

**ТРАНСКРИПЦИЯ И ЕЁ РЕГУЛЯЦИЯ.
ПРОЦЕССИНГ РНК**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ТРАНСКРИПЦИЯ И ЕЁ РЕГУЛЯЦИЯ.
ПРОЦЕССИНГ РНК**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Челябинск
2021

УДК 575.1(076)
ББК 28.041.10я73
Т 65

Транскрипция и её регуляция. Процессинг РНК: методические рекомендации / сост. Н.М. Лисун, Ю.М. Зырянова. – Челябинск : Изд-во ЮУрГГПУ, 2021. – 35 с. – Текст: непосредственный.

Целью написания данных методических рекомендаций является обобщение методических материалов для закрепления темы «Транскрипция и её регуляция. Процессинг РНК» в рамках дисциплин «Химические основы передачи наследственной информации» и «Молекулярная биология».

Методические рекомендации включают различные типы заданий, способствующих формированию компетенций в области естественнонаучного образования.

Методические рекомендации предназначены для студентов-бакалавров, получающих естественнонаучное образование.

Рецензенты: А.А. Сутягин, канд.хим.н., доцент
Д.С. Сташкевич, канд.биол.н., доцент

© Н.М. Лисун, составление, 2021,
© Ю.М. Зырянова, составление, 2021
© Издательство Южно-Уральского
государственного гуманитарно-
педагогического университета, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Учебный курс «Химические основы передачи наследственной информации» позволяет студентам получить необходимые знания в области фундаментальных основ молекулярной биологии, а также современных представлений о структурной организации нуклеиновых кислот и механизмах реализации наследственной информации, регуляции экспрессии генов.

Экспрессия всех генов начинается с транскрипции их нуклеотидной последовательности. Транскрипция – это процесс перевода информации, записанной на языке последовательности дезоксирибонуклеотидов в смысловой цепи ДНК на язык последовательности рибонуклеотидов в мРНК. При этом определенный участок одной из двух цепей ДНК (антисмысловой) используется как матрица для синтеза РНК путем комплементарного спаривания оснований.

Лабораторно-практические занятия являются важным звеном в процессе освоения студентами курса «Химические основы передачи наследственной информации». Каждому занятию должно предшествовать обязательное ознакомление с материалом лекционного курса и соответствующей литературой, рекомендуемой к теме каждого занятия. В методические рекомендации по теме «Транскрипция и её регуляция. Процессинг РНК» включены: краткое содержание темы, вопросы для самоподготовки, задания для самоконтроля разных видов, а также терминологический минимум, необходимый для изучения данной темы.

Цель: сформировать у студентов знания о молекулярных механизмах реализации наследственной информации на уровне транскрипции, роли и значении транскрипции в функционировании живых организмов.

Задачи обучения:

– сформировать у студентов знания о сущности транскрипции;

– изучить сущность и молекулярные механизмы различных этапов транскрипции;

– изучить и понять особенности транскрипции у про- и эукариотических организмов;

– изучить и понять сущность и значение процессинга и сплайсинга эукариотической мРНК.

Методы обучения: комбинированный метод обучения (беседа, решение тестовых заданий, ситуационных задач, зарисовка схем).

1. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМЫ

Основные принципы транскрипции. Транскрипция у прокариот. Структура и функции бактериальной РНК-полимеразы. Инициация, элонгация и терминация транскрипции. Особенности транскрипции у эукариот. РНК-полимеразы эукариот.

Регуляция транскрипции у прокариот: индукция и репрессия. Аттеноуация. Особенности регуляции транскрипции у эукариот. Тотальная регуляция экспрессии генов, роль гистоновых и негистоновых белков. Гетеро- и эухроматин.

Основные стадии процессинга пре-мРНК у эукариот: кэпирование, полиаденилирование, сплайсинг, редактирование. Их значение. Виды сплайсинга: автосплайсинг, сплайсинг с участием мяРНК. Альтернативный сплайсинг.

Процессинг пре-гРНК, пре-рРНК у эукариот.

Процессинг РНК у прокариот.

2. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Охарактеризуйте центральную догму молекулярной биологии и её реализацию в живой природе.

2. Сформулируйте основные принципы транскрипции. Общее представление о биосинтезе РНК.

3. Зарисуйте и опишите структуру прокариотического оперона.

4. Опишите структуру РНК-полимеразы прокариот на примере кишечной палочки.

5. Охарактеризуйте этапы транскрипции на примере прокариот.

6. Зарисуйте и опишите механизмы терминации транскрипции.

7. Зарисуйте и опишите схему негативной индукции на примере *lac*-оперона.

8. Существует позитивный контроль работы *lac*-оперона при участии глюкозы. Каков его механизм?

9. Зарисуйте и опишите схему позитивной индукции на примере *aga*-оперона.

10. Зарисуйте и опишите схему позитивной репрессии на примере оперона синтеза рибофлавина в клетках бактерии *Bacillus subtilis*.

11. Зарисуйте и опишите схему негативной репрессии на примере триптофанового оперона.

12. Объясните механизм аттенуации транскрипции на примере триптофанового оперона.

13. Сравните понятия оперона и транскриптона.

14. Опишите особенности транскрипции у эукариот. Перечислите основные факторы транскрипции.

15. Опишите регуляцию транскрипции РНК-полимеразой II. Какова роль энхансеров и сайленсеров?

16. Опишите этапы процессинга РНК у эукариот.

17. Охарактеризуйте особенности транскрипции генов I и III класса.

18. Перечислите виды сплайсинга. Опишите механизм сплайсинга с участием сплайсосом.

19. Опишите механизм альтернативного сплайсинга. Приведите примеры.

20. Каковы особенности процессинга РНК у прокариот?

3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

3.1. Открытые тесты

Транскрипция (1 часть)

У(1) ДНК локализуется в(2), а белок-синтезирующий аппарат находится в(3). Копии генетической информации поступают в форме информационной (матричной) РНК (мРНК). Существует(4) основных различия между мРНК и ДНК: вРНК сахар(5), а не дезоксирибоза (он содержит ОН-группу во 2'-положении); основание У (вместо Т), которое образует водородные связи с А; м РНК –(6) цепочечная молекула. Фермент РНК(7) катализирует образование РНК с использованием в качестве матрицы(8), синтезируя РНК в направлении(9). Поэтому антипараллельная матрица читается в направлении 3' → 5'. Механизм присоединения каждого основания включает реакцию между(10) группой(11) цепи и(12) группой у остатка сахара входящего нуклеотидтрифосфата. Гидролиз пирофосфата является энергетически движущей силой реакции. В отличие от ДНК-полимеразы, РНК-полимераза не нуждается в(13). Каждая мРНК кодирует один ген (или их небольшую группу). мРНК имеет довольно короткую длину и время полужизни от около 20 минут до нескольких часов у(14) и около 2 минут у бактерий. Поэтому постоянный синтез мРНК необходим для поддержания синтеза белка. У бактерий обнаружены(15) молекулы мРНК, несущие последовательности для кодирования нескольких белков.

Транскрипция (2 часть)

Процесс переноса информации от ДНК на мРНК называется.....(1), а от мРНК к белку –(2). В конечном счёте последовательность ДНК определяет(3) последовательность. Лишь(4) из цепей ДНК транскрибируется в мРНК. Две цепи ДНК имеют комплементарные пары оснований и синтезируемая мРНК комплементарна цепи ДНК, используемой в качестве(5). Таким образом, как синтезируемая мРНК, так и(6) используемая в качестве матрицы (нематричная) цепь ДНК являются.....(7) матричной цепи. Они имеют одинаковую последовательность оснований (за исключением того, что вместо основания Т в РНК используется У). Поэтому, во избежание путаницы, нематричная цепь называется(8) или смысловой цепью. Ген является специфическим участком ДНК, транскрибируемым в РНК (обратите внимание, что в ходе транскрипции образуются не только мРНК). Молекулы мРНК на каждом конце имеют нетранслируемые области, называемые.....(9) участками (*НТО*, *англ. untranslated regions, UTR*). UTR участки на 5'-конце молекулы мРНК содержат сигналы для.....(10) трансляции, а 3'-UTR-сигналы – для.....(11). Все они входят в состав гена. В транскрипции гена важную роль также играют и другие участки ДНК, такие как промотор и терминатор. Нумерация оснований ДНК ведётся от стартовой точки транскрипции. Первое читаемое основание обозначается +1. Основания, расположенные в сторону 3'-конца обозначаются термином(12) транскрипции. Основание(13) располагается перед стартовой точкой; его и все другие основания, расположенные от стартовой точки в сторону.....(14) конца кодирующей цепи, обозначаются

термином «против хода» транскрипции. Обратите внимание, что роль, выполняемая двумя цепями ДНК, для каждого гена неодинакова.(15) цепь для одного гена может и не быть матричной ДНК для другого гена. Полимеразы могут читать основания «слева направо» или «справа налево», но при этом им необходимо использовать разные цепи ДНК-дуплекса. В транскрипции генов выделяют 3 стадии.....(17),(18) и(19). Короткие последовательности оснований часто называются.....(20), блоками или элементами. Типичный промотор *E. coli* имеет бокс(21) в положении -10 и другой бокс в положении -35. Путем сравнения структуры большого числа различных боксов Прибнова определена консенсусная последовательность –(22), которая приводится в направлении 5'→3' кодирующей цепи. Узнавание этих боксов РНК-полимеразой происходит при участии белка.....(23) фактора, который необходим для транскрипции только нескольких первых оснований. Цепь ДНК временно расплетается в участке транскрипционного глазка по мере продвижения(24) вдоль синтезируемой РНК со скоростью около 40 присоединенных нуклеотидов в 1 секунду.

Регуляция транскрипции

Механизм(1) транскрипции у(2) включает использование(3) фактора, который присоединяется к вновь транскрибированной мРНК и движется позади РНК-полимеразы. Этот белок обладает(4) активностью и во время движения вдоль цепи расплетает ДНК-РНК(5). Терминация синтеза происходит тогда, когда σ -фактор «догоняет».....(6). Гены, ответственные за включение транскрипции, экспрессируются.....(7).

Промоторы подразделяются на слабые и сильные, в зависимости от(8), с которой происходит инициация транскрипции, и это отражается на(9) синтезируемых молекул мРНК. Последовательность оснований бокса Прибнова и бокса в положении -35 , так же как(10) и природа.....(11) между ними, оказывают влияние на силу данного.....(12). Существуют различные сигма-факторы, индуцирующие транскрипцию различных генов в ответ на определенные условия окружающей среды, такие как тепловой шок, азотистое(13) и другие неблагоприятные воздействия. Синтез белка в ответ на химический сигнал называется.....(14), а химическое соединение –(15); блокирование синтеза белка называется(16). Многие прокариотические гены сгруппированы вместе в отдельные группы и находятся под транскрипционным контролем одного промотора. мРНК генов такого типа называется.....(17), а группа генов, контролируемая одним промотором, представляет собой(18).

lac-оперон

В клетках *E.coli* существует три специальных белка, которые необходимо индуцировать для обеспечения жизнедеятельности клеток в условиях, когда лактоза является единственным источником углерода. Это(1), β -галактозид(2) и галактозид.....(3). ДНК кодирует синтез трёх этих белков вместе с белком, названным lac.....(4); последний связывается с участком ДНК, расположенным рядом с промотором.....(5) транскрипции, который назван(6). Рядом с промотором, против хода транскрипции, расположена последовательность ДНК, названная участком связывания(7) – белка(8) катаболизма.

Оператор и CAP-связывающий участок локализованы на ДНК, с ними могут взаимодействовать специфические белки. CAP-белок связывается с CAP-связывающим участком при повышении уровня(9), который образуется в клетке только при(10) концентрации глюкозы. Связывание CAP-белка усиливает свойства lac.....(11). Однако низкий уровень глюкозы не является сам по себе достаточно эффективным сигналом для включения этого.....(12), поскольку если присутствует лактоза, то белок lac.....(13) связывается с оператором и полимераза не может транскрибировать другие гены. С белком lac-репрессором непосредственно взаимодействует(14). Это приводит к тому, что репрессор не связывается с(15). Метаболит лактозы, представляющий собой сахар(16), называется индуктором. В его отсутствии lac-репрессор связывается с оператором и(17) транскрипцию.

Триптофановый оперон (trp-оперон)

Триптофановый оперон сходен с lac-опероном, но использует для прекращения транскрипции механизм(1). Этот механизм основан на том, что у прокариот(2) мРНК в белок начинается после транскрибирования небольшого фрагмента мРНК. В этом случае первым синтезируется 14-членный пептид, названный(3) пептидом. Способность клетки синтезировать этот лидерный пептид является(4) для блокирования биосинтеза белков, которые синтезируют(5) триптофан. При очень низкой концентрации триптофана, по мере того как оперон начинает синтезировать мРНК и последняя начинает транслироваться в лидерный пептид, синтезирующие белок рибосомы будут(6) в определенном участке мРНК, где

необходимо присоединение(7) остатков триптофана. Эта задержка(8) образование в частично синтезированной молекуле мРНК структуры(9), которая формируется при(10) процесса синтеза мРНК. В том случае, когда триптофан присутствует в избытке, рибосома(11) задерживается,(12) шпилечная структура и оставшаяся часть(13) не синтезируются.

3.2. Ситуационные задачи

Примеры решения задач

1. **Пример 1.** Нуклеотидная последовательность рибосомного гена:

–АГГГЦЦЦГААТТГАТГЦАЦГГАТТТТЦ–.

Какую структуру имеет РНК, кодируемая этим фрагментом? Какой вид РНК и в результате какого процесса будет синтезироваться? Какую функцию выполняет этот вид РНК? Ответ поясните.

Решение:

1) дан фрагмент молекулы ДНК; известно, что все виды РНК синтезируются на ДНК-матрице; по принципу комплементарности определяем нуклеотидный состав рРНК:

–УЦЦЦГГГЦУУААЦУАЦГУГЦЦУААААГ–;

2) синтезируется молекула рРНК в результате транскрипции;

3) рРНК выполняют структурную функцию, так как входят в состав рибосом.

2. **Пример 2.** Участок нетранскрибируемой цепи ДНК имеет следующее строение: 5'–ТТАГГТГТГАЦЦАЦЦГТ–3'.

Как будет выглядеть молекула мРНК, считанная с этого участка молекулы ДНК?

Решение:

Для решения этой задачи можно сначала в соответствии с принципом комплементарности построить транскрибируемую цепь ДНК, а затем по ней построить мРНК. Но решение может быть проще, если вспомнить, что мРНК, комплементарная транскрибируемой цепи, идентична нетранскрибируемой (естественно, с заменой Т на У). Тогда мРНК будет выглядеть следующим образом: 5'–УУАГТГУГУГАЦЦАЦЦГУ–3'.

3. **Пример 3.** Длина гена каталазы у человека составляет 34 тыс. пар нуклеотидов. Длина соответствующей мРНК – 1,6 тыс. нуклеотидов. Какая часть гена несет информацию о первичной структуре белка?

Решение:

1600 нуклеотидов от 34000 составляет 4,7 %. Однако часть молекулы мРНК приходится на 5'-нетранслируемую последовательность, часть – на 3'-полиА-хвост. Поэтому правильным ответом будет «около 4,5 %» либо «менее 4,7 %».

4. **Пример 4.** Сколько времени занимает транскрипция гена гистона, состоящего из 135 аминокислот, если скорость транскрипции у эукариот в среднем составляет 40 нуклеотидов в секунду? (Гены гистоны не содержат интронов).

Решение:

Кодирующая белок часть гена гистона имеет длину $135 \times 3 = 405$ нуклеотидов. Так как в гене нет интронов, длина мРНК будет больше этой величины на длину 5'-нетранслируемой последовательности и 3'-полиА-хвоста. Синтез такой молекулы занимает более 10 с.

Задачи

1. Дана последовательность нуклеотидов РНК. Определить последовательность фрагмента ДНК. Определить кодирующие и матричные цепи в молекуле ДНК. Указать 5' и 3' концы цепей РНК и ДНК.

мРНК 7 met-Г-АУГУУУЦУАЦАЦАЦГГУАГАЦГЦЦГГЦУГГЦГАУАГ– поли(А)

2. Дана последовательность нуклеотидов смысловой цепи в молекуле ДНК. Определить нуклеотидную последовательность молекулы мРНК. Укажите 5' и 3' концы молекулы РНК.

ДНК 5' АТГГАЦГААААТЦЦГГАТЦГЦЦААГГТАТТТТГАЗ'

3. Участок мРНК имеет следующий состав:

–ААУУГУЦАУАУГГУЦЦУЦАУУУАУАЦАГУЦААА–.

Определите соотношение нуклеотидных пар АТ/ГЦ в транскрибированном фрагменте ДНК.

4. Размер инсулинового гена составляет 1,7 тыс. пар нуклеотидов. Длина мРНК инсулин составляет 0,4 тыс. нуклеотидов. Какую часть мРНК составляют нетранслируемые области?

3.3. Тесты

1. В эксперименте *in vitro* фрагмент ДНК подвергли транскрипции, после чего определили состав полученной мРНК, а также обеих нитей молекулы ДНК. Результаты этого анализа представлены в таблице 1. Какая нить ДНК является кодирующей?

Таблица 1

Нуклеотидный состав ДНК и РНК

	А	Г	Ц	Т	У
Нить ДНК 1	19,1	26,0	31,0	26,9	0
Нить ДНК 2	24,2	30,8	25,7	19,3	0
мРНК	19,0	25,9	30,8	0	24,3

- а) нить 1;
- б) нить 2;
- в) обе нити;
- г) ни одна из них;
- д) для правильного ответа представленной информации недостаточно.

2. Выберите правильный ответ.

Ноло-фермент РНК-полимеразы E.coli состоит из субъединиц:

- а) четырех;
- б) двух;
- в) трех;
- г) пяти;
- д) десяти.

Каковы функции этих субъединиц?

3. Выберите правильный ответ.

Транскрипция:

- а) происходит в S-фазу клеточного цикла;
- б) всегда начинается с кодона AUG;
- в) инициируется образованием праймера;
- г) не требует локального расплетения двойной спирали ДНК;
- д) протекает при участии белков;
- е) требует затраты энергии.

4. Укажите последовательность событий.

В ходе транскрипции у прокариот происходит:

- а) отделение σ -фактора от РНК-полимеразы;
- б) связывание РНК-полимеразы с промотором;

- в) активация р-фактора;
- г) образование молекулы РНК, комплементарной матрице;
- д) отделение молекулы РНК от матричной цепи ДНК.

5. Выберите неправильный ответ.

РНК-полимераза эукариот:

- а) присоединяется к промотору;
- б) связывается с базальными факторами транскрипции;
- в) для начала синтеза не требует «затравки»;
- г) начинает синтез молекулы РНК с образования «колпачка»;
- д) для синтеза РНК использует энергию нуклеозидтрифосфатов.

6. Выберите неправильный ответ.

Оперон:

- а) участок молекулы РНК;
- б) содержит регуляторную зону, контролирующую транскрипцию структурных генов;
- в) содержит промотор, к которому присоединяется РНК-полимераза;
- г) участок молекулы ДНК;
- д) содержит информацию о группе функционально взаимосвязанных белков.

7. Выберите неправильный ответ.

Оператор:

- а) может связываться с белком-репрессором;
- б) участок молекулы ДНК;
- в) входит в регуляторную зону оперона;
- г) содержит информацию о структуре белка-репрессора;

д) расположен перед структурными генами.

8. Найдите утверждения, касающиеся бактерий.

- 1) широко распространен негативный контроль экспрессии генов;
 - 2) процессы транскрипции и трансляции сопряжены;
 - 3) широко распространен позитивный контроль экспрессии генов;
 - 4) структурные гены имеют размер примерно 50000 т.н.п;
 - 5) мРНК может быть полицистронной.
- а) 2, 3, 4, 5;
б) только 2 и 3;
в) 1, 2, 5;
г) только 5;
д) только 2.

9. Установите соответствие.

- а) *lac*-оперон;
б) *trp*-оперон;
в) оба;
г) ни один.
- 1) регулируется по механизму репрессии;
 - 2) контролирует транскрипцию структурных генов функционально взаимосвязанных белков;
 - 3) при повышении концентрации регулятора скорость транскрипции возрастает;
 - 4) регулирует синтез ферментов у эукариот.

10. Какие из перечисленных ниже элементов не входят в состав *lac*-оперона *E.coli*?

- а) гены, кодирующие синтез ферментов утилизации лактозы;

- б) гены, кодирующие синтез регуляторного белка-репрессора;
- в) гены, кодирующие синтез РНК-полимеразы;
- г) промотор;
- д) оператор.

11. Индуктор:

- а) связывается с репрессором и предотвращает его посадку на промотор;
- б) связывается с репрессором и предотвращает его посадку на оператор;
- в) связывается с промотором и предотвращает посадку репрессора на оператор;
- г) связывается с оператором и предотвращает посадку репрессора в это место;
- д) связывается с терминаторными кодонами и индуцирует дальнейший синтез белка.

12. Выберите утверждение, которое нарушает последовательность событий.

При высокой концентрации лактозы в среде выращивания *E. coli*:

- а) лактоза связывается с белком-репрессором;
- б) комплекс лактозы с белком-репрессором теряет сродство к оператору *lac*-оперона;
- в) изменяется конформация белка-репрессора;
- г) РНК-полимераза транскрибирует гены, кодирующие ферменты утилизации лактозы;
- д) в клетках возрастает количество ферментов, участвующих в усвоении лактозы.

13. Выберите утверждение, которое нарушает последовательность событий.

При высокой концентрации триптофана в среде выращивания *E. coli*:

- а) триптофан (Три) связывается с белком-репрессором;
- б) комплекс белка-репрессора и Три приобретает сродство к оператору;
- в) три вызывает конформационные изменения в структуре белка-репрессора;
- г) РНК-полимераза не может присоединиться к промотору;
- д) транскрипция структурных генов *trp*-оперона не идет.

14. Установите соответствие.

- а) ген-регулятор;
- б) промотор;
- в) оператор;
- г) структурные гены;
- д) белок-репрессор.

1) конформация этого белка меняется под влиянием лактозы;

2) определенная нуклеотидная последовательность, способная связываться с белком-репрессором;

3) присоединяет РНК-полимеразу при повышении концентрации лактозы в среде.

15. Выберите неправильный ответ.

В триптофановом опероне при низких концентрациях триптофана в среде выращивания:

- а) триптофан (Три) не связывается с белком-репрессором;
- б) белок-репрессор не имеет сродства к оператору;
- в) РНК-полимераза присоединяется к промотору;

- г) структурные гены транскрибируются;
- д) количество ферментов, участвующих в синтезе Три, снижается.

16. Аттенуация представляет собой:

- а) увеличение скорости транскрипции;
- б) уменьшение скорости транскрипции;
- в) уменьшение скорости трансляции;
- г) увеличение скорости трансляции.

17. Выберите правильный ответ.

Энхансер представляет собой:

- а) участок ДНК, который может связываться с регуляторным белком и стимулировать транскрипцию;
- б) ДНК-связывающий регуляторный белок;
- в) нетранскрибируемый 5'-концевой участок РНК;
- г) транскрипционный фактор, связывающийся с РНК-полимеразой;
- д) ген, кодирующий строение белка, регулирующего транскрипцию.

18. Выберите правильный ответ.

Зоны стойкой репрессии хроматина формируются путем:

- а) связывания ДНК с гистонами;
- б) образования тиминового димеров;
- в) метилирования ДНК;
- г) конденсации хроматина;
- д) образования ковалентных связей между нитями ДНК и гистонами.

19. Выберите правильный ответ.

Причиной различия в качественном составе белков из клеток почек и печени является:

- а) разный набор генов в хромосомах;
- б) разная скорость обновления белков;
- в) экспрессия разного набора генов;
- г) различия в скорости синтеза белков;
- д) ингибирование транскрипции конечными продуктами метаболических путей.

20. Выберите правильный ответ.

Различия в метаболизме в клетках разных тканей человека объясняются тем, что:

- а) в разных тканях экспрессированы разные гены;
- б) геном разных типов клеток различен;
- в) гены белков, не свойственных данной ткани, стойко репрессированы;
- г) экспрессия генов контролируется механизмами индукции и репрессии;
- д) стойко репрессированные гены не активируются факторами внешней и внутренней среды.

21. Установите соответствие.

- а) пре-тРНК;
 - б) тРНК;
 - в) обе;
 - г) ни одна.
-
- 1) образуется в ядре;
 - 2) синтезируется при участии SSB-белков;
 - 3) содержит специфическую последовательность –ССА на 3'-конце;
 - 4) не содержит антикодоновой петли.

22. Выберите правильный ответ.

Пре-мРНК:

- а) представляет собой полный транскрипт гена;
- б) последовательность триплетов, кодирующих первичную структуру белка;
- в) на 5'-конце имеет полиА-последовательность;
- г) связывается с рибосомой в области колпачка;
- д) выходит из ядра в цитоплазму.

23. Выберите неправильный ответ.

В ходе образования зрелой мРНК происходит:

- а) разрыв 3',5'-фосфодиэфирной связи в местах «вырезания» интронов;
- б) взаимодействие пре-мРНК с яРНК;
- в) образование полиА-последовательности на 3'-конце мРНК;
- г) присоединение к 5'-концу мРНК «кэпа»;
- д) связывание мРНК с субъединицами рибосом.

24. Выберите неправильный ответ.

В процессе альтернативного сплайсинга:

- а) участвуют мяРНК;
- б) осуществляется построение «кэпа» на 5'-конце;
- в) происходит гидролиз 3',5'-фосфодиэфирной связи на границе экзон-интрон;
- г) мяРНК «сшивают» экзоны;
- д) образуются «зрелые» мРНК с разной первичной структурой.

ГЛОССАРИЙ

Аденин. Одно из гетероциклических (пуриновых) оснований, входящих в состав ДНК и РНК, комплементарно тимину и урацилу.

Аденозинтрифосфат (АТФ). Рибонуклеозид-5-трифосфат, участвующий в энергетическом цикле клетки в качестве донора фосфатной группы.

Аттенуатор. Нуклеотидная последовательность у части бактериальных оперонов, расположенная между промотором и кодирующей областью структурных генов (цистронов), являющаяся регулируемым терминатором с помощью которой происходит остановка транскрипции и образуются короткие функционально неактивные (лидерные) РНК. Терминаторная последовательность, на которой происходит аттенуация.

Аттенуация. Регуляция транскрипции на уровне терминации, осуществляемая при экспрессии некоторых бактериальных оперонов при транскрипции которого возможно образование различных элементов вторичной структуры (шпилек) в синтезируемой молекуле РНК, что определяет либо элонгацию, либо терминацию транскрипции.

Белок-репрессор. Регуляторный белок, связывающийся с оператором на ДНК или с РНК, предотвращающий, соответственно, транскрипцию или трансляцию.

Белковые факторы транскрипции. Специализированные регуляторные белки, участвующие в регуляции транскрипции у эукариот (TF-факторы).

Бокс Прибнова(ТАТА-бокс). Каноническая последовательность ТАТААТG, находящаяся на расстоянии около 10 пар нуклеотидов перед стартовой точкой прокариотических генов. Представляет собой часть промотора, отвечающую за инициацию транскрипции со стартовой точки под действием РНК-полимеразы.

Бокс Хогнесса. АТ-богатая восьмичленная последовательность, находящаяся на расстоянии около 25 пар нуклеотидов перед стартовой точкой транскрипционной единицы эукариот, транскрибируемой РНК-полимеразой II.

Ген. Участок хромосомы, который кодирует одну или несколько полипептидных цепей или молекулу РНК.

Индуктор. Небольшая молекула, включающая транскрипцию прокариотического гена за счет связывания с регуляторным белком.

Индукция. Свойство клеток (бактериальных или дрожжевых) синтезировать определенные ферменты только при наличии соответствующих субстратов; применительно к экспрессии генов термин означает включение транскрипции в результате взаимодействия индуктора с регуляторным белком.

Интрон. Некодирующая область гена эукариот вырезается из первичного транскрипта в процессе сплайсинга при образовании функциональной мРНК.

Катаболическая репрессия. Ослабление экспрессии многих бактериальных оперонов, происходящее при добавлении глюкозы, вызывается уменьшением уровня циклического АМР в клетке и инактивацией вследствие этого регуляторного CAP-белка.

Кодирующая цепь. Цепь ДНК, последовательность которой идентична мРНК.

Комплементарная цепь. Одна из цепей ДНК, используемая в качестве матрицы для синтеза РНК и комплементарная ей.

Корепрессор. Малая молекула, которая включает механизм репрессии транскрипции, связываясь с регуляторным белком.

Кэп. Структура на 5'-конце эукариотических мРНК; образуется после транскрипции за счет присоединения 5'-конца гуанинового нуклеотида к 5'-концевому основанию мРНК. Эта структура может быть метилирована, по крайней мере, по той молекуле гуанина, которая присоединилась. «Кэп» имеет следующее строение $-7^{me}G^{5'}ppp^{5'}Np...$

Лидер. Нетранслируемая последовательность, находящаяся на 5'-конце мРНК и предшествующая иницирующему кодону.

Матрица. Макромолекулярный шаблон для синтеза информационной макромолекулы.

Матричная РНК (мРНК или иРНК). Класс молекул РНК, каждая из которых комплементарна одной цепи клеточной ДНК и служит для переноса генетической информации от хромосомы к рибосомам.

Матричная цепь. Цепь ДНК, используемая ДНК- или РНК- полимеразы в качестве матрицы для синтеза комплементарной цепи.

Мобильные генетические элементы. Участок ДНК, способный изменить своё положение в геноме, например, транспозоны у прокариот.

Мозаичное строение генов эукариот. Чередование кодирующих (экзоны) и не кодирующих (интроны) последовательностей в пределах единицы транскрипции.

Моноцистронные мРНК. Кодируют один белок.

Оператор. Участок ДНК, входящий в состав транскриптона (операона), который взаимодействует с белком репрессором, благодаря чему регулируется экспрессия гена или группы генов.

Оперон. Единица генетической экспрессии, состоящая из одного или нескольких связанных между собой генов, а также из промотора, терминатора и оператора, которые регулируют их транскрипцию.

Палиндром. Последовательность двуцепочечной ДНК, обе цепи которой обладают одинаковой последовательностью при прочтении от 5'-к 3'-концу.

Первичный транскрипт. Первоначально синтезированная немодифицированная молекула РНК, соответствующая транскрипционной единице.

Полиаденилирование. Ферментативное присоединение остатков адениловой кислоты к 3'-концу эукариотической мРНК после завершения ее синтеза.

Полимеразы. Ферменты, способные использовать полинуклеотиды как матрицы и строить комплементарные им полинуклеотидные цепи.

Полицистронная мРНК. Молекула мРНК, кодирующая более одного белка.

Промотор. Участок ДНК, с которым может связываться РНК-полимераза, инициируя тем самым транскрипцию.

Процессинг. Модификация изначально синтезированных в ходе транскрипции молекул РНК, называемых первичными транскриптами или РНК-предшественниками (пре-РНК или про-РНК), приводящая к образованию зрелых (функционально активных) молекул РНК.

Регуляторный ген. Ген, продукт которого принимает участие в регуляции экспрессии другого гена, например, ген, кодирующий белок-репрессор.

Репрессия. Ингибирование транскрипции (или трансляции) за счет связывания белка-репрессора со специфическим сайтом на ДНК (или мРНК).

Репрессор. Белок, который связывается с регуляторной последовательностью (оператором) гена и блокирует его транскрипцию.

ρ-фактор. Белок, помогающий РНК-полимеразе прекращать транскрипцию в определенных (ρ-зависимых) сайтах.

Сайленсеры. Последовательности ДНК, которые расположены в тысячах пар нуклеотидов от промотора эукариотического гена и оказывают дистанционное влияние, ослабляя его транскрипцию.

Сайт. Участок молекулы белка или нуклеиновой кислоты, связанные с выполнением какой-то определенной функции.

Сателлитная ДНК. Высокоповторяющиеся нетранскрибируемые участки ДНК в эукариотических клетках.

Сплайсинг. Этап процессинга мРНК у эукариот, в ходе которого из первичного транскрипта удаляются некодирующие области (интроны) и соединяются кодирующие структуру белка участки (экзоны).

Стартовая точка (инициирующий сайт). Обозначает участок ДНК, соответствующий первому основанию, включающемуся в РНК.

Структурный ген. Ген, кодирующий белки и РНК.

Тандемные повторы. Множественные копии одинаковых последовательностей, расположенных одна за другой, ориентированных в одном направлении.

ТАТА-последовательность (блок Хогнесса). А-Т-богатая семичленная последовательность, находящаяся на расстоянии около 25 пар нуклеотидов перед стартовой точкой каждой транскрипционной единицы, транскрибируемой РНК-полимеразой II; вероятно, необходима для такого расположения фермента, при котором он может осуществлять правильную инициацию.

Терминирующая последовательность. Терминатор. Последовательность ДНК, которая находится на конце транскрипционной единицы и служит сигналом окончания транскрипции.

Топоизомеразы. Ферменты, способные осуществлять положительное или отрицательное сверхскручивание колец двухцепочечной ДНК.

Транскриптон. Единица транскрипции, участок ДНК, на котором идет синтез определенных РНК, ограниченный, с одной стороны, промотором, а с другой – терминатором.

Транскрипционный контроль. Регуляция белкового синтеза при помощи регуляции образования мРНК.

Транскрипция. Ферментативный процесс, при котором генетическая информация, содержащаяся в одной цепи ДНК, используется для синтеза комплементарной нуклеотидной последовательности в цепи мРНК.

Цистрон. Генетическая единица, эквивалентна гену и означает единицу ДНК, кодирующую белок.

Шпилька. Представляет собой двухцепочечную область, образуемую за счет спаривания оснований между соседними (инвертированными) комплементарными последовательностями в одноцепочечной РНК или ДНК.

Экзон. Участок эукариотического гена, транскрипт которого оказывается в зрелой мРНК; он кодирует определенный участок полипептидной цепи белка.

Энхансер. Участки ДНК, усиливающие транскрипцию с ряда эукариотических промоторов, находящихся по отношению к ним в цис-положении. Эти элементы оказывают свое действие независимо от того, с какой стороны промотора они располагаются.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Биохимия: учебник для вузов / Л.В. Авдеева, Т.Л. Алейникова, Л.Е. Андрианова и др.; под ред. Е.С. Северина. – 5-е изд., испр. и доп. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 759 с. – ISBN 978-5-9704-2786-6.

2. Молекулярная биология: учеб. пособие / О.В. Кригер [и др.]. – Кемерово: КемГУ, 2017. – 93 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/103922>.

3. Нельсон, Д. Основы биохимии Ленинджера: в 3 т. Т. 3: Пути передачи информации: учеб. пособие / Д. Нельсон, М. Кокс; под ред. А.А. Богданова и С.Н. Кочеткова; пер. с англ. канд. хим. наук Т.П. Мосоловой и канд. биол. наук О.В. Ефременковой. – Москва: Издательство «Лаборатория знаний», 2017. – 451 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/103035>.

4. Степанов, В.М. Молекулярная биология, структура и функция белков: учеб. – Москва: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2005. – 336 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/10123>.

Дополнительная литература:

5. Алексеев, В.И. Прикладная молекулярная биология: учеб. пособ. / В.И. Алексеев, В.А. Каминский. – 2-е изд., испр. – Москва: КомКнига, 2005. – 200 с. – ISBN 5-484-00165-X.

6. Альбертс, Б. Основы молекулярной биологии клетки / Б. Альбертс, Д. Брей, К. Хопкин и др.; пер. с англ. – 2-е изд., испр. – Москва : Лаборатория знаний, 2018. – 768 с.: ил. – URL: <https://glavkniga.su/filecont/49875.pdf> (дата обращения 12.06.2021). – ISBN 978-5-00101-087-6.

7. Кларк, Д. Молекулярная биология / Д. Кларк, Л. Рассел. – Москва: ЗАО «Компания КОНД», 2004. – 472 с.

8. Кони́чев, А.С. Молекулярная биология: учебник для вузов по специальности «Биология» / А.С. Кони́чев, Г.А. Севастьянова. – 2-е изд., испр. – Москва: Академия, 2005. – 397 с.: ил. – (Высшее профессиональное образование, Педагогические специальности). – С. 393–395. – ISBN 5-7695-0783-7; ISBN 5-7695-1965-7.

9. Мушкамбаров, Н.Н. Молекулярная биология: учеб. пособие для студентов мед. вузов / Н.Н. Мушкамбаров, С.Л. Кузнецов. – Москва: ООО «Медицинское информационное агентство», 2007. – 536 с. – ISBN 978-5-89481-618-0.

10. Мюльберг, А.А. Фолдинг белка : учеб. пособие / А.А. Мюльберг. – Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. – 154 с. – ISBN 5-288-03377-3.

11. Практикум по генетической инженерии и молекулярной биологии растений: учеб. пособие / Е.С. Гвоздева [и др.]. – Томск: ТГУ, 2012. – 96 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/44893>.

12. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии / ред. К. Уилсон, Дж. Уолкер; пер. с англ. Т.П. Мосоловой, Е.Ю. Бозелек-Решетняк; под ред. А.В. Левашова, В.И. Тишкова. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 855 с. – ISBN 978-5-00101-786-8.

13. Сингер, М. Гены и геномы: в 2 т. Т. 1 / М. Сингер, П. Берг; пер. с англ. – Москва: Мир, 1998. – 373 с. – ISBN 5-03-002849-8.

14. Сингер, М. Гены и геномы: в 2 т. Т. 2 / М. Сингер, П. Берг; пер. с англ. – Москва: Мир, 1998. – 392 с.

15. Фаллер, Д.М. Молекулярная биология клетки: руководство для врачей / Д.М. Фаллер, Д. Шилдс. – Москва: БИНОМ, 2017. – 256 с. – ISBN 978-5-9518-0436-5.

Электронные ресурсы

16. Классическая и молекулярная биология: сайт. – URL: [http:// www.molbiol.ru](http://www.molbiol.ru) (дата обращения 16.09.2021). – Текст: электронный.

17. DjVu библиотеки: сайт. – URL: [http:// www.djvu-inf.narod.ru](http://www.djvu-inf.narod.ru) (дата обращения 16.09.2021). – Текст: электронный.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМЫ	5
2. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ	6
3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ	8
3.1. Открытые тесты	8
3.2. Ситуационные задачи	12
3.3. Тесты	15
ГЛОССАРИЙ	23
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	29

Учебное издание

**ТРАНСКРИПЦИЯ И ЕЁ РЕГУЛЯЦИЯ. ПРОЦЕССИНГ
РНК
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

Составители: Наталья Михайловна Лисун,
Юлия Макаровна Зырянова

Работа рекомендована РИС ЮУрГГПУ
Протокол № 24 от 2021 г.

Редактор Е.М. Сапегина
Компьютерная верстка О.М. Нежиренко

Издательство ЮУрГГПУ,
454080 г. Челябинск, пр. Ленина, 69

Объем 1 уч.-изд. л.

Подписано в печать

21.10.2021 г.

Тираж 100 экз.

Бумага офсетная

Формат 60x84 1/16

Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ЮУрГГПУ
454080 г. Челябинск, пр. Ленина, 69