مفاهيم أولية في التقنية الحيوية

أ.د. ماهر محمد شحاتة

التقنية الحيوية هي مجمل التقنيات (الطرق – الوسائل) التي تتناول استخدام الكائنات الحية أو مكوناتها تحت الخلوية بغرض إنتاج أو تحوير أو تطوير منتجات ذات قيمة وفائدة للإنسان، حيث أمكن نقل جينات معينة من كائن إلى آخر، ويتطلع العديد من الباحثين والمختصين لمعرفة التطبيقات الممكنة للتقنية الحيوية، وخاصة في المجالات الزراعية، مما سيساهم في زيادة الإنتاج الزراعي، وذلك عن طريق إنتاج صنف جديد يتميز بصفات مرغوبة كماً ونوعاً وبطرق أكثر كفاءةً وأسرع مقارنةً بالطرق التقليدية.

تُعد التقنية الحيوية علم جديد برز وتطور بشكل سريع ومذهل خلال العشرين سنة الماضية، حيث تُستخدم الخلية النباتية، أو الحيوانية، أو الميكروبية لإنتاج مواد ذات فائدة كبيرة للبشرية، وبالتالي تلعب دوراً مهماً في تحسين نواتج كل من النبات والحيوان بغرض استخدامها في الزراعة، والصناعة، والمجالات الطبية المختلفة.

ومن هذا المنطلق سعت وتسعى كثير من الدول المتقدمة والنامية إلى وضع خطط إستراتيجية قريبة وبعيدة المدى لخوض غمار هذه التقنية، وتحصيل أكبر قدر من فوائدها الاقتصادية، والصحية، والزراعية، والبيئية.

يستعرض هذا المقال بعض المفاهيم الأولية لهذه التقنية، وذلك كما يلي:

الوحدة البنائية للكائن الحي

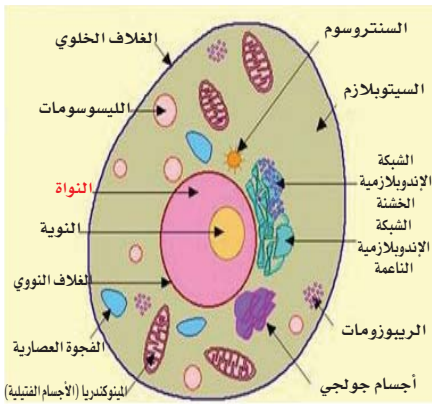
يتكون جسم الكائن الحي في النبات والحيوان والإنسان من عدة أعضاء (Organs)، وكل عضو يتكون من عدة أنسجة (Tissues)، وكل نسيج يتكون من عدة خلايا (Cells)؛ وعليه فإن الخلية (Cell) هي وحدة التركيب والوظيفة في الكائن الحي.

تحتوي الخلية – بشكل عام – على عدد من العضيات (Cell Organelles)، وهي عبارة عن تراكيب محددة توجد داخل خلية الكائن الحي تقوم بجميع الوظائف الحيوية التي تخصه، شكل(١). ومن أهم العضيات التي توجد فيها المادة الوراثية في الخلية الحيوانية والنباتية هي: النواة (Nucleus).

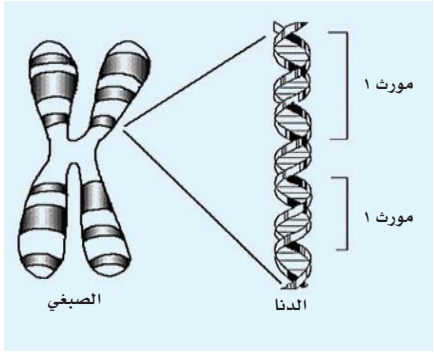
يبلغ عدد الخلايا المكونة لجسم الكائن الحي ملايين أو بلايين الخلايا بحسب نوع الكائن، ويوجد منها نوعان، هما:

١- الخلايا الجسدية (Somatic Cells): و يطلق عليها كذلك الخلايا الجسمية حيث تمثل كافة أنواع الخلايا في الجسم فيما عدا الحيامن (الخصيتين) في الرجل، والمبيض في رحم المرأة، وكذلك الأسدية (Stamens)، والمبيض في النبات. تحتوي نواة الخلية الجسدية على العدد الكامل من الصبغيات (Chromosomes) في صورة زوجية (Diploid). حيث يوجد في نواة الخلية الجسدية للإنسان – على سبيل المثال – ٤٦ صبغي (٢٣ زوج).

٢- الخلايا الجنسية أو التناسلية (Germ Cells): وهي عبارة عن وحدات التكاثر الجنسي في الكائن الحي، مثل: البويضة في المرأة والحيوان المنوي في الرجل. وتحتوي نواة الخلية التناسلية على نصف عدد الصبغيات في صورة فردية (Haploid). حيث يوجد في نواة الخلية التناسلية للإنسان ٢٣ صبغي فقط. وبذلك يتجلى إبداع الخالق سبحانه وتعالى حين ينتج العدد الكامل من الصبغيات مرة أخرى بتزاوج الأمشاج المذكرة مع المؤنثة. وهي وسيلة للمحافظة على النوع عبر الأجيال المتعاقبة.



■ شكل (١) التركيب العام للخلية ومانحتويه من عضيات مختلفة.

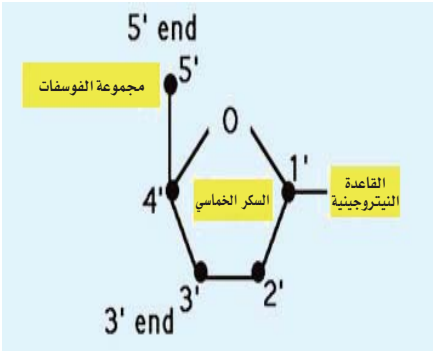


■ العلاقة بين الصبغي والدنا والمورثات.

النـــواة

تعد النواة البنك المركزي للمعلومات الوراثية في الخلية، وتتوزع المعلومات الوراثية على عدد من التراكيب داخل النواة تسمى الصبغيات. وهي أجسام يمكن صبغها بمواد كيميائية تتفاعل مع مواد تدخل في تركيبها الكيميائي، وتمثل الوحدات الحاملة للصفات الوراثية في الكائن الحي. ومن الناحية الشكلية يتكون الصبغي من كروماتيدتين (Chromatids) يرتبطان عن طريق السنترومير (Centromere)، أما من الناحية الكيميائية فإن الصبغي يتكون من الحمض النووي منقوص الأكسجين (Deoxyribonucleic Acid – DNA) وبروتين. وتقسم الكائنات الحية على حسب وجود الصبغيات داخل النواة من عدمه إلى:

١- **حقيقيات النواة (Eukaryotes):** وهي مجموعة الكائنات الحية التي توجد صبغاتها داخل النواة ويحيطها غلاف نووي، وتشمل



■ مكونات النيوكليوتيدة.

النباتات الراقية والحيوان والإنسان.

٢- **أوليات النواة (Prokaryotes):** وهي مجموعة الكائنات الحية التي توجد صبغاتها حرة في سيتوبلازم الخلية، أي لا يفصلها عنه غلاف نووي، ومنها البكتريا (Bacteria)، والطحالب الخضراء المزرَّقة (Blue-Green Algae).

● **الأحماض النووية**

يوجد الحمض النووي منقوص الأكسجين (DNA) على امتداد الصبغيات في الخلايا مشكلاً أساس الوراثة. وهو اسم مختصر مشتق من اسمه، وذلك نسبة لنوع السكر الخماسي الذي يدخل في تركيب وحداته البنائية. ويوجد داخل صبغيات الخلية في شكل حلزون مزدوج – أي خيطين يلتفان على بعضهما – والوحدة البنائية له هي النيوكليوتيدة (Nucleotide) والتي تتكون من سكر خماسي، وقاعدة نيتروجينية، ومجموعة فوسفات. وكل مجموعة من النيوكليوتيدات على امتداد الحمض النووي منقوص الأكسجين (DNA) تكوِّن وحدة مستقلة تُسمى مُورِّث (Gene)، ويمكن اعتبار الحمض النووي منقوص الأكسجين (DNA) مقسم لعدد من العقل كل منها يسمى مُورِّث. وهو أساس تصنيع البروتين الموجود في الخلية، ويتم تصنيعه عن طريق حلقة وصل بينهما هو الحمض النووي الريبوزي (Ribonucleic Acid - RNA).

أما الحمض النووي الريبوزي (RNA) فيوجد في سيتوبلازم الخلايا. وهو اسم مختصر مشتق من إسمه، وذلك نسبة لنوع السكر الخماسي الذي يدخل في تركيبه، وهناك ثلاثة أنواع من الحمض النووي الريبوزي هي: الحمض النووي الريبوزي الرسول (mRNA)، الحمض النووي الريبوزي الناقل (tRNA)، الحمض النووي الريبوزي الريبوزومي (rRNA).

المُورِّثـــات

وضع العالم النمساوي «**جريجور مندل**» قوانين علم الوراثة ونشرها عام ١٨٦٥م، ولكن لم يلتفت لنتائجه أحد في ذلك الحين، حيث كان العالم مشغولاً بنظرية التطور لداروين، ومن ثم أعيد اكتشافها وأدرك العلماء أهميتها عام ١٩٠٠م. ومنذ ذلك التاريخ شهد العالم تقدماً مطرداً في فهم أسس الوراثة في الكائنات الحية. وفي العشرينات من القرن الماضي اكتشف العالم «**ميلر**» أن الإشعاع يحفز التغيرات في النبات والحيوان، أما في الثلاثينات والأربعينات فقد تم اكتشاف العديد من الأساليب الجديدة للتعامل مع الصبغيات والمُورِّثات، مثل استخدام مادة «الكولشيسين» – مادة كيميائية تستخلص من نبات اللحلاح (Colchicum Autumnale) ولها القدرة على إحداث طفرات وتغيير في التركيب الوراثي للخلايا النباتية – في مضاعفة عدد الصبغيات في الذرة الهجين وغيرها من المحاصيل، وكذلك استخدام مواد كيميائية أخرى للحث على الطفرات.

ومع اكتشاف اللولب المزدوج لهيكل الحمض النووي منقوص الأكسجين (DNA) في عام ١٩٥٣م من قِبل "**جيمس واطسون**» و «**فرانسيس كريك**» حدثت ثورة من التقدم في مجال علمي الوراثة والأحياء الجزيئية، بتوالي سلسلة متصلة من الاكتشافات، حيث أجريت في السبعينات تجربة الاستنساخ الوراثي لإنتاج بعض الهرمونات مثل الإنسولين البشري داخل خلايا البكتيريا، وتبع ذلك إنتاج نباتات تحمل صفات وراثية جديدة تعطيها طعم أو لون أفضل، أو درجة تحمل أعلى للمبيدات، أو مقاومة الآفات، وكذلك حيوانات تنتج ألبان بكميات أكبر، أو لحوم خالية من الدهون، بالإضافة للكثير من المنتجات الصيدلانية.

تعد المُورِّثات (Genes) هي الوحدات الوظيفية للوراثة، وهي عبارة عن قطع من الحمض النووي منقوص الأكسجين (DNA) كل منها له طول وتتابع محدد من النيوكليوتيدات. وقد يكون للمُورِّث الواحد صور مختلفة تسمى أليلات (Alleles)، وهي إما أن تكون سائدة (Dominant) - لها القدرة على التعبير في ظهور الصفة - أو متنحية (Recessive) يختفي أثرها في وجود المُورِّث السائد، وينتج عن ذلك تباين الصفات الوراثية التي تُورّث مثل لون العين وفصائل الدم.

يعمل المُورِّث على تنظيم عملية تكوين البروتين أو الإنزيم عن طريق عملية التعبير الوراثي (Gene Expression). ويحتوي الجسم البشري على حوالي ٣٤،٠٠٠ مُورِّث مشفر يمثل حوالي ٣ ٪ من حجم الحمض النووي منقوص الأكسجين (DNA). مُكوِّناً ما يُعرف بالجينوم (Genome) أو المجين أو المجموع الوراثي.

هناك العديد من المفاهيم الوراثية يمكن إبراز أهمها فيما يلي:

● الجينوم

الجينوم (Genome) عبارة عن مجموع مُورِّثات النوع البشري أو الحيواني أو النباتي، وهو ثابت في جميع خلايا وأنسجة وأعضاء الكائن الحي إلا إذا تعرض أحد أجزائه لحدوث تغير في تركيب أو عدد الصبغيات وهو ما يسمى بالطفرات.

● الطراز الوراثي والطراز المظهري

الطراز الوراثي (Genotype) هو التراكيب الوراثية التي يحملها الفرد على شكل مُورِّثات سواءً كان ذلك زوج أو أكثر من المُورِّثات، وهو المسؤول عن تكوين الطراز المظهري (Phenotype)، الذي هو عبارة عن صفات الكائن الحي المظهرية التي تُشاهد بالعين (مثل الطول والقصر والشكل واللون) أو الوظيفية أو التركيبية الناتجة عن تأثير المُورِّثات.

■ خطوات التعبير الجيني الوراثي.

● التعبير الوراثي

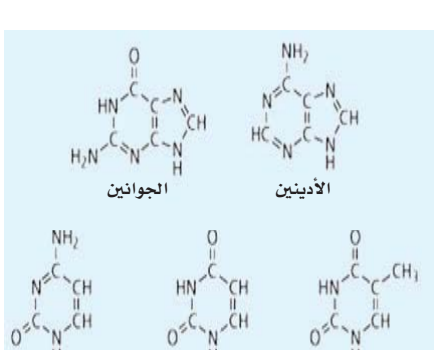
التعبير الوراثي (Gene Expression) هو تحويل لغة النيوكليوتيدات المكوِّنة للحمض النووي منقوص الأكسجين (DNA) إلى لغة الأحماض الأمينية المكوِّنة للبروتين. وتتم في خطوتين متتاليتين هما النسخ والترجمة.

● النسخ

النسخ (Transcription) عملية يتم فيها نقل المعلومات الوراثية من الحمض النووي منقوص الأكسجين (DNA) والممثلة في صورة ترتيب معين (شفرة الوراثة) من النيوكليوتيدات إلى تتابع مكمل من النيوكليوتيدات في الحمض النووي الريبوزي الرسول (mRNA)، أو الناقل (tRNA)، أو الريبوزومي (rRNA).

● الترجمة

الترجمة (Translation) عملية يتم فيها تحويل لغة النيوكليوتيدات على الحمض النووي الريبوزي الرسول (mRNA) إلى لغة الأحماض الأمينية المكونة للبروتين، وتتم عملية الترجمة بواسطة الريبوزومات بمساعدة الحمض النووي الريبوزي الناقل (tRNA) والحمض النووي الريبوزي الريبوزومي (rRNA). وتُكوّن البروتينات داخل خلايا الكائن الحي البروتيوم (Proteome). ويختلف البروتيوم من خلية إلى أخرى، ومن نسيج لآخر، ومن عضو لآخر حسب حالة الخلية ونشاطها، وتعد البروتينات



■ القواعد النيتروجينية الداخلة في تركيب كل من الدنا والرنا.

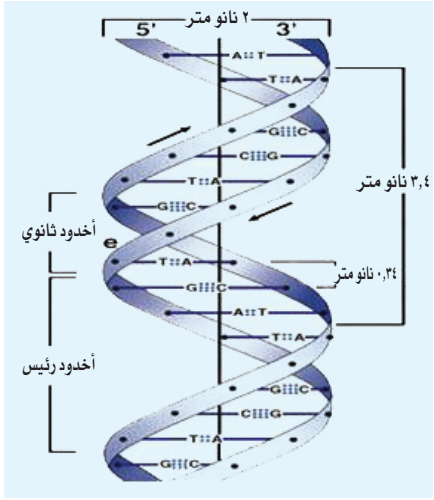
أو مشتقاتها هي المسؤوله عن إعطاء الطراز المظهري للصفة.

● شفرة الوراثة

تعد القواعد النيتروجينية الأدينين (Adenine – A) والجوانين (Guanine – G) والثايمين (Thymine – T) والسايتوسين (Cytosine – C) أبجديات الوراثة الأربعة في الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين (DNA)، أما في الحمض النووي الريبوزي (RNA) فهناك الأدينين (A)، والجوانين (G)، والسايتوسين (C)، إضافة إلى اليوراسيل (Uracil – U) . ويبلغ عدد الأحماض الأمينية التي تدخل في بناء سلسلة أي بروتين عشرون (٢٠)؛ وعليه فقد ثبت أن الحروف الأربعة في شفرة الوراثة (Genetic Code) تقرأ في كلمات (كودونات) كل منها ثلاثية (٤٣)،

الحرف الأول	الحرف الثاني U		الحرف الثاني C		الحرف الثاني A		الحرف الثاني G		الحرف الثالث
U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	Leu	UCA		UAA	Stop	UGA	Stop	A
	UUG		UCG		UAG	Stop	UGG	Trp	G
C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	Gln	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	Lys	AGA	Arg	A
	AUG	Met	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	Glu	GGA		A
	GUG		GCG		GAG		GGG		G

■ جدول (١) شفرة الوراثة ذات الكودونات الثلاثية توضح ٦٤ شفرة وراثية منها شفرة للبداية وثلاثة للنهاية وبقية الكودونات تعبر عن الأحماض الأمينية العشرين.



■ الدنا: الحلزون المزدوج ويوضح أن كل ١٠ نيوكليوتيدات تكون لفة كاملة طولها ٣,٤ نانوميتر والمسافة بين كل قاعدة والتي تليها ٠,٣٤ نانوميتر، وارتباط القواعد المتقابلة على الخيطين بروابط هيدروجينية (ثلاث روابط بين الجوانين والسيتوزين، رابطتين بين الأدينين والثايمين)

أي تتكون من تتابع ثلاث نيوكليوتيدات لتكون ٦٤ كلمة وراثية (شفرة الوراثة)، منها كلمة للبداية (AUG)، وتعبِّر عن الحمض الأميني الميثيونين (Methionine) وثلاثة للنهاية هي (UAG,UGA,UAA) وبقية الكودونات (٥٩) تعبِّر عن بقية الأحماض الأمينية العشرين (١٩ حمض أميني)؛ وعليه يكون لكل حمض أميني شفرة أو أكثر (Degeneracy of Codons). ويتضح من الجدول (١) أن الحمض الأميني التريبتوفان يُعبّر عنه بكلمة واحدة (مثل الميثيونين)، وبقية الأحماض الأمينية (١٨) لكل منها كلمتين أو أكثر، وعلى سبيل المثال هناك ست كلمات للحمض الأميني سيرين وكذلك الأرجنين، يقابل كل كودون على الحمض النووي الريبوزي الرسول مضاد له على الحمض النووي الريبوزي الناقل يسمى مضاد الكودون (Anticodon). وقد ثبت أن الشفرة الوراثية عامة (Universal) منذ بدء الحياة حتى الآن، حيث أن نفس الكودونات تمثل شفرات لنفس الأحماض الأمينية في كل الكائنات الحية التي تمت دراستها، ويدل هذا على أن كل الكائنات الحية الموجودة على وجه الأرض قد نشأت من أسلاف مشتركة.

أنواع الحمض النووي الريبوزي

هناك أنواع عديدة من الحمض النووي الريبوزي RNA ، ثلاثة منها تلعب دوراً أساسياً في عملية التعبير عن الشفرة الوراثية وتصنيع البروتين وهي:

- **الحمض النووي الريبوزي الرسول (mRNA):** ويتم نسخه بأطوال مختلفة على حسب طول المُورِّث المشفر الذي نسخ منه. وتنتج معظم الخلايا كميات قليلة لآلاف الجزيئات المختلفة من الحمض النووي الريبوزي الرسول (mRNA)، كل منها يترجم لبروتين على حسب حاجة الخلية.

- **الحمض النووي الريبوزي الناقل (tRNA):** ويقوم بنقل الأحماض الأمينية المعبِّرة عن الشفرة الوراثية المقروءة على الحمض النووي الريبوزي الرسول (mRNA)، حيث يوجد لكل حمض أميني من الأحماض الأمينية العشرين المعروفة حمض نووي ريبوزي ناقل أو أكثر. ويوجد حوالي ٣٢ نوع مختلف من الحمض النووي الريبوزي الناقل (tRNA) في الخلية حقيقية النواة، كل واحد منها ينتج من مُورِّث خاص به. ويتراوح طولها بين ٧٣-٩٣ نيوكليوتيدة. ويكون جزء منها حلزون مزدوج وبقية الأجزاء تكون مفردة لتكون ٣ التفافات (٣ loops). وعند أحد الالتفافات توجد ٣ قواعد مفردة تسمى بمضاد الشفرة (Anticodon)، ويكون تتابعها مكملاً للكودون (الشفرة) الموجودة على الحمض النووي الريبوزي الرسول (mRNA)، وعند تكاملهما معا يتم وضع الحمض الأميني المراد في مكانه الصحيح على امتداد سلسلة البروتين الأولية (عديد الببتيد).

- **الحمض النووي الريبوزي الريبوزومي (rRNA):** ويدخل في تركيب الريبوزوم (Ribosome)، وهو أحد عضيات الخلية، المسؤول عن عملية الترجمة بمساعدة الحمض النووي الريبوزي الناقل (tRNA).

أهم مجالات التقنية الحيوية

مع بداية استخدام المادة الوراثية في الكائنات الحية للحصول على منتجات مفيدة للإنسان تم تداول واستخدام وتدريس مصطلح التقنية الحيوية الحديثة (لتمييزها عن التقنية الحيوية التقليدية القديمة التي تعنى باستخدام الكائنات الحية في عمليات حيوية مثل التخمر والتعطين).

وبدأت تظهر مجالات عديدة للتقنية الحيوية منها:

- **التقنية الحيوية الزراعية (Agricultural Biotechnology):** وتختص بالأبحاث والأنشطة المتعلقة بالنبات والحيوان.

- **التقنية الحيوية الطبية (Medical Biotechnology):** وتختص بالأبحاث والأنشطة المتعلقة بصحة الإنسان.

- **التقنية الحيوية البيئية (Environmental Biotechnology):** وتختص بالأبحاث والأنشطة المتعلقة بخدمة البيئة والمحافظة عليها.

- **التقنية الحيوية الصناعية (Industrial Biotechnology)** وتختص بالأبحاث والأنشطة المتعلقة بالمجال الصناعي.

- **التقنية الحيوية والمعلوماتية الحيوية (Bioinformatics):** وتختص باستخدام الحاسبات الآلية لتحليل نتائج الدراسات الحيوية.

- **التقنية الحيوية متناهية الصغر (Nano-Biotechnology)** وتختص بالأبحاث والأنشطة على مستوى النانو وخاصة في مجال إنتاج الأدوية.

وقد ساعدت الاكتشافات الجديدة على تعزيز صناعة التقنية الحيوية على المستوى التجاري، لا سيما في أمريكا الشمالية وأوروبا، وبدأت العديد من الشركات الكبرى استثمارات كبيرة لتحسين إنتاج أنواع النباتات الزراعية كوسيلة لمعالجة الفقر والأمن الغذائي للبشر في البلدان النامية.