



Наука в Сибири

Газета Сибирского отделения Российской академии наук • Издаётся с 1961 года • 24 сентября 2026 года • № 37 (3551) • 12+



ГМО без мифов: что скрывается за непонятными буквами, которые пугают уже сорок лет



Читайте на стр. 5

Новость

Ученые выяснили, как ДНК-полимеразы заставляют себя работать точнее

Специалисты Института химической биологии и фундаментальной медицины им. Д. Г. Кнорре СО РАН обнаружили новый механизм повышения точности копирования ДНК. Полученные данные меняют представление о том, как осуществляется защита клетки от мутаций, и могут быть использованы не только в фундаментальной биохимии, но и в фармакологии. Результаты работы, выполненной в рамках проекта РНФ, опубликованы в журнале *Biochemistry*.

Точность репликации ДНК — одна из основ генетической стабильности. ДНК-полимеразы — ферменты, копирующие ДНК — делают примерно одну ошибку на 10 000–100 000 включенных нуклеотидов. Однако подавляющее большинство исследований их точности проводится на упрощенных системах, состоящих только из ДНК-матрицы и короткого олигонуклеотида-затравки (праймера), тогда как в клетке полимеразы часто работают в условиях, требующих вытеснения цепи ДНК перед собой.

Исследователи ИХБФМ СО РАН показали, что необходимость расплетать двой-

ную спираль впереди движущегося фермента служит дополнительным фильтром точности. Специалисты сравнили эффективность и точность удлинения праймера в отсутствие и в присутствии вытесняемой цепи, используя два белка, достаточно сильно различающихся между собой — фрагмент Кленова ДНК-полимеразы *I. E. coli* и ДНК-полимеразу фага RB69. Варьируя силу разрываемых пар нуклеотидов, ученые количественно оценили, как энергия их разрушения влияет на кинетику правильного и ошибочного включения нуклеотидов. Оказалось, что присутствие вытесняемой цепи повышает точность синтеза в несколько раз по сравнению с праймер-матричной системой. Причем чем прочнее пара нуклеотидов, которую полимеразе приходится разрывать, тем выше точность работы полимеразы.

Биологи предлагают физико-химическое объяснение: присоединение правильного нуклеотида высвобождает достаточное количество энергии, чтобы обеспечить не только химическую стадию реакции, но и конформационную перестройку, необходимую для расхождения цепей. При ошибочном включении энергетический выход реакции ниже, и его не хватает для преодоления энергетического

барьера, создаваемого двуцепочечной ДНК, которую нужно расплести.

«До сих пор считалось, что точность определяется исключительно структурой активного центра фермента. Мы показали, что сама механическая нагрузка — необходимость разрывать ДНК впереди себя — выступает в роли независимого контролера качества. Природа нашла элегантный способ заставить полимеразу работать аккуратнее, просто усложнив ей задачу», — комментирует руководитель гранта РНФ старший научный сотрудник лаборатории геномной и белковой инженерии ИХБФМ СО РАН кандидат биологических наук Анна Владимировна Юдкина.

Многие современные подходы генной инженерии используют полимеразы со способностью к вытеснению цепи. Понимание механизма точности копирования ДНК позволяет оптимизировать такие методики и конструировать варианты ДНК-полимераз с измененной специфичностью — более точные, если нужно избежать ошибок, или, наоборот, более склонные к неправильному включению нуклеотидов для генерации разнообразия в технологиях молекулярной эволюции.

Пресс-служба ИХБФМ СО РАН

Анонс

Программа фестиваля
«НАУКА 0+»
в Выставочном центре СО РАН
14–16 октября 2026 года

14 октября

10:00–11:00 — лекция «Как взвесить молекулу и что при этом о ней можно узнать? Зачем это при исследовании качества почв?». Читает старший научный сотрудник группы масс-спектрометрии Центра спектральных исследований Новосибирского института органической химии им. Н. Н. Ворожцова СО РАН кандидат химических наук **Андрей Алексеевич Нефедов**. Приглашаются ученики 9–11-х классов.

15:00–16:00 — лекция «Фильм “Марсианин”: научный разбор земледелия на Красной планете. Правда и вымысел». Читает старший научный сотрудник Института почвоведения и агрохимии СО РАН кандидат биологических наук **Наталья Валентиновна Смирнова**. Приглашаются ученики 7–11-х классов.

15 октября

10:00–11:00 — лекция «Средства защиты растений для здорового питания и предотвращения голода». Читает научный сотрудник лаборатории физиологически активных веществ НИОХ СО РАН кандидат химических наук **Владислав Викторович Фоменко**. Приглашаются ученики 9–11-х классов.

16 октября

11:00–12:00 — лекция «Микроорганизмы в жизни растений». Читает фитопатолог, микробиолог научный сотрудник Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН **Светлана Александровна Ферапонтова**. Приглашаются ученики 9–11-х классов.

17 октября

13:00–15:00 — просмотр и обсуждение фильма фестиваля научного кино ФАНК «Служба солнца». Вход на показ бесплатный, но предварительная регистрация на фильм обязательна. Подробная информация в группе ВКонтакте и на сайте ВЦ СО РАН <https://expo.sb-ras.ru/>, а также по тел. 238-36-96; лекция «Солнце — наша родная звезда». Читает член Федерации космонавтики России и Русского географического общества сотрудник Большого новосибирского планетария им. Анны Кикиной, старший научный сотрудник Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН кандидат физико-математических наук **Пётр Анатольевич Лукин**. Приглашаются все желающие.

Время и темы лекций могут измениться, необходима предварительная запись на все мероприятия (места ограничены): e-mail: n.kostyukina@sb-ras.ru; тел. 238-36-96.

Место проведения: Выставочный центр СО РАН (Новосибирск, Академгородок, ул. Золотогорная, 11, вход № 2).

ГМО без мифов: что скрывается за непонятными буквами, которые пугают уже сорок лет

Первому генно-модифицированному растению — табаку, в который в начале 1980-х годов встроили ген устойчивости к антибиотикам, — уже больше сорока лет. За это время исследователи научились переносить гены между самыми разными видами, а потом и вовсе редактировать растения точно, не добавляя чужеродной ДНК. Однако тема ГМО всё еще вызывает множество споров. Мы поговорили со старшим лаборантом-исследователем лаборатории клеточного деления Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН Элиной Сергеевной Сурковой о том, как ген встраивают в растение, чем редактирование генома отличается от классической генной инженерии, что можно и что нельзя делать с ГМО в России и почему риски связаны не с самими ГМ-растениями, а с тем, как ими пользуются. Обзор о ГМО опубликован в журнале *Biology*.

ГМО — это живые организмы с нужными признаками, которые были получены с помощью современных технологий. Для их создания не требуется много времени. Селекционер, который хочет вывести, например, яблоню, устойчивую к засухе, будет годами скрещивать разные сорта и ждать, пока нужное сочетание генов случайно проявится у потомства. Генный инженер вместо этого берет конкретную последовательность ДНК, отвечающую за нужное свойство, и вставляет ее напрямую в растение.

Процесс получения ГМО сложный и многоступенчатый. В клетку растения можно внедрить чужеродную ДНК с помощью почвенных бактерий *Agrobacterium tumefaciens*. «Агробактерии, по сути, являются естественным паразитом растений и вызывают образование опухолей, но ученые смогли использовать их в своих целях. Они убирают гены, которые вызывают образование опухолей, и используют только оставшиеся, доставляющие нужную ДНК в растение. Этот способ, наверное, самый старый, но при этом до сих пор самый популярный, потому что у всех методов есть свои ограничения, а он пока что наиболее применим и дешев», — поделилась Элина Сергеевна.

Там, где агробактерии работать откажутся (а это прежде всего злаки и другие однодольные растения, которые агробактерия в природе не поражает) на помощь приходит биобаллистика. Она представляет собой способ создания ГМО, при котором микрочастицы золота или вольфрама, покрытые ДНК, в буквальном смысле выстреливают в клетки под давлением сжатого газа, пробивают клеточную стенку и оболочку ядра, а далее нужный ген оказывается прямо внутри клетки, минуя посредника в виде бактерии.

Важно отметить то, что трансгенные технологии и редактирование генома — разные понятия. Если целевой ген берут у совершенно другого вида, речь идет о трансгенах. Но за последнее десятилетие всё большую популярность набирает новый подход — геномное редактирование, прежде всего с помощью системы CRISPR/Cas. «При использовании агробактерий вставка гена происходит не в любую часть генома, а туда, где гены активны, то есть с них считывается информация. При применении CRISPR мы говорим о направленной вставке — технология позволяет определить точный участок, куда встраивается ген. Таким образом, мы способны регулировать влияние окружения на ген, который добавляем. Кроме того, с помощью этой технологии можно целенаправленно, как ножницами, вырезать нужные участки или точно заменять буквы ДНК», — объяснила исследовательница.



Рабочее место молекулярного биолога. Здесь ДНК выделяют, очищают или готовят, например, к ПЦР, чтобы проверить, встроился ли целевой ген

При геномном редактировании чужеродная ДНК может вообще не оставаться в финальном растении, если конструкцию вносили временно или в виде готового белкового комплекса. Именно это стало основанием для того, чтобы во многих странах отредактированные растения перестали приравнивать к классическим ГМО. Так, в 2025 году Евросоюз принял регламент о новых геномных технологиях (New Genomic Techniques), который разделил растения на две категории. Классические трансгенные ГМО регулируются старыми строгими правилами, а для точно отредактированных сортов, неотличимых от результатов обычной селекции, появились специальные ослабленные нормы.

Российское законодательство отличается. В основе контроля ГМО лежит федеральный закон № 86-ФЗ «О государственном регулировании в области генно-инженерной деятельности», а ключевые ограничения в него внес федеральный закон от 03.07.2016 № 358-ФЗ. Этот закон запрещает выращивание и разведение генно-инженерно-модифицированных растений и животных на территории России, за исключением случаев, когда это делается для экспертиз и научно-исследовательских работ. Кроме того, запрещается ввоз в страну семян ГМО-растений для посева и посадки. При этом, что важно, закон определяет ГМО через сам метод получения организма, а не через то, осталась ли в его геноме чужеродная ДНК. «В России, где ГМО запрещено, законодательство не разделяет отредактированные растения и трансгенные. Селекция у нас только традиционная», — прокомментировала Элина Сергеевна.

Несмотря на запрет, исследования в области ГМО и генетического редактирования в России продолжаются в основном

благодаря государственному финансированию фундаментальной науки. С 2019 года в стране действует Федеральная научно-техническая программа развития генетических технологий. В ее рамках создано несколько центров геномных исследований мирового уровня, работающих в том числе и по сельскохозяйственному направлению. Сейчас в российских лабораториях создают ГМ- и отредактированные растения, накапливая компетенции и технологии на будущее.

Опасны ли такие технологии на самом деле? По словам ученых, прямой риск — это возможность аллергии, и это единственное, что напрямую связано с самой генетической модификацией. «Если мы, например, добавляем ген от бразильского ореха в какое-то растение, то у человека, у которого изначально была аллергия на бразильский орех, может развиться аллергия уже на новую культуру. Такой риск есть, поэтому нужно определенным образом предупреждать потребителей», — рассказала Элина Сергеевна.

Миф о том, что чужеродные гены встраиваются в организм человека, который съел ГМО-продукт, — одно из самых распространенных заблуждений. Здесь работает тот же механизм, что и с обычной пищей. Любая ДНК, что родная для моркови, что искусственно встроенная в нее, в пищеварительном тракте расщепляется на нуклеотиды, а потом до простого сахара (дезоксирiboзы) и букв ДНК — азотистых оснований, из которых организм затем собирает собственные молекулы. Никакие гены целиком в организм человека не попадают и не встраиваются, ни из обычных, ни из генно-модифицированных продуктов.

Косвенный риск куда серьезнее и связан не с самим ГМО-растением, а с его



Чашки Петри с колониями кишечной палочки, несущими целевые вставки генов. В безопасном для человека лабораторном штамме *E. coli* происходит наработка ДНК

последующей обработкой. Например, ученые получают растение, устойчивое к гербицидам, которые продолжают активно использовать для защиты от сорняков. В результате у сорняков со временем естественным путем развивается устойчивость к гербицидам, и объемы применяемой химии увеличивают, чтобы избавиться от мутировавших сорняков. Важно отметить, что подобные препараты, как правило, токсичны, в том числе для людей, и если их активно использовать, они накапливаются и в самом растении, и в почве, и в воде.

Какие ГМО уже созданы в России? Один из примеров — картофель с повышенной устойчивостью к фитофторозу и пшеница с устойчивостью к парше (болезни, которые ежегодно уносят значительную часть урожая). Еще один интересный пример — с помощью редактирования генома CRISPR/Cas ученые Сколковского института науки и технологий получили линии пшеницы с колосьями, содержащими в несколько раз больше зерен, чем у обычных сортов.

«Если разрешить применение ГМО, культуры станут продуктивнее, будет больше биомассы, у растений появится устойчивость к болезням и засухе. Земель, пригодных для выращивания сельскохозяйственных культур и расположенных в благоприятных климатических зонах, сейчас не так много, а значит, увеличивать продуктивность можно только за счет эффективности того, что уже выращивается», — спрогнозировала Элина Суркова.

Анастасия Шамова,
студентка ГИ НГУ

Фото автора

Фото на первой полосе:
томат сорта Money Maker — часто используемый сорт для получения трансгенных помидоров