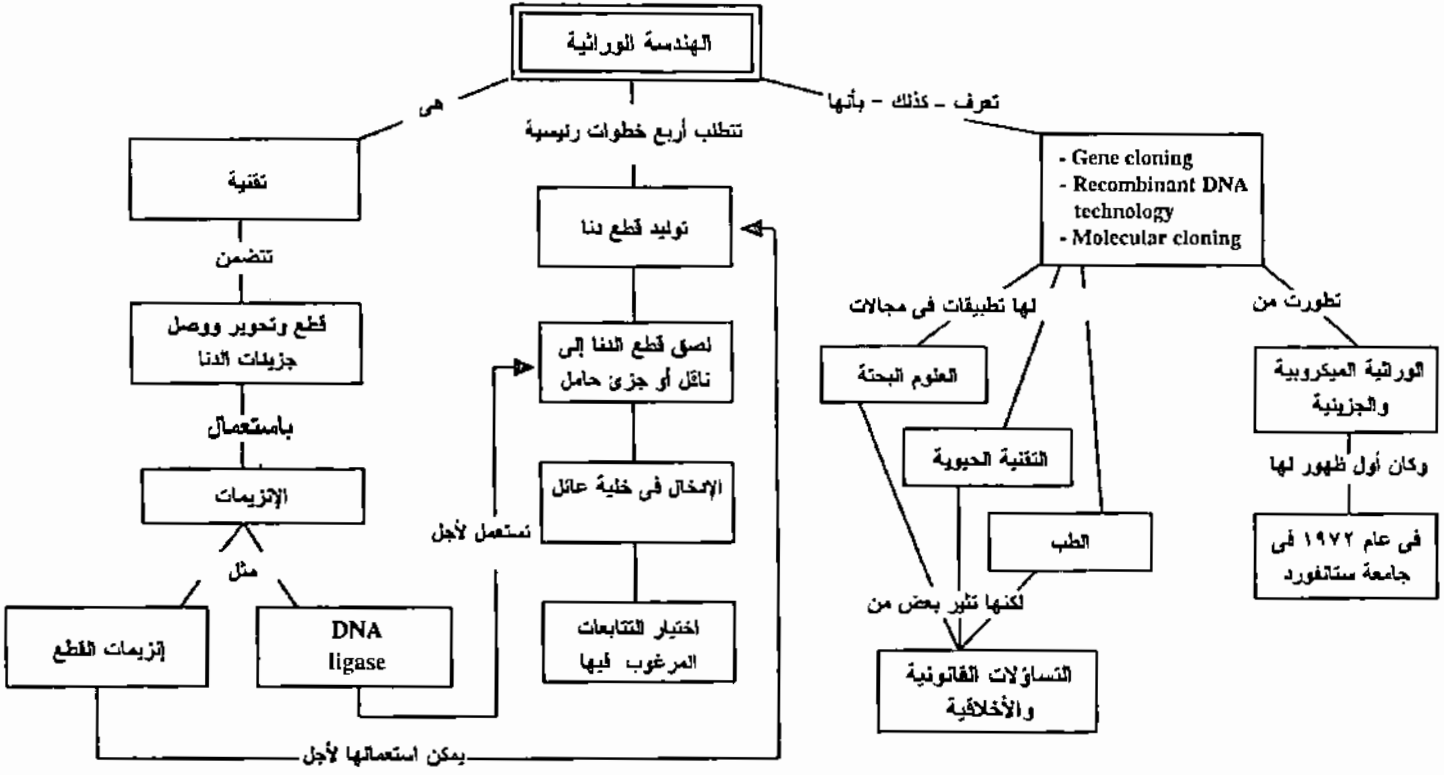
السنة	الموضوع
١٩٩٢	هندسة نباتات بمحتوى معدل من الأحماض الدهنية
	تحويل القمح وراثيًا بطريق القذف الدقيق
	إنتاج نباتات محولة وراثيًا قادرة على إنتاج بلاستيك يمكن أن يتحلل بيولوجيًا
١٩٩٤	إنتاج أول محصول غذائي معدل وراثيًا (صنف الطماطم FlavrSavr)
١٩٩٨	نقل أكثر من ١٠ جينات – كل على انفراد – إلى نبات واحد
	اعتماد أكثر من ٤٨ صنف محول وراثيًا على المستوى العالمي
	إنتاج أرز محول وراثيًا أعلى في قيمته الغذائية
	زراعة أكثر من ٤٠ مليون هكتار (>٩٥ مليون فدان) – على المستوى العالمي – بالمحاصيل المعدله وراثيًا
١٩٩٩	إجراء أكثر من ٩٠٠٠ تجربة تقييم حقلية على المحاصيل المعدلة وراثيًا

هذا وللتفاصيل المتعلقة بالمراجع الخاصة بتلك الإنجازات . يراجع Kempken (٢٠٠١)، كما أننا سنتطرق إلى تفاصيل جميع تلك الأحداث – وغيرها – في الفصول التالية من هذا الكتاب.

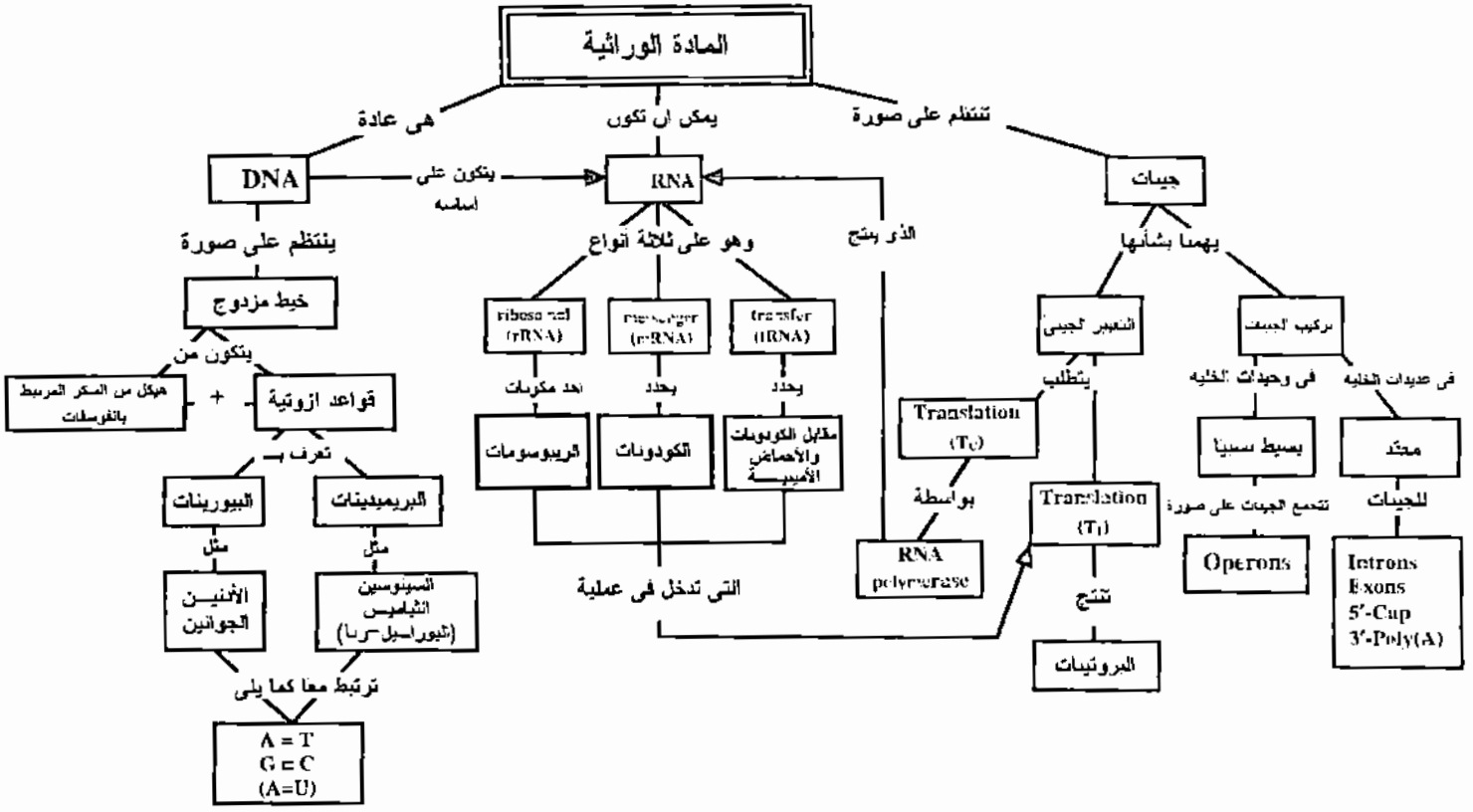
المفهوم العام للهندسة الوراثية

نقدم – فيما يلي – (نقلاً عن Nicholl ١٩٩٤) موجزًا للمفهوم العام للهندسة الوراثية في صورة ثلاثة أشكال تخطيطية، يوضح الأول (شكل ١٠–١) عرضًا لماهية الهندسة الوراثية، والثاني (شكل ١٠–٢) عرضًا لماهية المادة الوراثية التي تُخضع لتقنيات الهندسة الوراثية، والثالث (شكل ١٠–٣) عرضًا لمختلف تطبيقات الهندسة الوراثية

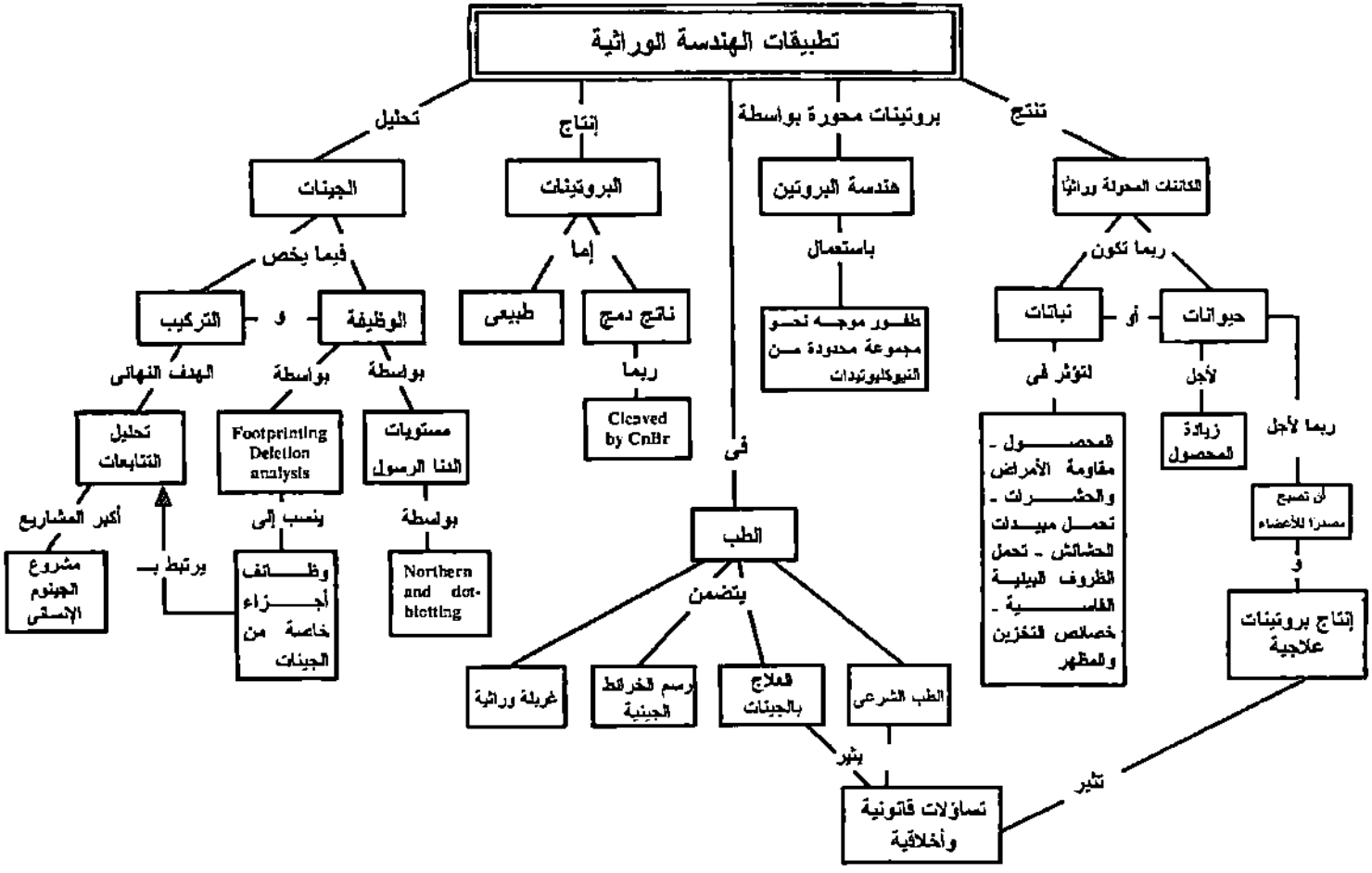
هذا ويلخص شكل (١٠–٤) خطوات استعمال الهندسة الوراثية في تحويل النباتات وراثيًا بجينات غريبة عنها (عن Hopkins ١٩٩٥).



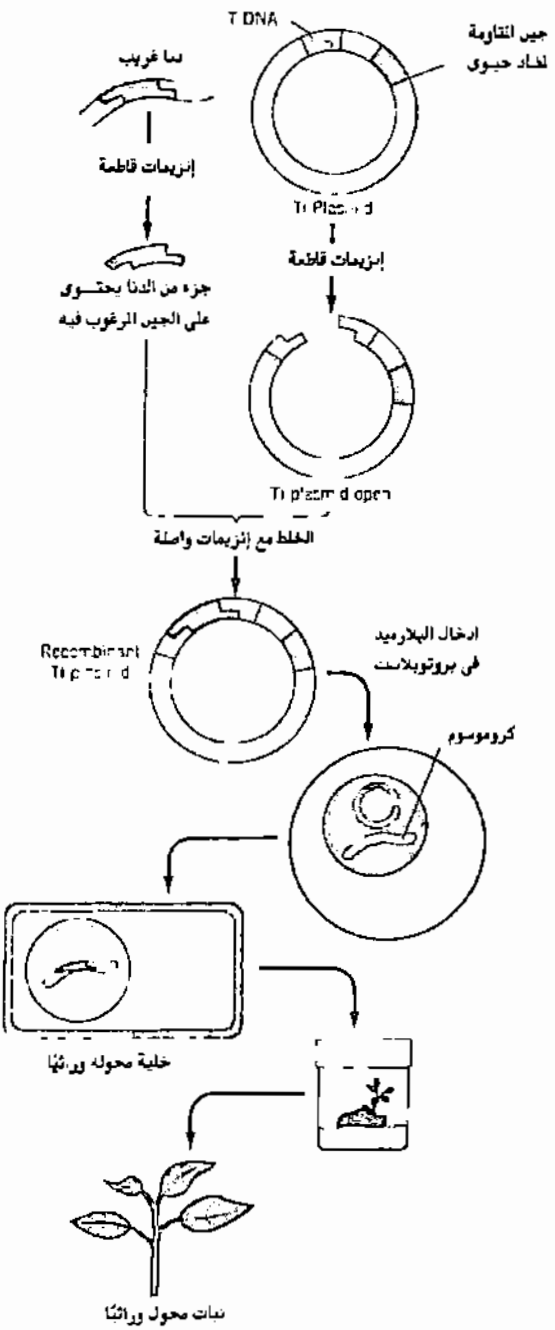
شكل (١٠-١): المفهوم العام للهندسة الوراثية.



شكل (١٠-٢) المادة الوراثية التى تُخضع لتقنيات الهندسة الوراثية



شكل (١٠-٣): تطبيقات الهندسة الوراثية.



شكل (١٠-٤): ملخص لخطوات استعمال الهندسة الوراثية فى تحويل النباتات وراثيًا بجينات غريبة عنها.

ولقد استخدمت البكتيريا *A. tumfaciens* – على سبيل المثال – فى نقل جينات من مصادر مختلفة إلى الطماطم، منها جينات من أصناف أخرى من الطماطم، ومن البكتيريا والفيروسات، والبقوليات، والذرة، ومن نباتات أخرى من العائلة الباذنجانية (عن Fobes ١٩٨٧).

وتتميز الفيروسات – كذلك – بقدرتها على إصابة النباتات ونقل أحماضها النووية إلى عوائلها، لذا .. فإنها تستخدم هى الأخرى لأغراض الهندسة الوراثية، ويستفاد فى هذا الشأن من الفيروسات التى يكون حامضها النووى من نوع دى إن إيه DNA سواء أكانت مزدوجة الخيط double-stranded DNA (مجموعة Caulimovirus التى يعرف منها عديدًا من الفيروسات، مثل فيرس موزايك القنبيط Caulıflower Mosaic Vırus الذى يتكون من رنا مزدوج الخيط double-stranded DNA ويصيب نباتات العائلة الصليبية بصفة أساسية) أو مفردة الخيط Sıngle–stranded DNA (مثل فيروسات مجموعة الجمنى gemini viruses، التى يوجد منها عديد من الفيروسات، منها فيرس موزايك الفاصوليا الذهبى، وفيرس تخطيط الذرة).

ولكن يعاب على استخدام الفيروسات فى مجال الهندسة الوراثية أنه لم يمكن إضافة قطعة دنا كبيرة إلى الحامض النووى الخاص بالفيرس دون التأثير فى قدرته على إصابة العائل، وهى الخطوة الضرورية لإحداث التحول المطلوب. كما أن الجينات الصغيرة المضافة تبطئ حركة الفيرس من خلية إلى أخرى، ويرجع ذلك إلى أن الحامض النووى الخاص بالفيرس صغير بطبيعته فهو لا يتعدى واحدا من ثلاثين جزءًا من الـ Ti plasmıd (Kado ١٩٨٢).

وقد تبين أن دنا فيرس موزايك القنبيط يحمل ستة جينات، ليس لأحدها (وهو الجين رقم II) ضرورة بالنسبة لتكاثر الفيرس، أو تمثيل بروتين الفيرس، أو حركة الفيرس من خلية إلى أخرى، ولكنه يؤثر فى عملية الانتقال الحشرى الفيروسى فى الطبيعة، ويعد هذا الجين موقعًا مناسبًا لإضافة الجينات المرغوب فيها إلى دنا الفيرس. كما وجدت منطقة كروموسومية أخرى من دنا الفيرس (هى الجين رقم VI) تتحكم فى شدة أعراض المرض، حيث يؤثر أى تغيير فى هذه المنطقة كثيرًا على شدة الأعراض.

ووجد أن أعراض الإصابة بالفيرس ، قد تلاشت تقريبًا حينما أضيفت ١٢ نيكليوتيدة فى هذا الموقع الجينى، ونمت النباتات التى تمت عدواها بهذه الطفرة من الفيرس بصورة طبيعية (Shepherd وآخرون ١٩٨٢)

الجينوم الإنسانى والجينومات النموذج

الجينوم الإنسانى

بدأت فكرة رسم خريطة شفرة الجينوم الإنسانى فى منتصف ثمانينيات القرن العشرين، ومع نهاية ذلك العقد كان قد تحقق لهذا المشروع ما يكفى من قوة الدفع للتفكير جديًا فى تنفيذه وقد جاءت البداية من الولايات المتحدة حيث بدأ مشروع الجينوم الإنسانى Human Genome Project – رسميًا – فى أكتوبر ١٩٩٠. ومع تكوين جمعية الجينوم الإنسانى Human Genome Organisation فى العام ذاته أخذ المشروع طابعًا دوليًا، حيث كان الهدف من تلك الجمعية هو تنسيق الجهود التى بذلها العلماء فى هذا الخصوص فى عديد من دول العالم.

ولقد كان الهدف هو الانتهاء من المشروع فى بدايات القرن الحادى والعشرين، إلاّ أنه انتهى فعليًا فى عام ٢٠٠٠. ومن خلال هذا المشروع أمكن التعرف على نحو ١٠٠٠٠٠ جين فى الجينوم الإنسانى، ولكن هذه الجينات لم تمثل سوى ٥٪ من الدنا الجينومى الذى قدر أنه يحتوى على نحو ثلاثة بلايين زوج من النيكيلوتيدات.

الجينومات النموذج أو الموديل

إلى جانب الجينوم الإنسانى، فقد بدأ العلماء – كذلك – وقاموا بتطوير موديلات جينومية أخرى تمثل كل منها مجموعة من الكائنات، مثل جينومات كل من

١ – البكتيريا *E coli*.

٢ – الخميرة (الفطر) *Saccharomyces cerevisiae*.

٣ – النيماتودا *Caenorhabditas elegans*.

٤ – النبات *Arabidopsis thaliana*.