru.

Адрес страницы: <https://news.sfu-kras.ru/node/22061>