

Биосинтез белков: обзор ключевых тем урока

Центральные этапы биосинтеза белков:
транскрипция, трансляция, регуляция.



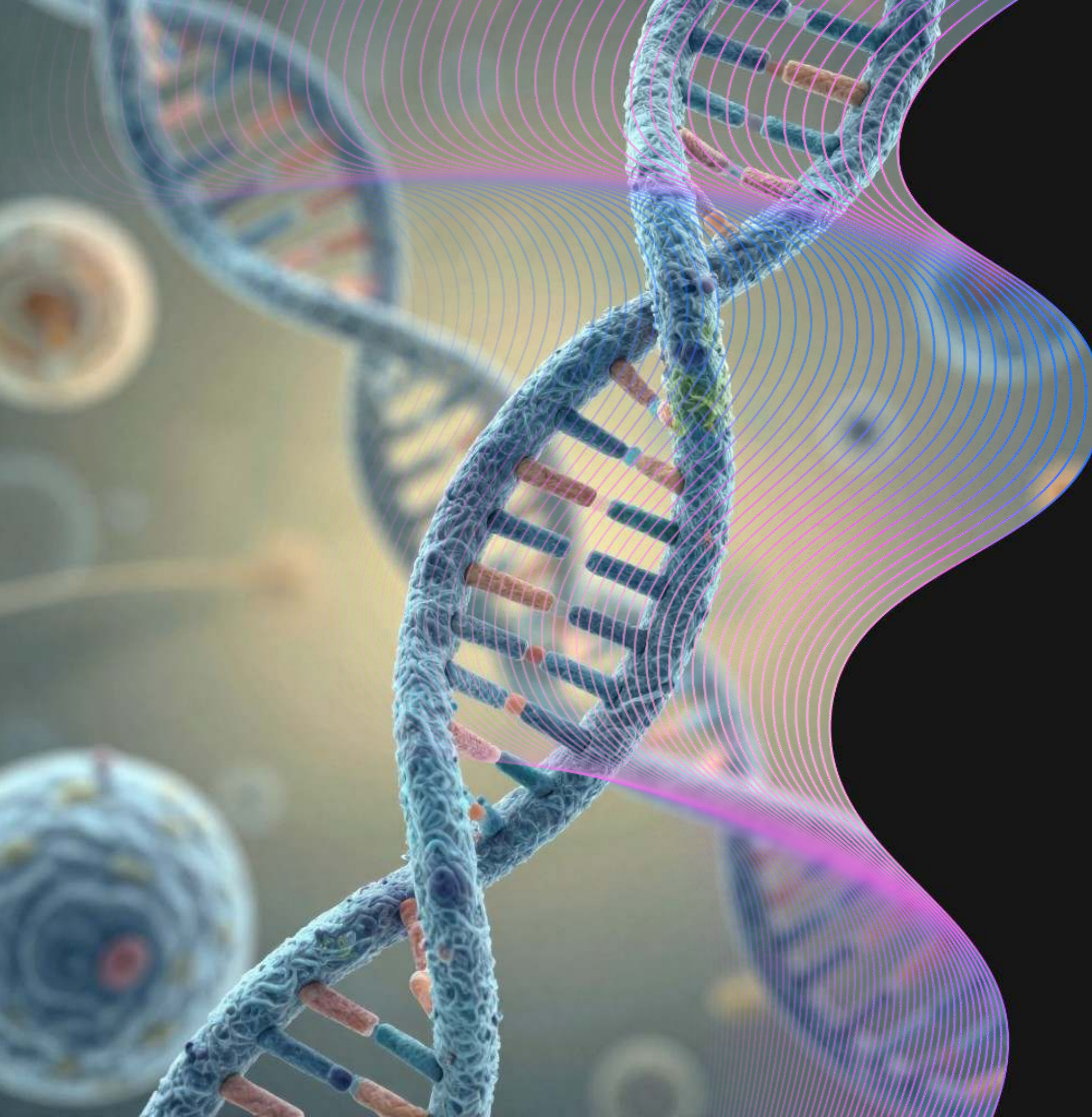
История открытий и важность белков в жизни клетки

Развитие методов 1940–1960-х годов позволило понять структуру нуклеиновых кислот и принципы синтеза белков. Белки выполняют ключевые функции: структурные, каталитические, транспортные и регуляторные, обеспечивая жизнеспособность клеток.



Основные этапы биосинтеза белка

- Транскрипция — процесс копирования генетической информации с ДНК на иРНК, обеспечивающий основу для последующего синтеза белка.
- Трансляция — последовательная сборка аминокислот в полипептид по информации, закодированной иРНК, с участием рибосом и тРНК.
- Регуляция обеспечивает точное включение и выключение генов, адаптируя синтез белка к потребностям клетки и внешним условиям.



Структура гена: промотор, кодирующая область и терминатор

Промотор — стартовая точка транскрипции

Промотор — специфический участок ДНК, к которому присоединяются ферменты для начала транскрипции. Он определяет место запуска синтеза иРНК.

Кодирующая область и терминатор

Кодирующая область содержит последовательность, кодирующую белок, а терминатор сигнализирует о завершении синтеза молекулы РНК.

Значение структуры ДНК и принцип комплементарности

- ДНК состоит из двух цепей, связанных парными нуклеотидами: аденин с тиминном, гуанин с цитозином, что обеспечивает стабильность молекулы.
- Комплементарность нуклеотидов гарантирует точное копирование информации при транскрипции и репликации ДНК.
- Последовательность нуклеотидов ДНК определяет аминокислотный состав и последовательность белка, задавая генетический код.
- Ошибки в паровании могут привести к мутациям, влияющим на структуру и функцию синтезируемых белков.

Этапы транскрипции: от ДНК к мРНК

Пошаговое описание синтеза иРНК на матрице ДНК



Ферменты и вспомогательные белки в транскрипции

РНК-полимераза синтезирует иРНК, используя ДНК в качестве матрицы, обеспечивая точное копирование генетической информации.

— Транскрипционные факторы способствуют связыванию РНК-полимеразы с промотором, регулируя начало синтеза РНК.

— У прокариот один тип РНК-полимеразы, у эукариот — три специализированных вида, выполняющих независимые функции.

Матрица транскрипции: смысловая и антисмысловая цепи



Антисмысловая цепь ДНК служит шаблоном для синтеза иРНК, где тимин заменяется на урацил, что обеспечивает точную передачу информации.

Смысловая цепь идентична иРНК по последовательности, за исключением замены тимина на урацил, и не участвует непосредственно в транскрипции.

Сравнение скорости транскрипции у прокариот и эукариот

Скорость транскрипции у прокариот выше из-за простой организации регуляторных элементов и отсутствия ядерной мембраны.

Различия в скорости обусловлены сложностью регуляции и пространственным разделением процессов у эукариот.

Молекулярная биология, 2020



Виды РНК в биосинтезе белка

- мРНК переносит генетическую информацию из ядра к рибосомам, выступая матрицей для синтеза белка.
- тРНК доставляет аминокислоты к рибосоме, обеспечивая правильное включение аминокислот в растущую полипептидную цепь.
- рРНК образует структурный и каталитический каркас рибосом, обеспечивая эффективность трансляции.

Сравнительная таблица функций типов РНК

Тип РНК	Основная функция	Роль в биосинтезе
мРНК	Носитель генетической информации	Передача информации с ДНК к рибосомам
тРНК	Транспорт аминокислот	Доставка аминокислот для сборки белка
рРНК	Структурная и каталитическая	Образование рибосом и обеспечение процесса сборки

— Таблица демонстрирует основные функции трёх видов РНК, участвующих в биосинтезе белка: мРНК, тРНК и рРНК. Примечательно, что только мРНК содержит последовательность, непосредственно соответствующую нуклеотидам ДНК.

Каждый тип РНК выполняет уникальную функцию, совместно обеспечивая точность и эффективность синтеза белка.

Учебник молекулярной биологии, 2022

Контроль экспрессии генов в транскрипции

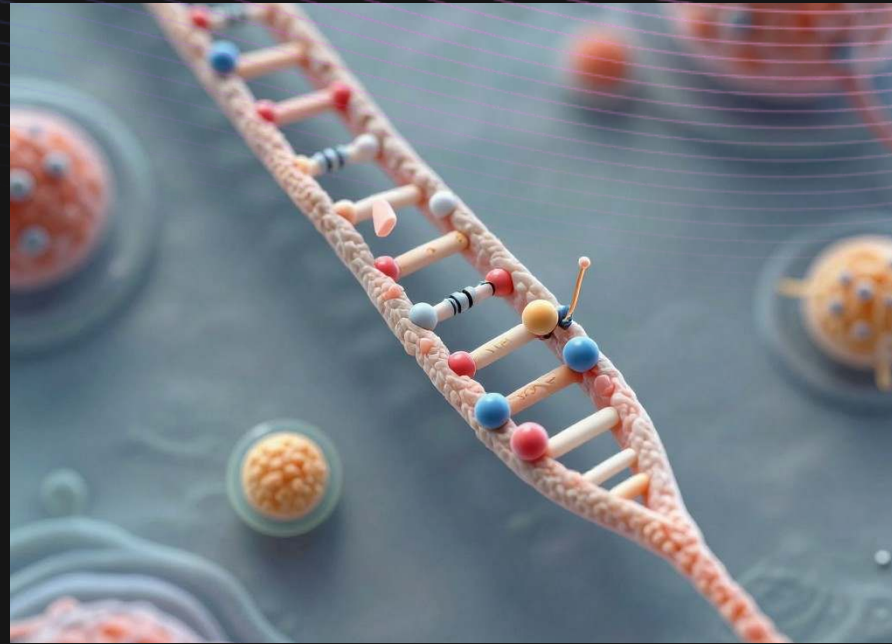
- Промоторы — это специфические участки ДНК, к которым связывается РНК-полимераза, определяя старт транскрипции и уровень синтеза мРНК.
- Сайленсеры подавляют транскрипцию, снижая или полностью блокируя экспрессию определённых генов при необходимости.
- Энхансеры усиливают активность транскрипции, улучшая связывание транскрипционных факторов и РНК-полимеразы с промотором.
- Транскрипционные факторы регулируют динамику транскрипции, изменяя её в ответ на внутренние клеточные сигналы и внешние воздействия среды.

Процессинг мРНК у эукариот



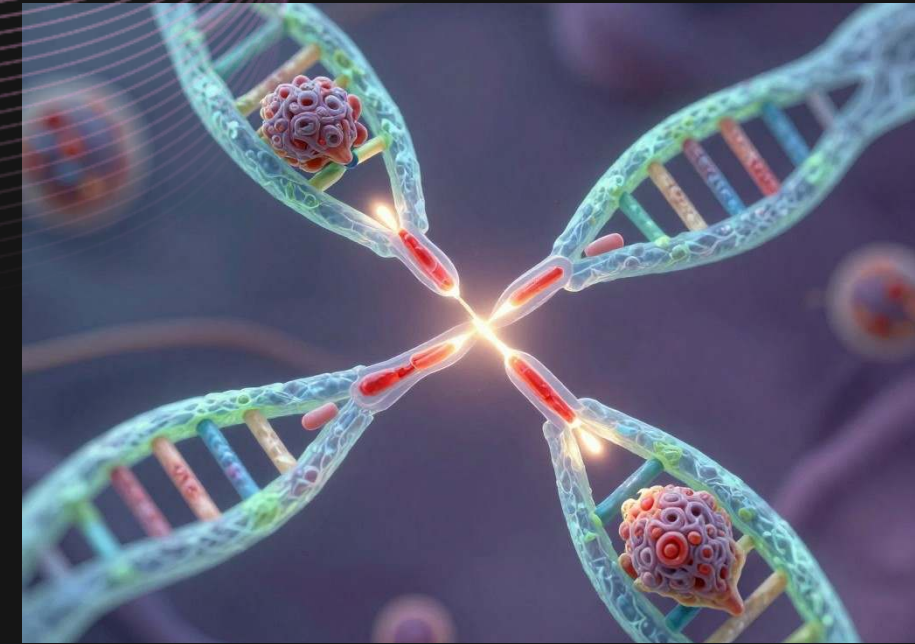
Кэпирование 5'-конца мРНК

На начальном этапе происходит присоединение защитной структуры — 7-метилгуанозинового кэпа, который обеспечивает стабильность мРНК и её распознавание на рибосоме.



Полиаденилирование 3'-конца

Добавление поли(А) хвоста из адениновых нуклеотидов повышает устойчивость мРНК к деградации и содействует её экспорту из ядра в цитоплазму.



Сплайсинг мРНК

В этом процессе удаляются интроны — некодирующие участки, и соединяются экзоны, формируя зрелую мРНК, готовую к трансляции в белок.

Транскрипция у прокариот и эукариот: основные различия

- У прокариот транскрипция и трансляция происходят одновременно в цитоплазме, что обеспечивает быстрое производство белка.
- У эукариот существует три типа РНК-полимеразы (I, II и III), каждая из которых отвечает за синтез различных видов РНК.
- В эукариотах транскрипция происходит в ядре, и только после процессинга зрелая мРНК транспортируется в цитоплазму для трансляции.
- Организация генов у эукариот сложнее, с наличием интронов и регуляторных элементов, отсутствующих у прокариот.

Транскрипционные факторы: основные примеры

Функции транскрипционных факторов

Транскрипционные факторы играют роль регуляторов, обеспечивая узнавание промоторов и формирование транскрипционного комплекса для инициации синтеза РНК. Они связываются с ДНК и взаимодействуют с РНК-полимеразой II.

Примеры ключевых факторов

Основные факторы: TFIIB участвует в определении стартовой точки транскрипции; TFIID обладает ферментативной активностью, обеспечивая расплетание ДНК; TBP распознаёт TATA-бокс, облегчая сборку комплекса.



Генные мутации, влияющие на транскрипцию

- Мутации в промоторных областях снижают связывание РНК-полимеразы, что приводит к уменьшению синтеза мРНК и снижению продукции белка.
- Изменения в сайтах присоединения транскрипционных факторов нарушают регуляцию, вызывая неправильное включение или выключение генов.
- Примером является β -талассемия, при которой дефекты регуляции транскрипции гена β -глобина вызывают нарушение синтеза гемоглобина.

Медицинское значение процессов транскрипции

Сбой в регуляции транскрипции вызывает наследственные заболевания, такие как муковисцидоз и гемофилии, через нарушение нормальной экспрессии генов.

Некоторые виды рака связаны с аномалиями в транскрипционных механизмах, что приводит к неконтролируемому делению клеток.

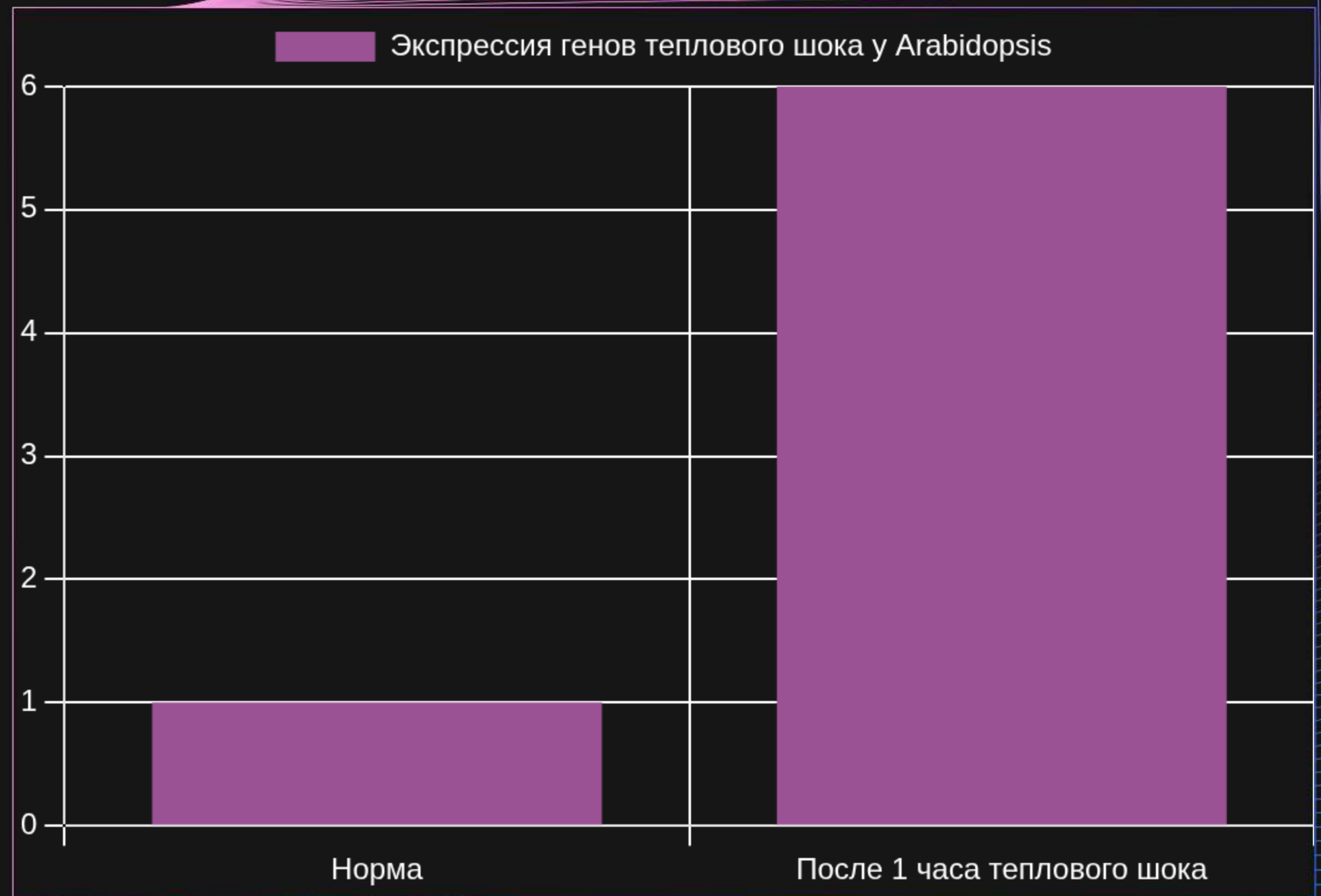
Современные терапевтические подходы направлены на коррекцию транскрипционных процессов для восстановления нормальной функции клеток и лечения болезней.

Экспрессия генов под влиянием окружающей среды

Исследование показывает значительный рост активности белков теплового шока после воздействия высоких температур в течение одного часа.

Повышение температуры резко усиливает экспрессию генов теплового шока, помогая растению адаптироваться к стрессовым условиям.

Исследование по молекулярной физиологии растений, 2021



Общие и специфические черты биосинтеза белков у разных организмов

- Все организмы используют универсальные механизмы транскрипции и трансляции для синтеза белков на основе кодовой последовательности ДНК.
- Археи обладают сложной системой синтеза РНК, схожей с эукариотической, что отличает их от более простых бактериальных систем.
- Специфика проявляется в уровне регуляции экспрессии генов, где эукариоты демонстрируют сложные многоступенчатые контрольные механизмы.
- Скорость транскрипции и состав ферментов варьируются в зависимости от типа организма, отражая адаптации к разной биологии и среде.

Значение биосинтеза белка и транскрипции в клеточной жизни

Биосинтез белка — фундаментальный процесс для обеспечения клеточных функций, а изучение транскрипции открывает пути для инновационных биомедицинских технологий и генной терапии.