

DNA، و RNA، والبروتين

DNA, RNA, and Protein

الفكرة الرئيسية تُنسخ شفرات DNA في صورة RNA، الذي يتحكم بدوره في بناء البروتينات.

الربط مع الحياة يكتب مبرمجو الحاسوب برامجهم بلغة معينة، أو شفرة. ويُصمَّم الحاسوب لقراءة الشفرة وأداء وظائف ما. وكذلك يحتوي DNA على شفرة، مثل شفرة البرمجة، تحفز الخلية على أداء عمل ما.

المبدأ الأساسي Central Dogma

إحدى خصائص الـ DNA المهمة، والتي لم تُحل بعد اكتشاف واطسون وكريك، هي كيف يستخدم الـ DNA بوصفه شفرة وراثية ضرورية في بناء البروتين؛ حيث تعمل هذه البروتينات بوصفها وحدات بنائية للخلايا والإنزيمات.

وقد بين علماء الوراثة أن آلية قراءة الجينات والتعبير عنها تتم من DNA إلى RNA، ثم إلى البروتينات. وتحدث هذه العملية في جميع المخلوقات الحية، بدءاً من البكتيريا حتى الإنسان. ويسمى العلماء هذه الآليات المبدأ الأساسي في علم الأحياء: تُنسخ شفرات DNA إلى RNA الذي يوجه عملية بناء البروتين.

جزء RNA حمض نووي شبيه بـ DNA. يتكون RNA من سكر رايبوز، والقاعدة النيتروجينية اليوراسيل بدلاً من الثايمين الموجود في DNA، وهو عادة شريط منفرد. وهناك ثلاثة أنواع من RNA موجودة في الخلايا الحية، هي: جزيئات RNA الرسول messenger RNA (mRNA)، وهي سلاسل طويلة من نيوكليوتيدات RNA بوصفها سلسلة متممة للسلسلة واحدة من DNA، وتنقل من النواة إلى الرايبوسومات لتوجه بناء بروتين محدد. و RNA الرايبوسومي ribosomal RNA (rRNA)، وهو نوع من RNA يرتبط مع البروتينات ليكون الرايبوسومات في السيتوبلازم. أما النوع الثالث من RNA فهو RNA الناقل transfer RNA (tRNA)، وهو قطع صغيرة من نيوكليوتيدات RNA تنقل الأحماض الأمينية إلى الرايبوسومات. ويقارن الجدول 2-9 بين تركيب الأنواع الثلاثة من RNA ووظائفها.

الأهداف

- تفسر كيف يشارك RNA الرسول، و RNA الرايبوسومي، و RNA الناقل في نسخ الجينات وترجمتها.
- تلخص دور إنزيم بلمرة RNA في بناء RNA الرسول.
- تصف كيف يتم نسخ شفرة DNA إلى RNA الرسول، واستخدامها في بناء بروتين معين.

مراجعة المفردات

البناء، تركيب أجزاء أو ارتباط بعضها مع بعض لتكوين شيء كامل.

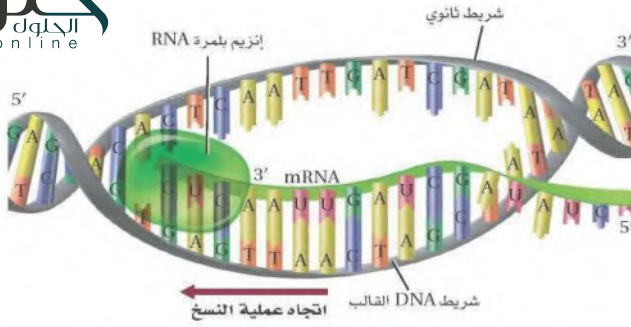
المفردات الجديدة

- RNA
- RNA الرسول
- RNA الرايبوسومي
- RNA الناقل
- عملية النسخ
- إنزيم بلمرة RNA
- إنترن
- الإكسون
- الشفرة الوراثية
- عملية الترجمة.

مقارنة بين أنواع RNA الثلاثة

الجدول 2-9

الاسم	mRNA	rRNA	tRNA
الوظيفة	يحمل المعلومات الوراثية من DNA في النواة ليوجه بناء البروتينات في السيتوبلازم.	يرتبط مع البروتينات لبناء الرايبوسومات.	ينقل الأحماض الأمينية إلى الرايبوسومات.
مثال			



عملية النسخ Transcription تتضمن الخطوة الأولى في بناء RNA من DNA عملية تُسمى **النسخ transcription**. وتنتقل خلال هذه العملية شفرة DNA إلى mRNA في النواة. ويمكن بعد ذلك لـ mRNA أن يأخذ الشفرة إلى السيتوبلازم لبناء البروتين. تتبع عملية النسخ في الشكل 12-9. ينفك التواء DNA جزئياً في النواة، ثم يرتبط به **إنزيم بلمرة RNA RNA polymerase**، وهو إنزيم يوجه بناء RNA، بارتباطه في منطقة محددة؛ حيث تبدأ عملية بناء mRNA. وكلما انفكت سلسلة DNA قام إنزيم بلمرة RNA ببناء mRNA، كما يتحرك على طول أحد سلاسل DNA في الاتجاه 3' إلى 5'. وتسمى سلسلة DNA التي يقرأها إنزيم بلمرة RNA السلسلة الأساسية (القالب). وسلسلة mRNA سلسلة متممة لنوكليوتيدات DNA. وتُصنع نسخة RNA الرسول في الاتجاه 5' إلى 3'، بإضافة كل نوكليوتيد RNA جديد إلى الجهة 3'. حيث يحل اليوراسيل محل الثايمين عند بناء جزيء mRNA. وفي النهاية ينتج mRNA، وينفصل إنزيم بلمرة RNA عن DNA. ويتحرك mRNA الجديد بعد ذلك من النواة إلى السيتوبلازم عبر الثقوب النووية.

✓ **ماذا قرأت؟** وضح الاتجاه الذي تنسخ فيه سلسلة mRNA.

معالجة RNA RNA processing عندما قارن العلماء مناطق الشفرة بين DNA و RNA الذي ينتج في نهاية الأمر البروتين وجدوا أن شفرة mRNA أقصر من شفرة DNA. وبعد الفحص الدقيق اكتشفوا أن الشفرة على DNA تحوي قطعاً متسلسلة ومرتبّة غير موجودة في RNA النهائي، وتسمى هذه القطع **الإنترونات** (المناطق غير المشفرة) introns. أما القطع الفعّالة التي تبقى في RNA النهائي فتسمى **الإكسونات** (المناطق المشفرة) exons. في المخلوقات الحية الحقيقية النوى يُسمى mRNA الأصلي الذي ينتج في النواة أحياناً mRNA الأولي (غير المعالج)، ويحوي شفرة DNA كلها. وقبل أن يغادر RNA الأولي النواة يتم التخلص من الإنترونات فيه. ومن معالجات mRNA الأولي الأخرى إضافة غلاف واقٍ على النهاية 5'، وكذلك إضافة ذيل مكوّن من نوكليوتيدات الأدينين يُسمى عديد الأدينين على النهاية 3' من mRNA. وقد أظهرت الأبحاث أن الغلاف الواقٍ يُساعد أيضاً على تعرّف الرايبوسومات رغم أن أهمية عديد الأدينين A ما زالت غير معروفة.

■ الشكل 12-9 يتم بناء جزيء RNA في الاتجاه من 5' إلى 3'.
حدد الإنزيم الذي يضيف النوكليوتيدات إلى RNA في أثناء تكوّنه.



منح البروفيسور سلمي بنينر جائزة الملك فيصل فرع / العلوم عام ١٤١٢هـ؛ لاكتشافه طريقة تفكيك الرموز الثلاثية التي ترمز للمركبات الكيميائية التي يتكوّن منها المخلوق الحي. وقد كشف عن وجود الثلاثيات التي تختم السلسلة في المورثة. وكان أعظم اكتشاف تجريبي له اكتشافه وجود "R.N.A" للوراث الذي ينقل عن "D.N.A"، خازن الوراثة، ومعلوماته، ويحملها إلى حيث تُستعمل لصنع البروتينات. وبذلك اكتمل اكتشاف السلسلة التي يتم بها انتقال المعلومات من المورثة إلى البروتين. وهذا الاكتشاف هو الذي يلي في أهميته مباشرة اكتشاف بنية "D.N.A" التي هي أساس كل علم الحياة الجزيئي المعاصر.

المصدر: موقع جائزة الملك فيصل / فرع العلوم

<http://kingfaisalprize.org/ar/science/>

المطويات

ضمّن مطوبتك معلومات من هذا القسم.

الشفرة The Code

القاعدة الثالثة	القاعدة الثانية			
	U	C	A	G
U	UUU phenylalanine	UCU serine	UAU tyrosine	UGU cysteine
	UUC phenylalanine	UCC serine	UAC tyrosine	UGC cysteine
	UUA leucine	UCA serine	UAA انتهاء	UGA انتهاء
	UUG leucine	UCG serine	UAG انتهاء	UGG tryptophan
C	CUU leucine	CCU proline	CAU histidine	CGU arginine
	CUC leucine	CCC proline	CAC histidine	CGC arginine
	CUA leucine	CCA proline	CAA glutamine	CGA arginine
	CUG leucine	CCG proline	CAG glutamine	CGG arginine
A	AUU isoleucine	ACU threonine	AAU asparagine	AGU serine
	AUC isoleucine	ACC threonine	AAC asparagine	AGC serine
	AUA isoleucine	ACA threonine	AAA lysine	AGA arginine
	AUG (بدء) methionine	ACG threonine	AAG lysine	AGG arginine
G	GUU valine	GCU alanine	GAU aspartate	GGU glycine
	GUC valine	GCC alanine	GAC aspartate	GGC glycine
	GUA valine	GCA alanine	GAA glutamate	GGA glycine
	GUG valine	GCG alanine	GAG glutamate	GGG glycine

بدأ علماء الأحياء يفترضون أن تعليمات بناء البروتين موجودة في DNA. لقد عرفوا أن الطريقة الوحيدة التي يختلف فيها DNA بين المخلوقات الحية هي ترتيب القواعد. كما عرف العلماء أيضاً أن هناك 20 حمضاً أمينياً تُستخدم في صناعة البروتينات، لذا فقد عرفوا أن DNA يجب أن يوفر على الأقل 20 شفرة وراثية مختلفة.

الربط مع الرياضيات إذا كانت كل قاعدة نيتروجينية مسؤولة عن حمض أميني واحد فإن القواعد النيتروجينية الأربع تكون مسؤولة عن أربعة أحماض أمينية فقط. أما عندما يكون كل زوج من القواعد النيتروجينية مسؤولاً عن حمض أميني واحد فإن القواعد الأربع تكون مسؤولة عن $4 \times 4 = 16$ (أو 4^2) حمضاً أمينياً. لكن إذا كانت مجموعة من ثلاث قواعد نيتروجينية مسؤولة عن حمض أميني واحد فإنها مسؤولة عن $4^3 = 64$ حمضاً أمينياً محتملاً. وهذا يوفر شفرات أكثر من المطلوب لعشرين حمضاً أمينياً، وهي أصغر تركيب محتمل للقواعد لكي يوفر شفرات كافية للأحماض الأمينية. وهذا لا يعني أن الشفرة موجودة في أزواج القواعد نفسها، ولكنها موجودة على طول سلاسل DNA. وبيئت التجارب في ستينيات القرن السابق أن الشفرة في DNA هي فعلاً شفرة مكونة من ثلاث قواعد نيتروجينية.

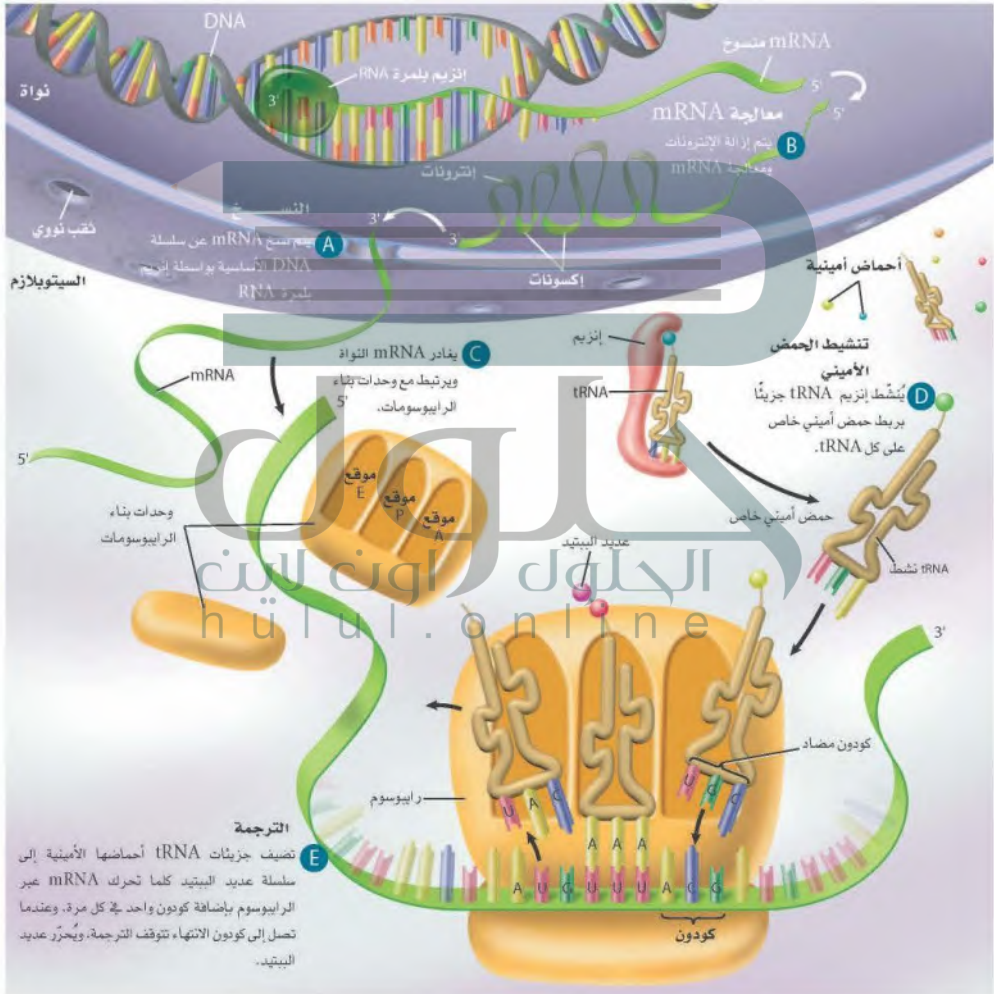
وتسمى الشفرة الثلاثية القواعد النيتروجينية في DNA أو mRNA **الشفرة الوراثية** (الكودون) codon؛ حيث يتم نسخ القواعد الثلاثة كلها المكونة للكودون في DNA إلى شفرة في mRNA. وبين الشكل 9-13 "معجم" الشفرة الوراثية. لاحظ أن الكودونات كلها - ما عدا ثلاثة منها هي كودونات الانتهاء - تحدد حمضاً أمينياً واحداً. أما الكودون AUG فمسؤول عن الحمض الأميني الميثيونين، وهو أيضاً يعمل عمل كودون بدء.

الترجمة Translation عندما يُصنع mRNA وتتم معالجته ينتقل نحو الرايوسومات. وهذا يعني أن mRNA يجب أن يغادر النواة ويدخل السيتوبلازم في المخلوقات الحية الحقيقية النوى. وعندما يصبح في السيتوبلازم ترتبط النهاية 5' بالرايوسوم. فتبدأ هنا قراءة الشفرة وترجمتها لبناء بروتين من خلال عملية تُسمى **الترجمة translation**. تتبع الشكل 9-14 وأنت تدرس الترجمة.

في الترجمة تعمل جزيئات tRNA عمل مفسرات لترتيب الكودونات على mRNA. وينطوي tRNA على شكل ورقة البرسيم، ويتم تنشيطه بإنزيم يعمل على ربط حمض أميني محدد على النهاية 3'. وفي منتصف الشريط المطوي هناك ترتيب مكون من 3 قواعد نيتروجينية يُسمى الكودون (شفرة) المضاد. وكل كودون مضاد متمم للكودون على mRNA. وعلى الرغم من أن الشفرة على DNA و RNA تقرأ من 5' إلى 3' فإن قراءة الكودون المضاد تكون من 3' إلى 5'.

■ الشكل 9-13 يفيد "معجم" الشفرة الوراثية هذا في معرفة الكودونات الخاصة بالأحماض الأمينية.
حدد الترتيب المحتمل للكودونات التي يمكن أن يتبع عنها سلسلة الأحماض الأمينية التالية: بدء-سيرين-هستيدين-ترينوفان-انتهاء.

■ الشكل 14-9 تحدث عملية النسخ في النواة. أما الترجمة فتحدث في السيتوبلازم وينتج عنها عديد الببتيد (البروتين).



إرشادات الدراسة

المخطط: ارسم مخططاً يربط بين عملية تضاعف DNA، وعملية النسخ والترجمة.

دور الرايبوسوم The role of ribosome يتكون الرايبوسوم من وحدتين بنائيتين، الشكل 14-9. وهاتان الوحدتان لا تكونان مرتبطتين معاً عندما لا تدخلان ضمن عملية ترجمة البروتين. وعندما يترك mRNA النواة تجتمع وحدتا الرايبوسوم معاً وترتبطان بـ mRNA لإنتاج الرايبوسوم الفعال. وعندما يتم ارتباط mRNA مع الرايبوسوم يتحرك tRNA مع كودونه المضاد CAU الذي يحمل الميثيونين، ويرتبط مع كودون البدء -AUG- على mRNA على النهاية 5' من mRNA. يوجد في تركيب الرايبوسوم أخدود (شق) يسمى الموقع P، الذي يتحرك نحوه tRNA المتمم لـ mRNA. ثم يتحرك tRNA آخر نحو أخدود آخر في الرايبوسوم يسمى الموقع A، يحوي الكودون الثاني لـ mRNA، هو UUU الذي يشفر الحمض الأميني فينيل ألانين؛ ويكون كودونه المضاد على tRNA هو AAA.

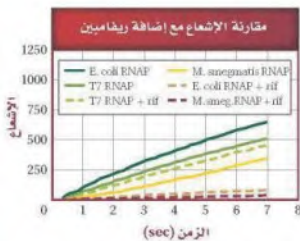
يعمل جزء من tRNA في الرايبوسوم عمل إنزيم محفز لتكوين رابطة بين الحمض الأميني الجديد في الموقع A والحمض الأميني في الموقع P. وعندما يتم ربط الحمضين الأمينيين ينتقل tRNA في الموقع P إلى الموقع الثالث، ويسمى الموقع E، حيث يغادر tRNA الرايبوسوم. ويتحرك الرايبوسوم بعد ذلك، حيث يتغير موقع tRNA في الأخدود A إلى الموقع P، الشكل 14-9. سيدخل الآن tRNA جديد الموقع A، متمم الكودون الجديد التالي على mRNA.

مختبر تحليل البيانات 9-1

بناءً على بيانات حقيقية

فسر البيانات

البيانات والملاحظات



كيف يمكن للفيرس أن يؤثر في عملية النسخ؟ لدراسة عملية بناء RNA استعمل العلماء جزيئات عمراً بإداة مشعة لتتبع الجزيئات. يصبح هذا الجزيء مضيقاً (مشعاً) عندما يرتبط مع RNA حديث التكوين، وتزداد الإضاءة كلما زاد طول سلسلة RNA. لذا يمكن استعمال هذا الجزيء المميز في تتبع بناء RNA. وقد أضاف العلماء في هذه التجربة المضاد الحيوي ريفامبين (rif) إلى إنزيمات بلمرة RNA مستخرجة من فيروس (T7 RNAP) و *Mycobacterium smegmatis* (*M. smegmatis* RNAP) و *E. coli* (*E. coli* RNAP) ثم تتبعوا بناء RNA.

التفكير الناقد

1. صف العلاقة بين مستوى الإشعاع والزمن في كل تجربة لم يتم إضافة الريفامبين إليها.
 2. استنتج. إلام تشير العلاقة بين مستوى الإشعاع والزمن في كل حالة يضاف إليها الريفامبين؟
 3. فسر. أي جزيئات RNA في المخوقات الحية السابقة تأثر بناؤها أكثر بالمضاد الحيوي ريفامبين؟
- أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Marras Salvatore A.E., et al. 2004. Real-time measurement of *in vitro* transcription. *Nucleic Acids Research* 32.9.e: 72.

وتستمر عملية إضافة وربط الأحماض الأمينية بالتتابع الذي يحمله mRNA ويستمر الرايوسوم في التحرك إلى أن يدخل الموقع A كودون انتهاء، حيث ينتهي كودون الانتهاء إلى نهاية تصنيع البروتين، ولا يوجد لهذا الكودون كودون مضاد على tRNA. وهناك بروتينات تسمى عوامل الإطلاق (عوامل فك الارتباط)، تحرر mRNA من آخر tRNA تم ترجمته، ثم تفكك وحدات بناء الرايوسوم، منهيّة بذلك بناء البروتين.

التقويم 9-3

الخلاصة

فهم الأفكار الرئيسية

التفكير الناقد

1. **المقدرة** **الرئيسية** **تخص العملية** 5. **الرياضيات في علم الأحياء**
يدخل ثلاثة أنواع رئيسية من RNA في تصنيع البروتين هي: mRNA، و tRNA، و rRNA.
2. **صف وظيفة كل مما يأتي في تصنيع البروتين.**
تسمى عملية بناء mRNA من سلسلة DNA عملية النسخ.
3. **فروق بين الكودونات والكودونات المضادة.**
الترجمة عملية يتم من خلالها ربط mRNA مع الرايوسوم وتصنيع البروتين.
4. **وضح دور إنزيم بلمرة RNA في بناء mRNA.**
يحتوي mRNA في المخلوقات الحية الحقيقية النواة على إلكترونيات يتم إزالتها قبل مغادرته النواة. ويضاف أيضًا غلاف وذيل عديد الأدينين على mRNA.
5. **الرياضيات في علم الأحياء**
إذا كانت الشفرة الوراثية التي تستعمل فيها شفرة DNA التي تمثل الحمض الأميني تتكون من أربع قواعد في كل كودون بدلاً من ثلاث، فما عدد الكودونات التي يمكن الحصول عليها؟