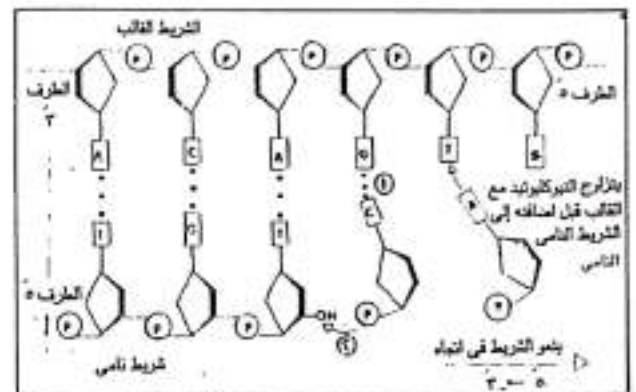


كلية الزراعة - جامعة بنها

المحاضرة الخامسة

مادة : أمراض النبات والتكنولوجيا الحيوية

الصف : الدراسات العليا

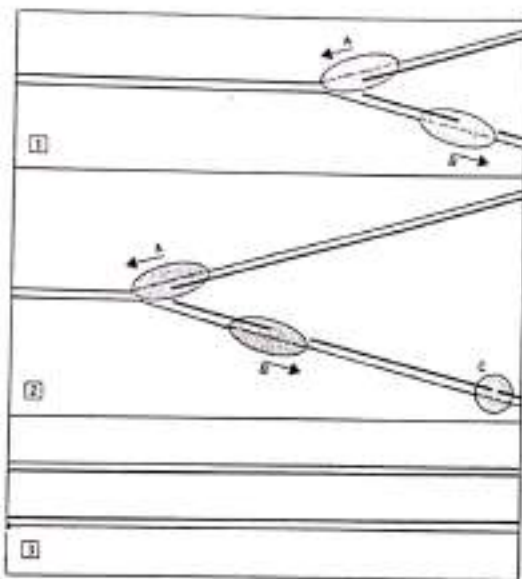


(شكل ٩٠) : الطريقة التي يعمل بها إنزيم DNA-Polymerase في مساعدة أحد الشريطين DNA. ١- تتزاح القواعد النيتروجينية مع الشكامل معها على الشريط القالب. ٢- يقوم DNA-polymerase بربط النيوكليوتيدات المتزاوجة في الشريط النامي.

الشفرة الوراثية The Genetic Code

من المعروف أنه توجد أحماض أمينية كثيرة ولكن يوجد منها أحماض أمينية أساسية essential amino acids وهي الأحماض التي تدخل في تركيب البروتينات ولما الأحماض الأمينية الأخرى الغير أساسية فإنها لا تدخل في تركيب البروتينات. ومن المعروف أنه يوجد عشرون حامض أميني أساسي وسيتناول شرح الشفرة الوراثية هذه الأحماض الأمينية الأساسية دون غيرها.

من المعروف أن هناك عشرين حمضا أمينيا مختلفا تدخل في بناء البروتينات وأن هناك أربع قواعد نيتروجينية. نيوكليوتيدات. فقط تدخل في بناء كل من DNA و RNA وعلى ذلك



(شكل ٩١) : إنزيم DNA Polymerase منه النوع A الذي يخلق شريط متكامل من DNA في اتجاه فرح لشركه ولكن النوع B من هذا الأنزيم لا يخلق شريط متكامل من DNA بل يخلق أجزاء متقطعة من شريط DNA في الاتجاه العكسي على الشريط الآخر من DNA ثم تربط هذه الأجزاء بواسطة إنزيم الربط DNA Ligase ويرمز له بالرمز C وفي النهاية يتكون شريطين جديدين متكاملين من DNA (3).

واللغة الوراثية تتوى على أربعة أحروف أبجدية، وهذه الحروف الأربعة من القواعد النيتروجينية يجب أن تشكل عشرين كلمة، لكل كل منها على حمض أميني معين، ولا يمكن أن تكون كل كلمة من حرف واحد لأن ذلك يعني وجود أربع كلمات فقط على صورة شفرة

هي AUG, UAG والبروتينات بذلك تحتوي على أربعة أعماس أمينية فقط وبالمثل فإن الكلمات لا يمكن أن تتكون من حرفين (نيوكليوتيدتين) وذلك لأن القواعد النيروجينية الأربعة لا زالت غير كاف لتضمين حمضاً أمينياً التي تدخل في بناء البروتين، أما لنا ريثب الأربع حروف (قواعد نيروجينية - نيوكليوتيدات) على شكل ثلاثيات فإنها تنتج $4^3 = 64$ كلمة شفرة وهذا أكثر من الحاجة لتكوين كلمة شفرة لكل حمض أميني، وعلى ذلك فأصغر حجم نظري لكلمة شفرة DNA هو ثلاث نيوكليوتيدات أي ثلاثة قواعد نيروجينية. الأختلاف الوحيد بين النيوكليوتيدات في القواعد النيروجينية. تم في عام 1966 الوصول إلى الشفرات الخاصة بكل حمض أميني والتي يطلق عليها اسم كودونات. وهذه الكودونات موجودة في جدول (رقم 2) مع ملاحظة أن الكودونات في هذا الجدول هي الكودونات التي توجد في mRNA، أما ثلاثيات شفرة DNA فهي النيوكليوتيدات التي تتكامل قواعدها مع تلك الموجودة في الجدول. كما يتضح من الجدول أن هناك أكثر من شفرة لكل حمض أميني، كما أن هناك كودونا ليده البروتين وهو AUG وثلاثة كودونات (UGA, UAA, UAG) توقف بناء البروتين أي أنها تحلى إشارة عن النقطة التي يجب أن نلق عنها آلية بناء البروتين وتنتهي سلسلة عند الستيد.

والشفرة الوراثية عامة universal - بمعنى أن نفس الكودونات تمثل شفرات لنفس الأعماس الأمينية في كل الكائنات الحية مثل الفيروسات والميكروالزما والبكتيريا والنباتات والحيوانات والإنسان والفطريات التي تمت دراستها حتى الآن وهذا دليل قوي على أن كل الكائنات الحية الموجودة الآن على وجه الأرض تعتبر *consist* قد نشأت عن أسلاف مشتركة، وقد كان للمجموعات الرئيسية من الكائنات الحية تاريخ تطوري منفصل لعشرات الملايين من السنين، وعلى ذلك يظهر أن الشفرة قد تكونت بعد فترة قصيرة من بدء الحياة واستمرت بدون تغير تقريباً لملايين السنين منذ ذلك الوقت ونتيجة لذلك حدث التطور في المملكة الحيوانية حتى الأكثر رفقا وهو الإنسان وحدث التطور في المملكة النباتية حتى الأكثر رفقا وهي النباتات الزهرية وأكثر النباتات الزهرية تطوراً هي نباتات العائلة (القمبية) المركبة.

| القاعدة التي | لثلاثة القواعد | | | | القاعدة التي |
|-----------------|---------------------------|------------------|----------------------|-------------------|-----------------|
| | U | C | A | G | |
| U | UUU Phenylalanine | UCU Serine | UAU Tyrosine | UUU Lysine | U |
| | UUC Phenylalanine | UCC Serine | UAC Tyrosine | UUC Cysteine | C |
| | UUA Leucine | UCA Serine | UAA STOP | UGA STOP | A |
| | UUG Leucine | UCG Serine | UAG STOP | UGG Tryptophan | G |
| C | CUU Leucine | CCU Proline | CAU Histidine | CAU Arginine | U |
| | CUC Leucine | CCC Proline | CAC Histidine | CCG Arginine | C |
| | CUA Leucine | CCG Proline | CAA Glutamine | CGA Arginine | A |
| | CUG Leucine | CCU Proline | CAG Glutamine | CGG Arginine | G |
| A | AUU Isoleucine | AUU Threonine | AUU Isoleucine | AUU Serine | U |
| | AUC Isoleucine | AUC Threonine | AAC Asparagine | AUC Serine | C |
| | AUA Isoleucine | AUA Threonine | AAA Lysine | AUA Arginine | A |
| | AUG (START) Methionine | AUG Threonine | AAG Lysine | AUG Arginine | G |
| G | GUU Valine | GUU Alanine | GUU Asparagine | GUU Glycine | U |
| | GUC Valine | GUC Alanine | GAC Asparagine | GUC Glycine | C |
| | GUA Valine | GUA Alanine | GAA Glutamic acid | GUA Glycine | A |
| | GUG Valine | GUG Alanine | GAG Glutamic acid | GUG Glycine | G |

جدول 2، الكودونات كما توجد في mRNA

تخليق البروتينات Protein Synthesis

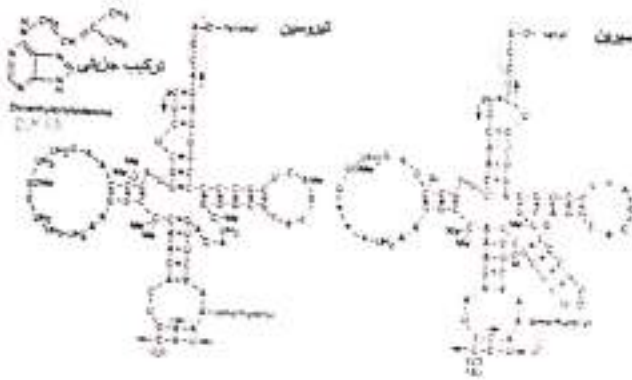
تخليق البروتين يحتاج تواجد أحماض أمينية حرة بالتغذية ويحتاج أيضا بعض من الأنزيمات ولا بد أيضا من تواجد الريبوسومات بالتغذية. كما تقوم RNA بنور رئيسي في هذه العملية. يوجد ثلاثة أنواع من RNA تسهم في بناء البروتين وهي

١ - حمض RNA الرسول (mRNA) Messenger RNA وهو عبارة عن خيط رفيع ويمكن رؤيته بالمجهر الإلكتروني وهو غير ثابت ويتغير وزنه الجزيئي تبعاً لنوع الخلية ونوع البروتين الذي يقوم ببناءه فقد نجده قصير كما في نوع يسمى leader RNA أي RNA القائد وقد يكون طوله عادي في كثير من الأحوال. يتراوح وزنه الجزيئي من خمسون ألف إلى ٥ مليون دالتون. وهو الذي يحمل الشفرة التي تعدد تتابع الأحماض الأمينية الداخلة في تركيب البروتين.

٢ - حمض RNA الريبوسومي (rRNA) Ribosomal RNA - يتدخل في بناء الريبوسومات (أماكن بناء البروتين) عدة أنواع من RNA الريبوسومي وحوالي ٧٠ نوعاً من عند البكتيريا، ويتم بناء الريبوسومات في حقيقيات التوتة في منطقة من التوتة تسمى التوتة، يتم بها بناء الآلاف من الريبوسومات في الساعة، وما يجعل هذا المعدل السريع معكافاً هو أن DNA في خلايا حقيقيات التوتة يحتوي على ما يزيد على ٦٠٠ نسخة من جينات RNA الريبوسومي التي ينسخ منها rRNA، وهناك أربعة أنواع مختلفة من rRNA تتدخل مع البروتين في بناء الريبوسومات. وهو مكون رئيسي للريبوسومات وإن كان التور الذي يلعبه في بناء البروتين مازال غير معروف حتى الآن.

٣ - حمض RNA الناقل (tRNA) Transfer RNA - تتلف أجزاء من الجزيء لتكون حلقات وبذلك يصبح الجزيء عبارة عن قزم وساق وفروع تنتهي بحلقات. يختلف عدد الفروع والحلقات باختلاف الجزيء وعادة تكون الفروع إثنان أو ثلاثة وكذلك الحلقات. وهو يتكون من نيوكليوتيدات عديدة وعادة عددها حوالي ثمانون. توجد روابط إيدروجينية تسهل أثنين وينواسيل وبين سيتوسين وجوانين في كل من الساق والفروع أما القاعدة والحلقات فلا يوجد بها قواعد إيدروجينية.

وقد وجد في النباتات الزهرية أن بعض الأحماض الأمينية يحتاج إلى مركب سيتوكينين والبروتين الآخر لا يحتاج. فعلا في حالة للعناصر الأمينية سيورين والعناصر الأمينية ثيروسين والعناصر الأمينية إيزولوسين تحتاج إلى مركب سيتوكينين وهو مركب (شكل ٩٦)



(شكل ٩٦) ١ جزء RNA نقل للعناصر الأمينية سيورين وأخر نقل للعناصر الأمينية ثيروسين مع وجود مركب DMAA dimethylalyl adenine يتقرب من anticodon

الثاني ميشال الايل أنيين DMAA. وفي حالة rRNA للعناصر الأمينية أرجينين وقاين وجليسين وفينيل ألانين لا يتكون ولا يحتاج إلى مركب سيتوكينين. أما أهمية المركب السيتوكينيني لـ rRNA فإنه لا بد من وجوده لكي يحدث ارتباط بين مقابل الكودون anticodon في rRNA والجزء المخصص له على كودون mRNA.

وهناك موقعان هامان على جزيء RNA لهما دخل ببناء البروتين، الموقع الأول يوجد في قمة الجزيء هو الذي يتحد فيه الجزيء بالحمض الأميني الخاص به، ويتكون هذا الموقع من الثلاث قواعد CCA أما الموقع الآخر هو السطح السفلي للقاعدة مقابل الكودون anticodon

الذي تتزاوج قواعد مع كودونات mRNA المناسبة عند تركيب mRNA والريبوسوم حيث يحدث ارتباط مؤقت بين mRNA و tRNA يسمح للمعنى الأميني المحمول على tRNA أن يدخل في سلسلة عديد الببتيد في المكان المحدد. ولهذا النوع دور هام ورئيسي في بناء البروتين حيث أنه يقوم بحمله الأحماض الأمينية إلى الريبوسومات، ولكل حمض أميني نوع خاص من tRNA يتعرف على المعنى الأميني وينقله (الأحماض الأمينية التي لها أكثر من شفرة يكون لها أكثر من tRNA)، ويلتصق tRNA من جينات tRNA التي توجد عادة على شكل تجمعات من 7-8 جينات على نفس الجزء من جزيء DNA.

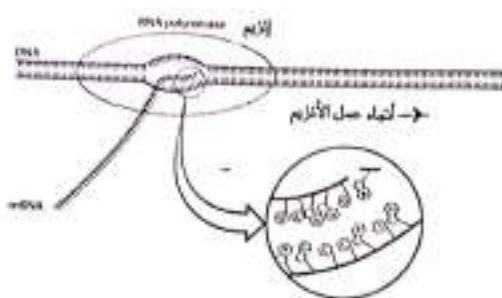
خطوات تخليق البروتين

تحدث خطوات عديدة متعاقبة في بناء البروتين وهي ما يأتي:

١ - التلصق Transcription

وهي عبارة عن عملية نسخ DNA إلى RNA أي أن يصبح RNA متوازن ومتكامل في تركيبه مع شريط DNA لتنتج منه. ويحدث ذلك بواسطة إنزيم آخر من إنزيمات اليانوس وهو RNA - Polymerase. يبدأ هذا الإنزيم في العمل على جزيء DNA ويسبب فك وإبعاد شريطي DNA عن بعضهما في مسافة قصيرة وهي تتراوح بين عشرة إلى عشرين نيوكليوتيد ثم يقوم بوضع النيوكليوتيدات المكتملة لشريط DNA في هذه المنطقة ويتم ربطها وهكذا يتحرك الإنزيم عبر جزيء DNA ليكون سلسلة من النيوكليوتيدات والتي يتكون منها mRNA بلا حظ أن النيوكليوتيدات التي يتكون منها تكون حرة في الغالب وأن الإنزيم يسهلها في مكانها المناسب على شريط DNA ويقوم بربطها (شكل ٩٣).

وبذلك يتكون mRNA مكمل في تركيبه لشريط DNA ومشابه له ويختلف عن DNA في محتواه على قاعده يوراسيل بدلا من الثايمين وأيضا في وجود سكر الريبوز بدلا من سكر دي أكسي ريبوز. يتوقف عمل الإنزيم عندما يصل إلى شفرة stop وذلك لتحرر سلسلة mRNA ولا ترتبط بشريط DNA وتصبح حرة في الغالب.

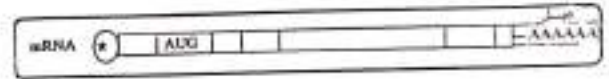


(شكل ٩٣) : فك شريطي DNA عن بعضهما في مكان عمل الإنزيم RNA polymerase وتكوين شريط جديد من mRNA أي عملية النسخ.

٢ - الترجمة Translation

يتكون الريبوسوم من تحت وحدتين أحدهما كبيرة والأخرى أصغر، وعندما لا يكون الريبوسوم قائما يسهل في إنتاج البروتين فإن تحت الوحدتين لتتصلان عن بعضهما وتتحرك كل منهما بحرية، وقد يرتبط كل منهما بتحت وحدة أخرى من النوع المقابل عندما تبدأ عملية بناء البروتين مرة أخرى. توجد الريبوسومات حرة في سيتوبلازم الخلية أو توجد ملتصقة بسطح لشبكة الأندوبلازمية ويكون نتيجة لذلك لشبكة الأندوبلازمية الخشنة. تبدأ عملية لترجمته بإرتباط mRNA بالريبوسوم وبغير معروف التفاصيل لتتفقد لعملية الربط. ولكن من المعروف أنه تكلم mRNA موقع ارتباط الريبوسوم وهو عبارة عن تتابع للنيوكليوتيدات يرتبط بالريبوسوم وأول ثلاثة نيوكليوتيدات ترتبط بالريبوسوم تسمى كودون البداية start codon ويمكن شرح ذلك في حالة أوليات التواء حيث يرتبط mRNA بالريبوسوم ويحدث يصبح أول كودون أي كودون البداية متجهها إلى أعلى أي أن العمود الفقري back bone للجزيء يكون لأسفل والقواعد النيتروجينية لأعلى وهو الوضع الصحيح لترجمته. يكون هنا لتكودون (شكل

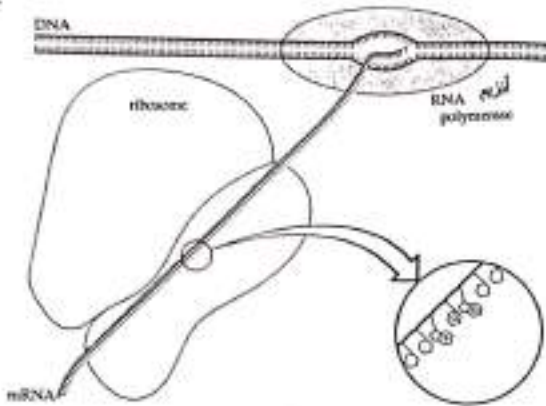
(٩٤) هو AUG كما في الجدول إما في الطرف الآخر من mRNA فيوجد ذيل مكون من حوالي مائتين أثنين A يعتقد أن هذا الذيل يحمي mRNA من التحليل بواسطة الأنزيمات الموجودة في السيتوبلازم.



(شكل ٩٤) شكل تخطيطي لجزء mRNA يظهر به موقع الارتباط بالريبوسوم ونيل حميد الأئينين ويحمي أول كودون به إلى أعلى

تختلف أوليات التواء عن حقيقتات التواء في هذه الحالة فقد وجد في البكتيريا أن الريبوسومات ترتبط ببداية mRNA وتبدأ حدوث الترجمة وتخليق البروتين بينما يكون الطرف الآخر للتواء mRNA مازال في مرحلة البناء على شريط DNA (شكل ٩٥) أما في حقيقتات التواء فإن mRNA يتفصل تماما عن شريط DNA ويصبح حر قبل ارتباطه بالريبوسوم ويحدث ذلك في الإنسان. يتداخل mRNA في جميع الحالات مع تحت الوحدة الصغيرة من الريبوسوم وليست مع تحت الوحدة الكبيرة.

تختلف أوليات التواء عن حقيقتات التواء في فرق آخر جوهري وهو أن الجين في حقيقتات التواء يتكون من أجزاء فعالة من النيوكليوتيدات أي أجزاء لها شفرة coding regions وتتدخل في بناء البروتين وتسمى إكسونات exons ويفصل بين هذه الأجزاء الفعالة أجزاء غير فعالة من النيوكليوتيدات أي أجزاء ليس لها شفرة noncoding regions ولا تتدخل في بناء البروتين وتسمى إنترونات introns ومثال لذلك الجين الموجود في الإنسان والخاص بتكوين بروتين B - globin فإن يتكون من ثلاث exons وإثنين introns. يعتبر B - globin أحد مكونات هيموجلوبين الدم (شكل ٩٦، ٩٧).



(شكل ٩٥) تكوين mRNA من جزيء DNA وارتباطه بالريبوسوم في كلنتات أوليات التواء



(شكل ٩٦) تركيب جين B - globin في الإنسان يتكون من Exons و Introns وعدد أزواج النيوكليوتيدات في كل جزء.