الفصل الأول
نظرة شاملة لعالم الهندسة الوراثية

أولاً: التمهيد:

قوانين مندل ونشأة علم الوراثة الحديث

فعلى الرغم من أن عام ١٩٧٣م هو العام الذى تم فيه الإعلان عن ميلاد ذلك الإنجاز الثورى وهو ميلاد الهندسة الوراثية ـ كما سنرى بعد قليل ـ إلا أن بدايتها الحقيقية بدأت منذ زمن بعيد نتيجة للإنجازات العديدة والنتائج المبهرة التى سعى لتحقيقها الباحثون فى كل مكان وبمجالات وفروع علمية متعددة وبخاصة فى مجال علم الوراثة ـ ويعتبر معظم الباحثين أن عام ١٩٠٠م هو ذلك العام الذى تم الإعلان فيه عن نشأة علم الوراثة الحديثة Modern Genetics عندما أُعيد اكتشاف قوانين مندل. تُرى ماذا قدَّم مندل لتستحق قوانينه أن يُنسب لها هذا الدور البارز؟

مع مندل:

فى عام ١٩٦٥م وبعد خمسة عشر عامًا من الجهود الخارقة والعمل المتواصل نشر «جريجور مندل» Gregor Mendel نتائج تجاربه عن تهجيناته لأنواع مختلفة من بسلة الزهور Pisum sotivum فى بحث من خمس وخمسين صفحة، وكان قد عثر فى نباتات البسلة على أزواج متميزة من صفات بديلة.

حبوب ملساء وحبوب مجعدة، نباتات طويلة وأخرى قصيرة وهكذا، سبعة أزواج فى مجموعها ـ أزواج كانت تورث بصورة صريحة تماماً. وكان لمندل الفضل فى استنباط قانونى «الانعزال الوراثى» و«التوزيع الحر للعوامل الوراثية». كذلك استطاع مندل أن يصوغ مصطلحين «ما زالا» شائعى الاستخدام حتى الآن فى علوم الوراثة وهما: «الصفات السائدة» و«الصفات المتنحية». ويرى العلماء أن مندل اتبع أسلوباً فعالاً فى تحليل الظواهر البيولوجية لم يعرفها أحد من قبله ... وكان أول من استخدم الرياضيات والإحصاء فى علم البيولوجيا .. لم يلتفت أحد لأهمية نتائج

أبحاثه والتحقق منها إلا بعد نشره لها بثلاثة عقود ... مما أخَّر ثورته. ويرجع الفضل لملاحظات مندل لتأسيس علم الوراثة بعد إعادة اكتشافها.

كان لقوانين مندل ولإنجازات عديدة تلت هذه القوانين (والتى سنذكر منها الكثير ضمن جولات الفصول القادمة) الفضل فى تطور مفهوم العلماء للبيولوچيا الجزيئية، وبالتالى فى أن يصبح العالم ممهداً بعد اكتشاف بنية «الدنا الوراثى» فى عام ١٩٥٣م، إضافة لاكتشافات وابتكارات هامة أعقبته فى الدخول لعالم الهندسة الوراثية وميلادها.. ونذكر منها: اكتشاف «دور إنزيمات التحديد والوصل»، وطرق صبغ الكروموسومات، وتفاصيل عديدة عن تركيب وكيفية نمو ومعيشة كائنات حية عديدة كالفيروسات والبكتريا، وتركيب الدنا الوراثى والاستفادة من ذلك ... وغيرها الكثير والكثير... إلخ.. أدت جميعها لتوالى إنجازات أخرى أشد تأثيراً وأدت لتوفير البنية التكنولوچية التحتية للاكتشافات الأحدث منها وأدى أيضاً إلى الاستمرار فى التوسع فى تطوير التقنيات المختلفة. مما سمح للعلماء والباحثين بعد عام ١٩٧٠م للاندفاع بقوة نحو تطوير تقنيات تسمح بالتدخل المباشر فى بنية تتابعات الدنا ويستخدمونها لقطع ولحام المادة الوراثية لأحد الكائنات وتكوين چين جديد ويستخدمونها أيضاً فى دراسة سلوك الإنسان على وجه الخصوص ومختلف الكائنات بقدر المستطاع وأدى ذلك إلى إيجاد طرق لتحريك قطع من المادة الوراثية، صغيرة مُعينة الهوية، من خلية إلى أخرى قد تكون كائناً مختلفاً، ثم ملاحظة ما تصنعه هذه الچينات الموجة، ولتسهيل التحليل، كثيراً ما كان التحريك يتم من نوع لم يُعرف عنه الكثير إلى آخرَ مدروس جيداً، عادة ما تكون بكتيريا.

الجولة الأولى:

جولة مع ميلاد تقنية الهندسة الوراثية وردود الأفعال المتباينة إزاءها

تمهيد للجولة:

بمجيء عام ١٩٧٣م ظهرت للوجود أول خلية بكتيرية مهندسة وراثيًا.. «خلية بكتيرية معدية» أُدخل فيها جين استخرج من ضفدعة... ها قد أدرك علماء البيولوجيا أنهم قد جمعوا عُدة عمل رائعة. أطلقوا عليها اسم تقنيات الدنا المطعم، وأطلق عليها الصحفيون والشركات الاستثمارية اسم «الهندسة الوراثية» Genetic Engineering تلك التقنية التى يمكن بها أن تُقص قطعة من دنا چينوم كائن ثم تولج فى آخر باستخدام مقص خاص للقطع وهو نوع من البروتينات يسمى إنزيمات التحديد، ثم تُوصل وتلصق الأجزاء المقطوعة بإنزيمات الليجيز.

ولقد انطلقت تجارب الباحثين منذ ذلك الوقت «باندفاع الصاروخ» لتبتكر كل ما هو جديد فى الدنا المطعَّم، إلا أنه صاحب ذلك ردود أفعال متباينة إزاء هذا المجال الجديد، بعضها مُشجع، والبعض يرفض «أو بمعنى آخر لم تكن على نفس قدر فضول العلماء»، ومعها نمضى بعض الوقت.

احتجاجات ومؤتمرات وتوصيات ملزمة:

فلقد أعقب ذلك أن ثارت موجة قلق جماهيرى من تلك التجارب (فى مجال الهندسة الوراثية) لم تقتصر على غير المتخصصين، فقد رأى العلماء أنفسهم أن من الأصوب التريث قبل الاندفاع إلى استغلال هذه التكنولوجيا الجديدة، ونادوا فى عام ١٩٧٤م بإيقاف كل نشاط فى الهندسة الوراثية، الأمر الذى زاد من تأجيج انزعاج الجماهير، والخوف كان من النتائج الرهيبة من جراء نقل دنا من كائن لكائن آخر وكان مضمون تعليقاتهم هو «ما نكون نحن حتى نخلط مادة وراثية من كائن بكائن آخر «هذا بذاك» . وفى هذا الصدد نذكر ما يلى:

١ـ صدور مؤتمر لتهدئة النفوس فى عام ١٩٧٥م:

ففى فبراير ١٩٧٥م أثناء انعقاد المؤتمر الدولى الأول عن جزيئات (د.ن.أ) المطعم فى أسيلومار وُلدت فكرة الضوابط الفيزيائية والحياتية لضمان السلامة والأمان فى بحوث تقنية الهندسة الوراثية، والتى تمثلت ثمرة نتاجها فى صدور دليل المعاهد القومية الأمريكية للصحة NIH فى يونيو ١٩٧٦ عن الضوابط الفيزيائية والحياتية التى يجب مراعاتها فى المستويات المختلفة من تجارب تقنية الهندسة الوراثية.

وقد عُدِّلت هذه الضوابط وأصبحت أكثر تشدداً فى ٢٣ فبراير ١٩٨٤.

ومن ثم فلقد فتحت الهندسة الوراثية مجالاً خصباً لدراسة العلاقة بين العلم والقانون والمجتمع. ولقد تم نتيجة هذا المؤتمر فى ذلك الوقت استئناف أبحاث الهندسة الوراثية فى أمريكا على نحو جذرى تحت إشراف لجنة فيدرالية... لذا استمرت تجارب وابتكارات الباحثين تتسارع وتسابق الزمن والطموح تنشد تحقيق المزيد من الإنجازات... ولكن كلما تنبهت الشعوب لطبيعة تقنيات الهندسة الوراثية وما إذا كانت (تتعارض مع قيم هذه الشعوب وعاداتها) وجدنا مواجهات ومناقشات نذكر منها ما يلى:

٢ـ قرارات وتوصيات تمخضت وصدرت عن أعضاء مجلس المجمع الفقهى:

وهو مجلس تابع لرابطة العالم الإسلامى وقد سبق وصدرت توصيات عديدة فى دورته الخامسة عشرة المنعقدة فى مكة المكرمة، والتى كانت قد بدأت يوم السبت ١١ إلى ١٥ رجب ١٤١٩ ـ ٣١ أكتوبر ١٩٨٨م وكانت بشأن استفادة المسلمين من علم الهندسة الوراثية وسنذكر منها ما يلى:

١ـ الاستفادة من علم الهندسة الوراثية فى الوقاية من المرض أو علاجه، أو تخفيف ضرره، بشرط ألا يترتب على ذلك ضرر أكبر.

٢ـ لا يجوز استخدام أىٍّ من أدوات علم الهندسة الوراثية ووسائله فى الأغراض الشريرة والعدوانية، وفى كل ما يحرم شرعاً.

٣ـ لا يجوز استخدام أى من أدوات علم الهندسة الوراثية ووسائله، للعبث

بشخصية الإنسان، ومسؤوليته الفردية، أو للتدخل فى بنية الموروثات بدعوة تحسين السلالة البشرية.

٤ـ لا يجوز إجراء أى بحث، أو القيام بأية معالجة، أو تشخيص يتعلق بموروثات إنسان ما، إلا للضرورة، وبعد إجراء تقويم دقيق وسابق للأخطار والفوائد المحتملة المرتبطة بهذه الأنشطة، وبعد الحصول على الموافقة المقبولة شرعاً، مع الحفاظ على السرية الكاملة للنتائج، ورعاية أحكام الشريعة الإسلامية الغراء، القاضية باحترام الإنسان وكرامته.

٥ـ يجوز استخدام أدوات علم الهندسة الوراثية ووسائله، فى حقل الزراعة وتربية الحيوان، شريطة الأخذ بكل الاحتياطات لمنع حدوث أى ضرر ـ ولو على المدى البعيد ـ بالإنسان، أو الحيوان، أو البيئة.. (وسيتبين لك عزيزى القارئ من خلال تلك السلسلة أنه لا زال هناك شك واحتمال التعرض لأخطار عديدة من جراء تطبيقات الهندسة الوراثية فى مجال النبات والحيوان).

٦ـ يدعو المجلس الشركات والمصانع المنتجة للمواد الغذائية والطبية وغيرهما من المواد المستفادة من علم الهندسة الوراثية، إلى البيان عن تركيب هذه المواد، ليتم التعامل والاستعمال عن بينة حذراً مما يضر أو يحرم شرعاً.

٧ـ يوصى المجلس الأطباء وأصحاب المعامل، والمختبرات بتقوى الله، والبعد عن الإضرار بالفرد والمجتمع والبيئة.

ـ أيضًا كان للباحثين فى مصر قراراتهم ونذكر منها مايلى:

٢ـ تشكيل لجنة لأخلاقيات البحث العلمى فى مصر:

حيث أصدر د. هانى الناظر رئيس المركز القومى للبحوث قراراً بتشكيل لجنة تختص بوضع الضوابط الأخلاقية للبحوث العلمية حرصًا على أن تكون الأبحاث العلمية خاضعة لقواعد وتقاليد المجتمع ومبادئ الأديان، خاصة التجارب العلمية المتعلقة بالاستنساخ وزراعة الأعضاء وبحوث الإخصاب والإنجاب ومن أهداف اللجنة وضع ضوابط يلتزم بها الباحثون وألا يتم إجراء البحث على الإنسان إلا بعد الانتهاء من الاختبارات المعملية على الحيوانات بصورة كافية وأضاف أنه يجب أن

تجرى البحوث على الإنسان تحت إشراف طبى متخصص وأن تقع المسئولية على الطبيب وليس على الشخص محل التجربة. وينبثق من هذه اللجنة مجموعتان هما:

١ـ مجموعة البحوث الطبية.

٢ـ مجموعة البحوث الأساسية والتطبيقية وتضم: البحوث الكيماوية والزراعية والبيولوچية والبحوث الغذائية والبحوث الفيزيقية والهندسية وبحوث الهندسة الوراثية والمياه والدواء والإشعاعات الكهرومغناطيسية.

الجولة الثانية: (جولة مع بعض الشركات المتخصصة التى تعمل فى هذا المجال):

مما دعم من بزوغ نجم البيوتكنولوچيا والهندسة الوراثية وكان أهم عوامل انتشارها وتوسعها وتعدد تقنياتها؛ ظهور تلك الشركات المتخصصة عقب ميلاد الهندسة الوراثية واستثماراتها الموجهة لتقوية أركان تكنولوچيا الدنا المطعم وبخاصة أنها ضمت إليها نخبة من الباحثين ذوى الخبرة والطموح... نذكر منها شركة (چين تك) التى ظهرت أولاً، ثم سيتس وبيوجن، وبعدها خرجت للنور شركات أخرى لاستغلال هذه التقنية الجديدة. وكان جميع هذه الشركات يحدوها الأمل بالاستفادة من هذا المجال الجديد للأعمال.

وبالفعل استفادت هذه الشركات من كائنات حية عديدة ومنها البكتيريا وكان بالإمكان باستخدام البكتيريا إنتاج هرمون الإنسولين البشرى والذى بحلول عام ١٩٨٢م كان قد طُرح بالسوق كأول منتج تجارى يرتكز على تكنولوچيا الدنا المطعوم . تحت اسم (هوميلين humulin)، ثم تم استخدام البيوتكنولوچيا والهندسة الوراثية فى إنتاج بروتينات هامة طبياً مثل إنتاج بروتين يسمى عامل نمو الخلايا "GSF" "Granulocyte macrophage" وهى «٧» أنواع فى الطبيعة «وعن طريق حقن المرضى المصابين بفشل فى نخاع العظام أو كسل بالنخاع فإنهم يحقنون «بهذه المادة» فهو ينبه خلايا العظام كى تنشط وبالتالى تنتج الأنواع المختلفة من خلايا الدم وبخاصة خلايا الدم البيضاء والأمال معقودة على تحسن حالات كثيرة. أيضًا تم استخدامها فى إنتاج فاكسينات لمقاومة الالتهاب الكبدى (ب) والذى نجح فى تحصين البشر ضد الفيروس..

وفى مجال السيطرة على السرطان .. توجد شركات عديدة تستثمر أموالها فى هذا المجال أنجزت المئات من العلاجات المستفيدة من الهندسة الوراثية والتى منها استخدام أسلوب «المعالجة الچينية»؛ والذى يبشر بإحداث تغيير ثورى فى طب القرن الواحد والعشرين... فمن خلال اكتشاف الچينات المسئولة عن إطلاق الاستعداد للإصابة بالسرطان يمكن تغيير هذه الچينات، بواسطة الأساليب الحديثة للهندسة

الوراثية.. التى تواصل تجاربها لغرس الچينات المعطوبة .

وقد اكتشف العلماء حتى الآن بعض المورثات المسئولة عن الاستعداد للمرض وتُبذل الجهود للسيطرة عليها لكن المشكلة التى فى طريقهم للتغلب عليها ليكتمل لهم الموقف تتمثل فى الأداة الفعالة القادرة على توصيل الچينات السليمة فى الخلايا المنشودة... وحتى الآن، استخدمت الفيروسات لهذا الغرض.. كما استعانوا بوسائل أخرى .. لكن لا زال النجاح محدوداً ولا زالت المهمة تحتاج إلى المزيد من الأبحاث وإن كانت المؤشرات تؤكد ما يحمله هذا الميدان من آمال عظيمة تقف وراءها استثمارات ضخمة من قبل هذه الشركات العاملة فى هذا المجال.

أيضًا ظهرت شركات من نوع آخر وهو لصناعة المعدات التى تستخدمها الشركات الأخرى مثل شركة أبلايد بيو سيستمز (المنظومات البيولوچية التطبيقية) والتى تكسبت كثيراً من جراء ذلك.

عالم الهندسة الوراثية وعوامل كثيرة ساهمت في إنجاز التطبيقات المتعددة على الكائنات الحية

تمهيد:

يمكننا القول بأن طور الهندسة الوراثية يمثل عصراً جديداً تم ميلاده، نطلق عليه «عصر البيوتكنولوچيا والهندسة الوراثية» عصر نجد فيه الهندسة الوراثية وقد فتحت المجال لظهور إمكانات علمية هائلة، وأحدثت طفرة كبيرة في التكنولوچيا الحيوية القائمة على التعامل مع الكائنات الحية ونظمها الخلوية والكيميائية المختلفة بعدما أمكن للباحثين التدخل في المحتوى الجنومي للكائنات، وعزل الجينات سواء من الحيوان أو النبات أو الإنسان ومن الكائنات بسيطة التركيب بل ومن بقاياها والقيام بتحديد وظيفة هذه الجينات ومعرفة تتابعاتها، وكيف تعمل بدقة مُدهشة والتدخل في تكوينها ونقلها من كائن لآخر. إما لإكساب الكائن الحي صفة جديدة أو لإزالة صفة. مما أدى إلى إحداث التنويع في أشكال الكائنات الحية وظهور أشكال جديدة؛ غالبًا ليُستفاد منها؛ وترتب على ذلك أن أصبح لدينا تطبيقات متعددة للبيوتكنولوچيا والهندسة الوراثية في مجالات:- [الكائنات بسيطة التركيب، والحيوان والنبات]

وستكون «عزيزنا القارئ» هذه التطبيقات هي محور ثلاثة كتب من «كتب السلسلة» إن شاء الله تعالى... ونذكر منها هنا على سبيل المثال:

١- تطبيقات البيوتكنولوجيا والهندسة الوراثية للاستفادة من الكائنات بسيطة التركيب:

أمكن من خلال هندسة الكائنات بسيطة التركيب وحسن تطويعها؛ أن يُستفاد منها في مجالات متعددة مثل:

١- في العلاج الجيني gene therapy فهناك جهود مبذولة لاستخدام أنواع معينة من الفيروسات (وفق شروط خاصة) لتعمل كناقلات تُستخدم لإيلاج الجينات العلاجية في خلايا الجسم ... مثل علاج شخص يعاني من التليف الكيسي، بهدف دفع خلاياه الجسدية إلى إنتاج بروتين يُلطف الحشرجة والتهاب الرئة، والاحتمال

القائم أنه فى ظل استعمال فيروسات مثل الإنفلونزا .. والهربس .. أن تهاجم الخلايا التناسلية للمريض.. فيظل العلاج مستمراً (جانب إيجابى) أى يُنتج نفس البروتين فى خلايا المريض التناسلية (والتى يُفترض أيضًا أن بها نفس النقص فى البروتين) وتكون النتيجة المأمولة ألا يولد نسل الشخص المُعالج (علاج چينى) وبه مرض التليف الكيسى.. ورغم هذا الاحتمال الواقعى فهناك وجه آخر مخيف يسعى الباحثون لتلافيه ولأخذ كافة الاحتياطات لعدم حدوثه (أن يؤثر الفيروس سلبيًا على العلاج فتسوء حالة المريض). والمتوقع هو أن يصبح العلاج الچينى للخلايا الجسدية طبًا معيارياً فى القرن الحادى والعشرين.

ومنذ فترة كانت هناك محاولات لتحوير نوع من الفيروسات النباتية ليحمل على غطائه البروتينى أجزاء مغلفة من بروتين فيروس الإيدز وحقنه فى جسم فأر، ونجحت التجربة معملياً، واستطاع جسم الفأر تكوين جسم مضاد يستطيع تثبيط وتحييد فيروس الإيدز .. مما يبشر بالأمل عند الانتقال لعلاج البشر.

٢ـ أيضًا هناك تطبيقات أخرى يستفاد فيها من الكائنات بسيطة التركيب فى الطب والصيدلة مثل إنتاج الفاكسينات وبروتينات علاجية.

٣ـ فى مجال تنقية البيئة من الملوثات المختلفة، وفى التعدين البيولوچى وفى إنتاج الطاقة... بل وفى حثها على إنتاج بروتينات تصلح كغذاء.. وسيكون لنا لقاء آخر مع مزيد من التطبيقات.

٢ـ تطبيقات البيوتكنولوجيا والهندسة الوراثية فى مجال الحيوان:

وهى تطبيقات متعددة لإنتاج حيوانات مهندسة وراثيًا تخدم فى أغراض عديدة مثل التجارب العلمية والطبية، وفى العلاج لإنتاج بروتينات بشرية علاجية سواء فى ألبان إناث الحيوانات المهندسة وراثيًا أو بأشكال أخرى لعلاج أمراض عديدة مثل الهيموفيليا وتجلط الدم، ولإنتاج الأجسام المضادة وحيدة النسيلة لعلاج الأورام وغيرها.. وفى إنتاج حيوانات مهندسة وراثيًا بهدف عمليات نقل وزراعة الأعضاء.. إضافةً لأغراض أخرى عديدة.

٣ـ أيضًا هناك تطبيقات البيوتكنولوجيا والهندسة الوراثية فى مجال النبات:

تم إنجاز العديد من التطبيقات لإنتاج نباتات مُهندسة وراثيًا تخدم فى أغراض عديدة مثل: فى مجال العلاج وإنتاج لقاحات وأمصال مختلفة ولعلاج أمراض متعددة.. أيضًا لإنتاج نباتات تصلح للتخلص من ملوثات البيئة، وأخرى لتقاوم الجفاف والملوحة والصقيع وبخاصة محاصيل هامة «كالقمح والأرز»، وإنتاج نباتات مقاومة للأمراض والحشرات والحشائش. أو لإنتاج نباتات يتم رفع قيمتها الغذائية والتسويقية عن طريق تحوير مادتها الوراثية وخصائصها التصنيعية ولأغراض عديدة أخرى.

ـ ونذكر من الإنجازات المتعددة التى لا نستطيع حصرها فى كتابنا، التطبيقات التالية:

١ـ إدخال الجينات المسئولة عن إنتاج بروتينات تولد الضوء إلى نبات مهندس وراثيًا ومنها نبات الموز، ونبات البطاطس الذى يتمكن من إنتاج بروتين يسمى «إنتيروتوكسين» وهى المادة التى تسبب الإسهال فى الحالات المتسبب فيها نشاط نوع من البكتيريا وتم إنتاج البروتين وإطعام الفئران من هذه البطاطس المهندسة وراثيًا فتم تخليق أجسام مضادة للإنتيروتوكسين والمشكلة هى أن يتناول الأطفال هذه البطاطس نيئة.

٢ـ هناك تجارب تبشر بالخير فى إنتاج طماطم معدلة وراثيًا تحتوى على مواد مضادة لفيروس مرض السعار (الكلب) وتم تجربتها بنجاح على بعض أنواع الدببة.

٣ـ وهناك تجارب ناجحة لهندسة نبات التبغ وراثيًا لإنتاج بروتين سطحى لفيروس التهاب الكبد الوبائى من النوع {HBV} وباستخلاصه من النبات تم حقنه فى فئران التجارب. تم ملاحظة استجابة جهازه المناعى بتكوين أجسام مضادة لمهاجمة الفيروس وقتله.

٤ـ أيضًا كانت فى عام ١٩٩٥م، ١٩٩٦م، جهود عديدة لإنتاج نبات فول الصويا مهندس وراثيًا لإنتاج جسم مضاد يسمى "BR96" ومن الاختبارات القَبْل

سريرية ظهرت مقدرته فى العمل كحمال Vehicle يسهل توجيه أحد العقاقير الكيميائية الهامة إلى أورام الثدى والقولون والمبيض والرئة. وهناك مساحات شاسعة يتم بها زراعة هذا النوع من فول الصويا المهندس وراثيًا لإنتاج هذا الجسم المضاد. وهو يسمى «بالصناعة الخضراء» ويرى الباحثون فى مجال هندسة النبات أن زراعة النبات المعدل وراثيًا أيسر وأرخص من استزراع البكتيريا أو الخميرة.

ولقد تمكن الباحثون من إنجاز هذه التطبيقات العديدة بالاستعانة بالعديد من الأدوات والعوامل ... سواء أكانت:

١ـ **مكونات بالخلية:** تم اكتشافها والاستفادة منها مثل إنزيمات التحديد والوصل وإنزيمات البلمرة.

٢ـ **وسائل لكلونة المادة الوراثية:** مثل استخدام البلازميد والفاجات ثم استخدام تفاعل الـ PRC بعد ابتكاره.

٣ـ **أو طرق مختلفة:**

يتم ابتكارها لنقل المادة الوراثية للمحتوى الجينومى للكائن مثل: الحقن المجهرى، ومسدس الجينات... إلخ

أيضًا تم الاستفادة من تكنولوجيا الدنا المطعَّم فى كشف النقاب عن بعض المشاكل التى تؤرق الباحثين خلال أبحاثهم لمعرفة كيفية حدوث التنامى والتمايز وكشف جينات الكائنات الحية والتعرف على وظائفها وكيفية عمل الجينات الوراثية والشفرة الوراثية وكيفية انتقال الصفات الوراثية والتوصل لإنتاج الدنا المكمل صناعيًا ومعرفة منطقة ما كان «يسمى بدنا اللغو» والاستفادة منها فى مجال البصمات الوراثية..

ومع بعض هذه العوامل البارزة والمؤثرة فى الدخول لعالم الهندسة الوراثية نلتقى فى الجولات التالية .. فمعنا...