بسم الله الرحمن الرحيم

التقنية الحيوية والوراثة النباتية

المبادئ والتقنيات والتطبيقات

تحرير

C. Neal Stewart, Jr.

ترجمة

أ. د. عبد الرحمن بن عبد الله العطر

الأستاذ الدكتور بقسم النبات والأحياء الدقيقة

كلية العلوم – جامعة الملك سعود

د. إسلام محمد عبد السلام

الدكتور بقسم النبات والأحياء الدقيقة

كلية العلوم – جامعة الملك سعود

د. محمد فيصل امتياز

الدكتور بقسم النبات والأحياء الدقيقة

كلية العلوم – جامعة الملك سعود

دار جامعة الملك سعود للنشر

KING SAUD UNIVERSITY PRESS

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ المملكة العربية السعودية

ح دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٤٣هـ (٢٠٢٢م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

ستيوارت، نيل.

التقنية الحيوية والوراثة النباتية: المبادئ والتقنيات والتطبيقات / نيل ستيوارت؛ عبدالرحمن بن عبدالله العطر؛ إسلام محمد عبدالسلام؛ محمد فيصل امتياز - الرياض، ١٤٤٣هـ.

٧٧٥ ص؛ ١٧سم × ٢٤ سم

ردمك: ٧ - ٠٢٦ - ٥١٠ - ٦٠٣ - ٩٧٨

١- التقنية الحيوية ٢- علم النبات أ. العطر، عبدالرحمن بن عبدالله (مترجم) ب. عبدالسلام، إسلام محمد (مترجم) ج. امتياز، محمد فيصل (مترجم) د. العنوان

ديوي ٦٦٠,٦ ١٤٤٣/٤٣٣٣

رقم الإيداع: ١٤٤٣/٤٣٣٣

ردمك: ٧ - ٠٢٦ - ٥١٠ - ٦٠٣ - ٩٧٨

هذه ترجمة عربية محكمة صادرة عن مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Plant Biotechnology and Genetics Principles, Techniques, and Applications
By: C. Neal Stewart, Jr. Editor
© John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved. 2016
وقد وافق المجلس العلمي على نشرها في اجتماعه الثامن عشر للعام ١٤٤٢هـ، المعقود بتاريخ ١/ ٩/ ١٤٤٢هـ، الموافق٢٦/ ٤/ ٢٠٢١م.

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يسمح بإعادة نشر أي جزء من الكتاب بأي شكل وبأي وسيلة سواء كانت إلكترونية أو آلية بما في ذلك التصوير والتسجيل أو الإدخال في أي نظام حفظ معلومات أو استعادتها بدون الحصول على موافقة كتابية من دار جامعة الملك سعود للنشر.

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

إهداء المترجمين

اهداء .....

للمكتبة العربية ..... نشراً للثقافة العلمية في التقنية الحيوية.

إلى قراء لغة الضاد ..... حول التقنية والأغذية المعدلة وراثياً.

المهتمين بشغف العلم وتطبيقاته والاستزادة منه والمساهمة في نشره.

عبد الرحمن بن عبد الله العطر

يسرني أن أهدي هذا العمل الذي وفقني الله سبحانه وتعالى لإتمامه إلى **أبي العزيز** الذي طالما شجعني وحفزني على التقدم والتطور، وإلى **أمي الحنونة** التي لولاها ولولا دعواتها لما كنت أنا ولما حققت أي نجاح، أطال الله في عمرهما على طاعته. وبكل فخر وسرور أهدي هذا العمل إلى رفيقة دربي وكفاحي **زوجتي الغالية**، وإلى **فراشاتي الغاليات (نور، شمس، قمر، سما)** حفظهن الله. كما أهدي هذا العمل إلى **أخي العزيز وأخواتي الغاليات**. وفي النهاية أود أن أهدي هذا العمل إلى كل طلاب العلم في مختلف أقطار وطننا العربي سائلًا المولى عز وجل أن يجعله علمًا ينتفع به.

إسلام محمد عبد السلام

إلى كل طلاب العلم في كافة أنحاء العالم العربي....

محمد فيصل امتياز

شكر وتقدير المترجمين

يتقدم المترجمون بالشكر والتقدير لجامعة الملك سعود ممثلة بمركز الترجمة والمجلس العلمي على إتاحة الفرصة لمنسوبي الجامعة لمشاركتها في دورها الريادي من خلال الترجمة العلمية للكتب والمراجع. كما نتقدم بوافر الشكر والامتنان لقسمنا، قسم النبات والأحياء الدقيقة الذي أتاح لنا فرصة العمل على هذا الكتاب وإتمامه سائلين المولى عز وجل أن يجعله علمًا ينتفع به. والشكر موصول لدار نشر جامعة الملك سعود لمساهمتهم الكبيرة في إعداد وإخراج هذا الكتاب. كما يتقدم المترجمون بجزيل الشكر والتقدير لأسرهم التي تحملت الكثير خلال انشغال المترجمين بإعداد هذا الكتاب.

المترجمون

نبذة عن المترجمين

الأستاذ الدكتور/ عبد الرحمن بن عبد الله العطر

- يعمل الدكتور عبد الرحمن أستاذًا بقسم النبات والأحياء الدقيقة بكلية العلوم جامعة الملك سعود، وهو أحد المتخصصين بعلم البيئة النباتية.
- حصل على درجة الدكتوراه في مجال البيئة النباتية عام ٢٠٠٨م.
- شغل عدة مناصب إدارية بالجامعة وخارجها حيث عمل كوكيل لعمادة شؤون الطلاب ووكيل لعمادة الدراسات العليا وكمستشار ومشرف عام على إدارة التواصل الداخلي لوزارة التعليم ومستشار في الجامعة السعودية الإلكترونية.
- شارك في العديد من الأبحاث العلمية المتعلقة بالبيئة والغطاء النباتي حيث نشر ما يزيد عن ٩٥ بحث علمي في مجلات عالمية محكمة.
- شارك في تحرير عدة كتب باللغة الإنجليزية وترجم كتاب إلى اللغة العربية، وكذلك أشرف على العديد من طلاب الدراسات العليا.
- شارك في العديد من المؤتمرات المحلية والعالمية ورأس العديد من اللجان والبرامج داخل الجامعة وخارجها منها المركز الوطني للقياس وهيئة تقويم التعليم ومركز الملك عبد العزيز للموهبة والإبداع.
- عضو في العديد من الجمعيات العلمية المحلية والدولية.
- شارك كباحث رئيس في عدة مشروعات متعلقة بالبيئة لدراسة التنوع النباتي في جبال عسير، والتنوع النباتي لأشجار المنجروف وطرق الحفاظ عليها.

الدكتور/ إسلام محمد عبد السلام

- يعمل الدكتور إسلام باحثًا في مرحلة ما بعد الدكتوراة بجامعة ميونيخ، ألمانيا.
- عمل سابقًا باحثًا بقسم النبات والأحياء الدقيقة، كلية العلوم، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- حصل على درجة الدكتوراه في مجال المعلوماتية الحياتية وأحياء النظم النباتية من جامعة الملك سعود عام ٢٠٢١م عبر منحة دراسية كاملة منحت من الجامعة.
- شارك في نشر أكثر من ٣٨ مقالًا بحثيًا في مجلات دولية محكمة، وفصلين في كتب إنجليزية، إضافة إلى مقالين مرجعيين في مجال التقنية الحيوية النباتية.
- شارك في ترجمة كتاب في مجال الاستدامة البيئية من اللغة الإنجليزية إلى اللغة العربية.
- شارك في عدة مؤتمرات علمية دولية في مختلف دول العالم.
- قام بتحكيم العديد من الأبحاث العلمية لمجلات عالمية مرموقة، وهو عضو في عدة جمعيات عملية محلية ودولية.
- حصل على عدة جوائز منها جائزة الطالب المثالي أثناء مرحلة البكالوريوس، كما كان نائبًا لرئيس اتحاد طلاب كلية الزراعة بجامعة الإسكندرية عام ٢٠٠٧م.

الدكتور/ محمد فيصل امتياز

- يعمل الدكتور محمد أستاذًا مشاركًا بقسم النبات والأحياء الدقيقة، كلية العلوم، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- حصل على درجة الدكتوراه من جامعة أليجرا الإسلامية بالهند.
- يعتبر من علماء التقنية الحيوية النباتية المشهورين والباحثين النشطين.
- عمل سابقًا كباحث في مرحلة ما بعد الدكتوراه بدعم من وزارة العلوم والابتكار الإسبانية بمركز الأبحاث الحيوية بمدريد، أسبانيا خلال الفترة من ٢٠١٠ – ٢٠١١م.
- عمل كعالم شاب في قسم النبات بجامعة أليجرا الإسلامية خلال الفترة من ٢٠٠٧ – ٢٠٠٩م.
- عضو جمعية لينين في لندن، المملكة المتحدة.

- حصل على جائزة العالم المتميز لعام ٢٠٢١م من قبل جمعية في دي جود بالهند، وجائزة أفضل عالم في مجال التقنية الحيوية النباتية لعام ٢٠١٧م من قبل جمعية سيسر بالهند، وجائزة عالم العام لعام ٢٠١٥م من قبل جمعية نيسا بالهند، إضافة إلى عدة جوائز محلية ودولية.
- عضو بعدة جمعيات وهيئات أكاديمية وزميل جمعية سيسر.
- قام بنشر أكثر من ٩٦ مقالًا بحثيًا، و٧ فصول كتب، و٧ كتب في مجال زراعة الأنسجة النباتية، ومنظمات النمو النباتية، والتقنيات الحيوية المرتبطة بها.
- عضو هيئة التحرير للعديد من المجلات العلمية الدولية.

مقدمة المترجمين

بسم الله والصلاة والسلام على رسول الله... وبعد...

شهدت الآونة الأخيرة تقدمًا ملحوظًا ومتسارعًا في أبحاث الوراثة والتقنية الحيوية النباتية لا سيما تلك المتعلقة بتقنيات إنتاج النباتات المهندسة وراثيًا التي ساهمت وستساهم بلا شك في الأمن الغذائي العالمي فضلًا عن توفير طرق بديلة لإنتاج الوقود الحيوي عالي القيمة ليحل محل الوقود الحفري تدريجيًا بهدف حماية البيئة والاستخدام المستدام للموارد للأجيال الحالية والمستقبلية. شرعنا في ترجمة هذا الكتاب في المقام الأول لتعريف الجمهور العربي بتطورات هذه المجالات العلمية وتوعيته بفوائد وأخطار مثل هذه التقنيات سريعة التطور. كما نهدف بترجمة هذا الكتاب الأساسي والشامل إثراء المكتبة العربية بالمعلومات الأساسية في علمي الوراثة والتقنية الحيوية مما يوفر للباحث العربي المعلومات اللازمة للخوض فيهما والانخراط في التطور السريع لتقنياتهما آملين أن يسهم ذلك في ارتقاء البحث العلمي في وطننا العربي.

يعد كتاب الوراثة والتقنية الحيوية النباتية من أهم الكتب التي أصدرت في السنوات الخمس الأخيرة حيث يركز الكتاب بشكل رئيسي على أساسيات علمي الوراثة والتقنية الحيوية بالإضافة إلى إبراز آخر التطورات التي تم التوصل إليها في هذه المجالات العلمية. أُصدر من هذا الكتاب نسختين الأولى عام ٢٠١٢م بينما أصدرت النسخة الثانية (والتي قمنا بترجمتها) عام ٢٠١٦م حيث اشتملت على العديد من التحديثات لكل الفصول مقارنة بالنسخة الأولى فعلى سبيل المثال يستعرض الكتاب مجموعة واسعة من الأدوات والتطورات الحديثة في مجال التقنية الحيوية وعلم الجينوم والأنظمة الإحيائية، كما تغطي هذه النسخة حقوق الملكية الفكرية وبراءات الاختراع في هذه

المجالات. قام بتحرير هذا الكتاب والمشاركة في تأليفه العالم الدكتور نيل ستيوارت والذي يعمل كرئيس لكرسي إيفان راشيف للتميز في علم الوراثة الجزيئية النباتية بجامعة تينيسي وكمدير مساعد لمركز بحوث نباتات ولاية تينيسي بالولايات المتحدة الأمريكية. نشر دكتور نيل أكثر من ٥٠٠ عمل بحثي متنوع ما بين كتب مؤلفة أو محررة وأبحاث علمية، وقد حصلت أعماله حتى الآن على أكثر من ١٦,٠٠٠ استشهاد علمي. كما شارك في تأليف الكتاب مجموعة واسعة من العلماء من مختلف دول العالم. يغطي كتاب الوراثة والتقنية الحيوية النباتية غالبية جوانب هذا المجال حيث يتكون الكتاب من ١٧ فصل مستقل بالإضافة إلى كشاف للموضوعات وثبت للمصطلحات. تتناول الفصول الأربعة الأولى تأثير واستخدام التقنية الحيوية في الاستزراع النباتي على مستوى العالم، وقوانين الوراثة المندلية وعلاقتها بالإكثار النباتي، وأساسيات التربية النباتية لإنتاج الأصناف عالية الإنتاجية، وأخيرًا فسيولوجيا النمو والتطور النباتي. ثم تنتقل الفصول من الخامس وحتى العاشر إلى مناقشة العديد من الموضوعات المتعلقة بدراسة البيولوجيا الجزيئية للنبات وهي الوراثة الجزيئية للتعبير الجيني، والأنظمة الإحيائية النباتية، والحمض النووي المؤتلف وتصميم وبناء النواقل، والجينات وعلاقتها بالصفات النباتية المرغوبة، والبوادئ والمُعلمات الجينية. ثم تغطي الفصول من الحادي عشر وحتى الرابع عشر الموضوعات المتعلقة بإنتاج النباتات المحورة وراثيًا، وتحليل صفاتها، بالإضافة إلى التنظيمات المتعلقة بالأمان الحيوي والمنظمة لإنتاج هذه النباتات، وكذلك الاختبار الحقلي للنباتات المحورة وراثيًا، ثم يناقش الفصلين الخامس عشر والسادس عشر الملكية الفكرية لمنتجات التقنية الحيوية الزراعية وأسباب الجدل القائم حول النباتات المحورة وراثيًا. وأخيرًا يوضح الفصل السابع عشر التطورات المستقبلية المتوقعة في علوم التقنية الحيوية والوراثية النباتية ومنها تحوير الجينوم وعلم الأحياء الاصطناعي (التركيبي) على سبيل المثال. لذا قمنا بترجمة هذا الكتاب إلى اللغة العربية لما سيغطي من جوانب في المكتبة العربية حول موضوعات ذات أهمية علمية واقتصادية وصحية بالغة حيث تعتبر من الموضوعات متسارعة النمو والتطور التي يلزم القارئ العربي معرفتها والاطلاع عليها، وكلنا يقين بإذن الله تعالى أنه سيلقى قبولًا من مجموعة واسعة من القراء ويعمل على خدمتهم ولا سيما طلاب المرحلة الجامعية والدراسات العليا بالإضافة إلى الباحثين وأعضاء هيئة التدريس.

المترجمون

مقدمة

شهد منتصف سبعينيات القرن الماضي سباقًا عالميًا كبيرًا (ولكنه لم يكن ملحوظًا بدرجة كافية) لفهم الطريقة التي تقوم من خلالها بكتيريا التدرن التاجي (*Agrobacterium tumefaciens*) بتسريع نمو الخلايا النباتية لتنتج ورمًا يعمل على إنتاج المواد التي تتغذى عليها البكتيريا والمعروفة باسم الأوبينات (opines). وحظيت بعض المجموعات البحثية البلجيكية والألمانية والأسترالية والفرنسية بالصدارة في هذا الصدد، وبحلول عام ١٩٧٧م أصبح من المعروف أن السر وراء تكوين هذا الورم هو انتقال الجينات من البكتيريا إلى العائل النباتي، وأن الجينات التي تنتقل من البكتيريا تعمل على تغيير صفات الخلايا النباتية. ثم بدأ المشاركون في هذا السباق وكذلك المشاهدون في التفكير في إمكانية الاستفادة من قدرات هذه البكتيريا الماكرة لدفع النبات إلى إنتاج المواد التي نرغب فيها. وبدأت بعض الشركات الصغيرة والعالمية في التنفيذ سواء باستخدام بكتيريا التدرن التاجي أو غيرها من طرق نقل الجينات إلى النبات. وتم التعامل مع المشكلات التي تظهر خلال عملية نقل الجينات واحدةً تلو الأخرى حتى أمكن توضيح كل خطوات استخدام بكتيريا التدرن التاجي في الهندسة الوراثية لنبات التبغ (tobacco).

عندما أتذكر مثل هذه التجارب المبكرة أرى أننا قطعنا طريقًا طويلًا منذ نشأة التقنية الحيوية النباتية والتي يعيدها الكثير منا إلى ندوة ميامي الشتوية في يناير ١٩٨٣م. ولقد كانت التقنية في طفولتها ضعيفة وبطيئة التطور، ولكن حيويتها ونشاطها واضحان بشكل كبير حيث كانت إمكانية نموها وتطورها واضحة ومتوقعة على الرغم من أنه لا يمكن التنبؤ بنتائجها بالتفصيل. لذا اعتقدت أننا قد مررنا بالجزء الأصعب وأن التحدي الرئيسي الآن يكمن فقط في التفكير في الجينات التي

يمكن استخدامها لإحداث التغيرات المرغوبة في المحاصيل الزراعية (كما اعتدت أن أقول في نهاية محاضراتي). لم يكن واضحًا خلال هذا الوقت المبكر العديد من المشكلات سواء التقنية أو غيرها والتي سنواجهها ونحلها.

بشكل مفاجئ وجد أن نبات التبغ شكل واحدًا من أكبر التحديات التي واجهتنا حيث كان العمل معه سهلًا بشكل أدى إلى الشعور بالغرور، فقد اعتبر التبغ بمثابة حقل التجارب للملكة النباتية في العام ١٩٨٣م حيث إنه يمتلك قدرة غريبة على إعادة إنتاج نبات جديد من أي خلية من خلاياه. لذا فقد أجرينا تجارب النقل الجيني على التبغ بحصانة كبيرة حيث يمكننا إنتاج النباتات المهندسة وراثيًا من أي خلية نباتية انتقل الجين إليها باستخدام بكتيريا التدرن التاجي. لكن لم تعدنا سهولة التعامل الكبيرة مع التبغ بالشكل المناسب للعمل على أرض الواقع مع المحاصيل الزراعية الرئيسية التي تنتمي أغلبها لمجموعة النباتات أحادية الفلقة مثل الذرة الشامية والقمح والأرز والذرة الرفيعة والدخن (millet)، حيث يجب إعادة تنمية هذه النباتات أحادية الفلقة من بعض الخلايا النادرة كما يجب الوصول إلى طريقة لنقل الجينات المرغبة إلى مثل هذه الخلايا. ولقد استغرقت هذه العملية سنوات من البحث حتى وجدت الحلول الفريدة والمناسبة لكل نبات، كما أجري جزء كبير من العمل بواسطة شركات التقنية الحيوية المختلفة والتي تسعى إلى منع منافسيها من الوصول إلى الحلول التي وجدتها من خلال تسجيل حقوق الملكية وبراءات الاختراع، ومن ثم ظهرت الحاجة إلى تطوير طرق أخرى بديلة إذا لم يكن الحصول على الطرق الموجودة بالفعل متاحًا.

تمحور التحدي الآخر الذي واجهناه في التعبير عن الجينات المنقولة التي قمنا بإدخالها إلى الخلية النباتية، فقد افترضنا بتفاؤل أن أي جين منقول إذا تم توفير البادئ (promoter) المناسب له يمكنه أن يقوم بوظيفته داخل النبات. في عام ١٩٨٣م قام الجين الذي تمت تجربة نقله لأول مرة (الجين المشفر لإنزيم نيوميسين فوسفوترانسفيريز) بأداء وظيفته بشكل مذهل. ولكن عمل الجين المشفر لبروتين بكتيريا الينابيع الحارة العصوية (*Bacillus thuringiensis*) القاتل للحشرات على دفعنا للتواضع حيث احتاج الأمر إلى الكثير من البراعة لاكتشاف السبب وراء رفض هذا الجين التعبير بالشكل الأمثل داخل الخلية النباتية والطريقة المناسبة للتغلب على ذلك. وفي النهاية أمكننا تجنب العديد من المشكلات من خلال استخدام نسخة مصنعة من هذا الجين تشتمل على الشيفرات

(codons) المفضلة في الخلايا النباتية. فعلى الرغم من اعتقادنا بأن الشفرة الوراثية عامة لكل لكائنات الحية إلا أن التطبيق العملي أظهر أنه لتتم عملية الترجمة بشكل انسيابي ودون مشكلات فإنه يجب اختيار الشيفرات المفضلة للنبات عندما يكون هناك فرصة للاختيار.

ظهرت بعد ذلك مشكلة جديدة كليًا وهي كيفية تحديد مدى أمان وسلامة المنتج المعدل وراثيًا. فبمجرد التأكد من معدلات أداء النباتات المهندسة وراثيًا، كيف يمكن اختبارها لأي صفات غير متوقعة قد تؤدي إلى اعتبارها ضارة أو سامة أو مسببة للحساسية أو من الحشائش الضارة (عند تنمية محاصيل لاحقة أخرى) أو غير مقبولة بأي شكل يمكن تخيله؟ في النهاية قامت الهيئات التنظيمية المختلفة بوضع بروتوكولات لاختبار النباتات المهندسة وراثيًا بعد أن اكتسبوا الخبرات الكافية مع هذه المنتجات الجديدة. يجب أن يكون النبات المعدل وراثيًا ثابتًا، ويجب ألا ينتج أي مواد جديدة تبدو كمواد مسببة للحساسية، ويجب أن يمتلك نفس القيمة الغذائية الأصلية لهذا النبات (على الأقل). وهو ما يعني أن النبات المعدل وراثيًا يجب أن يكون هو نفسه النبات الأصلي فيما عدا الصفة الجديدة (المتوقعة) والتي يتم التشفير لها بواسطة الجين المنقول. إن النباتات المنتجة بعمليات التربية التقليدية باستخدام التهجين البعيد (wide crossing) للحصول على جين مرغوب من الأسلاف النباتية القريبة أو البعيدة يؤدي إلى ظهور صفات غير متوقعة أكثر مقارنة بالنباتات المهندسة وراثيًا، ويعود ذلك بشكل رئيسي إلى أنه هناك العديد من الجينات غير المرغوبة وغير المعروفة المرتبطة مع الصفة المرغوب نقلها من خلال عمليات التهجين. تتمثل المشكلة الأخيرة (والتي لم يتم حلها في العديد من أجزاء العالم حتى الآن) في أنه بمجرد ترخيص النبات المعدل وراثيًا على أنه آمن ومناسب، يجب أن يحظى بقبول المستهلكين. وأتحدث عن هذه النقطة كواحدة من الخبراء المولعين بهذه التقنية الذين ساهموا في ولادتها ونشأته، حيث وجدت أننا نواجه تحديًا من نوع آخر لا تؤثر عليه كل العلوم التي تتم مناقشتها داخل جنبات هذا الكتاب إلا بشكل ضئيل جدًا.

يرفض العديد من المستهلكين النباتات المهندسة وراثيًا حيث يروا أنها خطيرة أو غير أخلاقية أو كلاهما. وفي الغالب لا يزيد هؤلاء المعارضون معارفهم عن التقنية الحيوية النباتية من خلال قراءة المعلومات المتوفرة في العديد من الكتب والمراجع ومن ضمنها هذا الكتاب الذي بين يديك، ولكن العديد منهم يمتلكون الفضول حول التعرف على هذا الشيء المجهول الذي

يعارضونه. لذا أتمنى أن يكون العديد ممن يقرأون هذا الكتاب من المؤيدين ذوي المعرفة للتقنية الحيوية النباتية. عليكم التحدث حول التقنية الحيوية مع المهتمين بها، وتبديل شكوكهم بالمعلومات اللازمة كلما أمكن ذلك، وكذلك تبديل الشك بالدليل واليقين. ومع ذلك فإنني لا اعتقد أنه يجب علينا نقل المعلومات لكل فرد حتى يمكننا نشر الثقة في هذه التقنية حيث إن أغلب الأشخاص لن يقوموا بقضاء الوقت وبذل الجهد اللازمين لتثقيف نفسهم حول هذا الأمر بشكل متعمق نظرًا لانشغالهم الدائم. لذا اعتقد أنك تحتاج فقط إلى إقناع هؤلاء الناس أنك قمت بدراسة الأمر بشكل مفصل حيث قرأت هذا الكتاب وأنك شخص محايد وتعتقد أن هذه النباتات آمنة وطبيعية. وأنا كلي إيمان أنك ستثق في ذلك الأمر وتقوم به.

لقد قضيت معظم حياتي العملية في تطوير هذه التقنية والاستفادة منها في إدخال جينات جديدة إلى النباتات المختلفة؛ لذا فإن أمنيتي الكبرى هي أن أرى قبولًا واسعًا من المستهلكين للنباتات المهندسة وراثيًا. إن تحول النباتات وراثيًا يعد من الظواهر الطبيعية، ولكننا نحاول حتى الآن اكتشاف الطريقة التي يحدث بها ذلك الأمر في الطبيعة، فعلى سبيل المثال كانت بكتيريا التدرن التاجي مهندسًا وراثيًا ميكروبيًا قبل أن أبدأ في دراسة الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين "الدنا" (DNA) بوقت كبير. لقد قامت التقنية الحيوية النباتية بالعديد من المساهمات البيئية الإيجابية والهامة كما سيتضح ذلك في الفصل الأول من هذا الكتاب، كما أنها تمتلك القدرة اللازمة لتكون واحدة من أهم أقوى الأدوات لمربي النباتات والتي سنحتاج إليها بلا شك في مواجهة التحديات الناجمة عن التغير المناخي السريع والجفاف والفيضانات والاحترار العالمي بالإضافة إلى الآفات والأمراض الجديدة التي قد تجليها هذه التغيرات. يبدو أن السنوات القادمة ستكون مفعمة بالتحديات؛ لذا اعتقد أن قراءة هذا الكتاب ستساعد في قيام القراء بأدوارهم المختلفة في مواجهة مثل هذه التحديات. فاستمتعوا برحلتكم خلال فصول هذا الكتاب، وأتمنى أن تجعلكم هذه الرحلة من الأشخاص المهتمين والداعمين لهذه التقنية مثلي.

ماري-ديل تشيلتون

سينجينتا للتقنية الحيوية

حديقة مثلث البحث، كارولينا الشمالية

المؤلفون

مونيكا آلانديت-سايز، الموارد العامة للملكية الفكرية للزراعة، قسم علوم النبات، جامعة كاليفورنيا، ديفيس، كاليفورنيا

ديتليف بارتش، المكتب الفيدرالي لحماية المستهلك وسلامة الغذاء، برلين، ألمانيا

آلان ب. بينيت، الموارد العامة للملكية الفكرية للزراعة، قسم علوم النبات، جامعة كاليفورنيا، ديفيس، كاليفورنيا

سارة بويتايجر، الموارد العامة للملكية الفكرية للزراعة، قسم علوم النبات، جامعة كاليفورنيا، ديفيس، كاليفورنيا

جراهام بروكز، شركة بي جي الاقتصادية المحدودة، فرامبتون، دورشيستر، المملكة المتحدة

فينيثا كاردوزا، شركة باسف المحدودة لعلوم النبات، حديقة مثلث الأبحاث، كارولينا الشمالية

سيسيليا تشي هام، الموارد العامة للملكية الفكرية للزراعة، قسم علوم النبات، جامعة كاليفورنيا، ديفيس، كاليفورنيا

إلروي ر. كوبر، الزراعة والأغذية الزراعية بكندا، أوتاوا، كندا

مارك د. كورتيز، معهد علم أحياء النبات، جامعة زيورخ، زيورخ، سويسرا

جون ج. فاينر، قسم البساتين والمحاصيل، مركز أوهايو للبحث والتطوير الزراعي/ جامعة ولاية أوهايو، ووستر، أوهايو

أليسون ك. فلاين، المركز الطبي البيطري، جامعة فلوريدا، جينزفيل، فلوريدا

ماريا جالو، قسم العلوم الحيوية الجزيئية والهندسة الحيوية، جامعة هاواي في مانوا، هونولولو، هاواي

أتشيم جاثمان، المكتب الفيدرالي لحماية المستهلك وسلامة الغذاء، برلين، ألمانيا

جليندا إي. جيلاسبي، قسم الكيمياء الحيوية، جامعة فيرجينيا التقنية، بلاكسبرج، فيرجينيا

جريجوري جراف، قسم الاقتصاد والموارد الزراعية، جامعة ولاية كولورادو، فورت كولينز، كولورادو

ماثيو د. هالفيل، قسم الأحياء، جامعة سان أمبروز، دافنبورت، أيوا

كينيث ل. كورث، قسم أمراض النبات، جامعة أركنساس، فيتفيل، أركنساس

وشينج ليو، قسم علم النبات، جامعة تينيسي، نوكسفيل، تينيسي

دافيد ج. ج. مان، دو أجروساينس، إنديانابوليس، إنديانا

آلان ماكوجين، قسم علوم النبات، جامعة كاليفورنيا، ريفرسايد، كاليفورنيا

براين ميكي، قسم الزراعة والأغذية الزراعية بكندا، أوتاوا، كندا

دوجلاس باول، بريسبان، أستراليا

كريستيان سايجليتز، التقنية الحيوية والاقتصاد الحيوي والبحوث الصحية وإدارة المشاريع، مركز أبحاث يوليش، يوليش، ألمانيا

أريتا سينها، وايو الصحية، جورجاون، الهند

نيل ستيوارت الابن، قسم علم النبات، جامعة تينيسي، نوكسفيل، تينيسي

نيكولاس أ. تينكر، الزراعة والأغذية الزراعية بكندا، أوتاوا، كندا

جينيفر ترمبو، قسم التغذية، جامعة تينيسي، نوكسفيل، تينيسي

سوزان آي. فارفيك، قسم الزراعة والأغذية الزراعية بكندا، مركز بحوث الحبوب والبذور الزيتية الشرقية، أوتاوا، كندا

تمهيد

أتذكر بوضوح العديد من المناقشات التي خضتها خلال منتصف تسعينيات القرن الماضي مع علماء التقنية الحيوية "القدامى". لقد كان هؤلاء بمثابة المحاربين القدامى ذوي الخبرة العالية الذين عملوا على تطوير طريقة الحصول على نباتات معدلة وراثيًا وأوضحوا إمكانية الاستفادة من هذه النباتات في حل العديد من المشكلات الزراعية. لقد مر هؤلاء العلماء بأيام ولياٍل طوال حتى أمكنهم جعل حلم الحصول على محصول اقتصادي معدل وراثيًا حقيقة عندما شهد منتصف العقد الحالي ظهور أول محصول اقتصادي في السوق. قام هؤلاء العلماء بتطوير الأساسيات العلمية لكيفية الحصول على الحمض النووي الدنا المؤتلف (recombinant DNA) وهندسة الخلايا النباتية وراثيًا بإدخال تتابعات الحمض النووي الجديدة إلى داخلها وبالتالي قاموا بتطوير المحاصيل المهندسة وراثيًا لأول مرة في التاريخ. فقد كان هؤلاء العلماء شهود على كل تحدٍ تلو الآخر في معاملهم، حتى استنزفت تلك التحديات قواهم من خلال التعرض للفشل تلو الآخر حتى الوصول إلى النجاح في نهاية المطاف. وبعد النجاح في إنتاج المحاصيل المهندسة وراثيًا الواعدة، ظهرت عمليات تربية النبات الشاقة والتي لا غنى عنها لنقل الصفات الوراثية المرغوبة إلى الأصناف الزراعية التي يرغب المزارعون في استزراعها. وبعدها بدأت عمليات الاختبارات الحقلية وإنتاج البذور وأخيرًا (ما لا ينبغي أن ننساه أبدًا) الحصول على الموافقات التنظيمية. ولقد كانت كل خطوة من هذه الخطوات مماثلة لأولى الخطوات التي يتخذها الطفل الرضيع حيث كانت هذه هي المرة الأولى التي يتعرض فيها العلماء لمثل هذه الخطوات، فلقد كان الفارق بين الاستمرار في السير والوقوع صغير جدًا ويقاس بالمليمترات، فكان الطفل يضع القدم أمام الأخرى ببطء شديد وبعد توقفات طويلة

ليستعيد خلالها توازنه مرة أخرى. ولكن في النهاية كان العلماء على يقين بوصول اليوم المشهود عندما يمكن زراعة بذور النباتات المهندسة وراثيًا وإنتاج الثمار منها في أراضي المزارعين، وهو ما تحقق بالفعل.

لم يكن الأمر صادمًا بالنسبة لي عندما عبر هؤلاء العلماء لي عن شعورهم خلال منتصف تسعينيات القرن الماضي بأن "كل الأمور الشيقة والممتعة قد أنجزت بالفعل". لقد كنت عالمًا صغيرًا إلى حد ما في هذا الوقت وكنت أشعر بأنه من أكون لأشكك في رؤية هؤلاء العلماء الكبار، هؤلاء العظماء الذين نشأوا على أكتاف العظماء من سابقيهم؟ لذا فإنه خلال هذه اللحظات الحاسمة، كنت ألقي الأسئلة المهذبة واستمع إلى القصص التي يلقونها وفي بعض الأحيان أجيبهم قائلًا "رائع" بنوع من التملق المزيف. لأكون صريحًا، لقد كانت كلماتهم تشعرني بقليل من الإحباط عند عودتي إلى معملي ومكتبي. فمن وجهة نظرهم تجد أنه بالفعل كل التحديات الكبيرة التي تمثلت في تحويل الجزيئات المهندسة وراثيًا من مجرد فكرة إلى حقيقة في هيئة إنتاج بذور نباتية محورة وراثيًا قد تمت بالفعل ولا يمكن تكرار ما يماثلها مرة أخرى. ولكنني ما زلت أفكر في مستقبل الإنتاج الزراعي وأعمل بجد من خلال أفكاري وأبحاثي المختلفة. فقد كنت أرغب في جعل العالم أفضل وأؤمن بأنه يمكننا ابتكار المزيد من خلال التقنية الحيوية النباتية على الرغم من أن كل الأشياء الممتعة (من وجهة نظرهم) قد تم إنجازها بالفعل. لذا بدأت أفكر.

وبعد مرور ١٠ سنوات، بدأت أفكر أنه قد يكون من الممتع أن أقوم بوضع كتاب عن التقنية الحيوية النباتية حتى يدعم المقرر الذي طرح عليَّ أن أقوم بتدريسه ذاك الوقت. ولقد كان الناتج النهائي لكل العمل المتعلق بهذا الأمر هو الطبعة الأولى من الكتاب الذي بين يديك الآن. أثناء جمعي لهذا الكتاب كنت أفكر في بعض الأحيان فيما أخبرني به هؤلاء الحكماء. وبشكل عام تتألف محتويات هذا الكتاب من التقنيات الحقيقية والمجربة التي تم استخدامها لصنع أولى النباتات المهندسة وراثيًا. كما يحتوي الكتاب على قصص أيام مجد العلماء الذي قاموا بوضع "صناديق الحياة" الخاصة بهم. ومع ذلك فإنه بعد فترة وجيزة بدأت أشعر أن محتويات الكتاب أصبحت قديمة إلى حد ما. فلقد ظهرت الآن تقنيات تحديد تتابعات الحمض النووي الحديثة والعديد من تقنيات التحليل المتطورة إضافة إلى اختراع أدوات تحرير الجينوم (genome) وعلم الأحياء الاصطناعي (synthetic biology) ووضح

تأثير هذه الأدوات على النباتات بشكل عام. كذلك غيرت الحواسيب الآلية مفهوم المهام التي يمكن القيام بها والسرعة تتم بها هذه المهام. لذا فقد عكفت على تحديث الكتاب وظهرت الطبعة الثانية إلى الحياة.

لقد بدأ يساورني تفكير غريب خلال العام الماضي أثناء عملي على الكتاب واستمر هذا الشعور في الطرق على عقلي مثلما تفعل مطرقة جون هنري الثقيلة بمسامير قضبان السكك الحديدية ألا وهو أن أيام التقنية الحيوية الجميلة الخالية لم تكن هي الأفضل على الإطلاق، وأن أكثر الأشياء إمتاعًا لم يتم إنجازها حتى الآن. نعم، من المعروف أن الطفل لا يتعلم المشي إلا مرة واحدة فقط، ولكن علماء التقنية الحيوية يمكنهم الركض الآن وليس السير فقط. لقد بات من الواضح أن أدوات تحرير الجينوم قد مكنت علماء التقنية الحيوية من إعادة تهيئة الجينات المتواجدة في النبات بطرق لم يكن علماء التقنية الحيوية الأوائل يتخيلونها بأي حال من الأحوال. تم مؤخرًا إنشاء كروموسوم كامل ووضعه داخل الخميرة، فكم نحتاج من الوقت حتى يمكن وضع مسار حيوي كامل داخل النبات لجعله يقوم ببعض الأمور التي لم يتم التفكير في إمكانيتها على الإطلاق في الأيام القديمة؟ لذا أصبحت مقتنعًا أن الأيام الأكثر إثارة ومتعة في علم الأحياء والتقنية الحيوية النباتية ستحل عندما يصبح علم الوراثة المعتمد على الحاسب الآلي أكثر نضجًا وأوسع انتشارًا، حيث ستستمر إنتاجية المحاصيل المختلفة في التحسن باستخدام الابتكارات الحديثة مما سيؤدي إلى توفير الطعام ذو القيمة الغذائية العالية للمزيد من الناس. واعتقد أن قراء هذا الكتاب سيكونون من ضمن الذين يشهدون تلك الموجة القادمة من الابتكارات. وهذا هو الجزء الأكثر إمتاعًا بالنسبة لي ألا وهو تحويل المستقبل إلى حقيقة.

تحتوي الطبعة الثانية من هذا الكتاب على كل فصول الطبعة الأولى المُعدلة بعد أن تم تحديثها إضافة إلى بعض الفصول الجديدة في علم أحياء النظم وعلم الأحياء الاصطناعي. كما تم تحديث "صناديق الحياة" الخاصة بعلماء النبات والتقنية الحيوية الذين أحدثوا الفارق في هذا المجال إضافة إلى زيادة عدد العلماء المذكورين. وما زالت العروض التقديمية للمحاضرات متاحة مجانًا للمحاضرين والطلاب من خلال الموقع الإلكتروني (http://plantsciences.utk.edu/pbg/) كما أنه يتم

تحديثها في كل مرة أقوم بتدريس هذا المقرر. في حال وجود أي اقتراحات أو عروض لتطوير محتوى هذا المقرر يرجى التواصل معي لتحديث تلك المحتويات.

أود أن أعبر عن امتناني لمؤلفي فصول الكتاب وكُتَّاب ومؤلفي صندوق الحياة سواء تلك التي أخذت من الطبعة الأولى أو الجديدة منها. كما أشكر كل العاملين في معملي لصبرهم وتحملهم أصناء إعدادي هذا الكتاب، وأخص بالشكر جنيفر هيندز من جامعة تينيسي، حيث قامت بالكثير من العمل في هذا الكتاب لدرجة أنه لا يمكنني حصر ما قامت به من أعمال. فمن المؤكد أنه بدون جنيفر لم أكن لأتم الطبعة الثانية من هذا الكتاب. شكرًا جنيفر، أنت رائعة!

نيل ستيوارت

نوكسفيل، تينيسي

٢١ يونيو ٢٠١٥م

المحتويات
CONTENTS

إهداء المترجمين ..... هـ

شكر وتقدير المترجمين ..... ز

نبذة عن المترجمين ..... ط

مقدمة المترجمين ..... م

مقدمة ..... س

المؤلفون ..... ق

تمهيد ..... ش

الفصل الأول: تأثير التقنية الحيوية على الزراعة النباتية ١

(١,٠) ملخص وأهداف الفصل ١

(١,٠,١) الملخص ١

(١,٠,٢) أسئلة للمناقشة ١

(١,١) المقدمة ٢

(١,٢) استزراع المحاصيل المهندسة وراثيًا ٢

(١,٣) لماذا يستخدم المزارعون المحاصيل المهندسة وراثيًا؟ ٦

(١,٤) تأثير المحاصيل المهندسة وراثيًا على معدلات الإنتاج والاستزراع ١٢

(١,٥) كيف أثر اعتماد التقنية الحيوية على البيئة؟ ١٣
(١,٥,١) الآثار البيئية الناتجة عن التغيرات في استخدام المبيدات الحشرية والعشبية ١٣
(١,٥,٢) التأثير على انبعاث الغازات الدفيئة ١٩
(١,٦) الخلاصة..... ٢٤
صندوق الحياة (١,١). نورمان بورلوج..... ٢٥
صندوق الحياة (١,٢). ماري-ديل تشيلتون ٢٧
صندوق الحياة (١,٣). روبرت فرالي ٣١
المراجع..... ٣٥

الفصل الثاني: الوراثة المندلية وتكاثر النباتات ٣٧
(٢,٠) ملخص وأهداف الفصل..... ٣٧
(٢,٠,١) الملخص..... ٣٧
(٢,٠,٢) أسئلة للمناقشة ٣٨
(٢,١) نظرة عامة على علم الوراثة ٣٨
(٢,٢) الوراثة المندلية ٤٤
(٢,٢,١) قانون انعزال الصفات الوراثية ٤٩
(٢,٢,٢) قانون التوزيع المستقل ٤٩
(٢,٣) الانقسام غير المباشر (الميتوزي) والانقسام الاختزالي (الميوزي) ٥١
(٢,٣,١) الانقسام غير المباشر ٥٣
(٢,٣,٢) الانقسام الاختزالي ٥٥
(٢,٣,٣) ظاهرة العبور..... ٥٦
(٢,٣,٤) التحليل الوراثي الخلوي..... ٥٨
(٢,٣,٥) ملخص الوراثة المندلية والتقنية الحيوية ٥٩
(٢,٤) علم أحياء التكاثر النباتي ٦٠

(١ ,٤ ,٢) تاريخ أبحاث التكاثر النباتي..... ٦٠
(٢ ,٤ ,٢) نظم التزاوج..... ٦١
(٣ ,٤ ,٢) التهجين والتضاعف الكروموسومي ٦٨
(٤ ,٤ ,٢) ملخص نظم التزاوج والتقنية الحيوية..... ٧٢
(٥ ,٢) الخلاصة..... ٧٣
صندوق الحياة (١ ,٢). ريتشارد ديكسون..... ٧٣
صندوق الحياة (٢ ,٢). مايكل أرنولد..... ٧٦
المراجع..... ٨٠

الفصل الثالث: تربية النبات ٨١
(٠ ,٣) ملخص وأهداف الفصل..... ٨١
(١ ,٠ ,٣) الملخص..... ٨١
(٢ ,٠ ,٣) أسئلة للمناقشة ٨١
(١ ,٣) مقدمة ٨٢
(٢ ,٣) المفاهيم الأساسية في تربية النبات..... ٨٥
(١ ,٢ ,٣) الوراثة البسيطة والمعقدة ٨٥
(٢ ,٢ ,٣) الشكل الظاهري والنمط الوراثي ٨٧
(٣ ,٢ ,٣) نظم التزاوج والأصناف والسلالات والخطوط النقية ٨٩
(٤ ,٢ ,٣) موضوعات أخرى في الوراثة الكمية ووراثة العشائر ٩٣
(٥ ,٢ ,٣) تعتمد قيمة أي صنف نباتي على العديد من الصفات ٩٥
(٦ ,٢ ,٣) يجب أن يكون الصنف النباتي متكيف مع البيئة..... ٩٦
(٧ ,٢ ,٣) تربية النبات لعبة أرقام..... ٩٨
(٨ ,٢ ,٣) تربية النبات عملية تكرارية تعاونية..... ٩٩
(٩ ,٢ ,٣) التنوع والتكيف والأنماط المثالية..... ١٠٢

(١٠ , ٢ , ٣) اعتبارات أخرى ١٠٥
(٣ , ٣) أهداف تربية النبات ١٠٦
(٣ , ٤) طرق تربية النبات ١٠٩
(١ , ٤ , ٣) طرق التهجين ١٠٩
(٢ , ٤ , ٣) الأنواع ذاتية التلقيح ١١٠
(٣ , ٤ , ٣) الأنواع خلطية التلقيح ١٢٠
(٤ , ٤ , ٣) الأنواع لا جنسية (نسيلية) التكاثر ١٢٧
(٥ , ٣) تعزيزات التربية ١٢٨
(١ , ٥ , ٣) تضاعف الأفراد أحادية المجموعة الكروموسومية ١٢٨
(٢ , ٥ , ٣) الانتخاب بمساعدة المُعلمات الجزيئية ١٢٩
(٣ , ٥ , ٣) التربية بالطفرات ١٣٢
(٤ , ٥ , ٣) التكاثر البكري ١٣٤
(٦ , ٣) الخلاصة ١٣٥
صندوق الحياة (١ , ٣). جورديف سنج كوش ١٣٥
صندوق الحياة (٢ , ٣). ستيفن باينزيجر ١٣٩
صندوق الحياة (٣ , ٣). ستيفن تانكسلي ١٤٢
المراجع ١٤٥

الفصل الرابع: فسيولوجيا وتطور النبات ١٤٧
(٠ , ٤) ملخص وأهداف الفصل ١٤٧
(١ , ٠ , ٤) الملخص ١٤٧
(٢ , ٠ , ٤) أسئلة للمناقشة ١٤٧
(١ , ٤) الشكل الظاهري والتركيب التشريحي للنبات ١٤٩
(٢ , ٤) تكوين الأجنة وإنبات البذور ١٥١

(١, ٢, ٤) تكوين الأمشاج ١٥١
(٢, ٢, ٤) الإخصاب ١٥٥
(٣, ٢, ٤) تطور الثمرة ١٥٦
(٤, ٢, ٤) تكوين الأجنة ١٥٧
(٥, ٢, ٤) إنبات البذور ١٦٠
(٦, ٢, ٤) التشكل الضوئي ١٦٠
(٣, ٤) الخلايا المرستيمية (الإنشائية) ١٦٣
(١, ٣, ٤) المرستيم القمي الخضري ١٦٤
(٢, ٣, ٤) المرستيم القمي الجذري وتطور الجذور ١٦٦
(٤, ٤) تطور الورقة ١٧٠
(١, ٤, ٤) تركيب الورقة ١٧٠
(٢, ٤, ٤) أنماط تطور الورقة ١٧٣
(٥, ٤) تطور الزهرة ١٧٤
(١, ٥, ٤) الاستحثاث الزهري ١٧٤
(٢, ٥, ٤) تمايز الأعضاء الزهرية ونموذج (أ ب ج) ١٧٦
(٦, ٤) فسيولوجيا الهرمونات النباتية ونقل الإشارة ١٨٠
(١, ٦, ٤) سبعة هرمونات نباتية ودور كل منها ١٨٠
(٢, ٦, ٤) نقل إشارة الهرمونات النباتية ١٨٣
(٧, ٤) الخلاصة ١٩١
صندوق الحياة (١, ٤). ديبورا دلمر ١٩٢
صندوق الحياة (٢, ٤). ناتاشا رايخل ١٩٦
صندوق الحياة (٣, ٤). برندا س. ج. وينكل ١٩٩
المراجع ٢٠٢

الفصل الخامس: زراعة الأنسجة: التحكم في تطور النبات ٢٠٥
(٥,٠) ملخص وأهداف الفصل ٢٠٥
(٥,٠,١) الملخص ٢٠٥
(٥,٠,٢) أسئلة للمناقشة ٢٠٦
(٥,١) مقدمة ٢٠٦
(٥,٢) تاريخ زراعة الأنسجة ٢٠٧
(٥,٣) بيئة وظروف الزراعة ٢٠٨
(٥,٣,١) البيئة الأساسية ٢٠٨
(٥,٣,٢) منظمات النمو ٢١١
(٥,٤) تقنية التعقيم ٢١٥
(٥,٤,١) تنظيف المعدات ٢١٥
(٥,٤,٢) التعقيم السطحي للمستأصل النباتي ٢١٦
(٥,٥) ظروف وأوعية الزراعة ٢١٨
(٥,٦) أنواع المزارع واستخداماتها ٢١٩
(٥,٦,١) مزارع الكالس والأجنة الجسدية ٢١٩
(٥,٦,٢) مزارع المعلق الخلوي ٢٢٢
(٥,٦,٣) مزارع المئبر أو الجراثيم الصغيرة ٢٢٤
(٥,٦,٤) مزارع البروتوبلاست ٢٢٦
(٥,٦,٥) التهجين الجسدي ٢٢٧
(٥,٦,٦) مزارع الأجنة ٢٢٧
(٥,٦,٧) مزارع المرستيمات ٢٢٨
(٥,٧) طرق إعادة توالد النباتات في المزارع ٢٢٨
(٥,٧,١) التعضي ٢٢٩
(٥,٧,٢) تكوين الأجنة الجسدية ٢٣١

(٥ ,٧ ,٣) البذور الصناعية ٢٣٢
(٥ ,٨) تجذير النموات الخضرية ٢٣٢
(٥ ,٩) الأقلمة ٢٣٣
(٥ ,١٠) المشكلات التي قد تواجه مزارع الأنسجة ٢٣٤
(٥ ,١٠ ,١) تلوث المزرعة ٢٣٤
(٥ ,١٠ ,٢) فرط التميه ٢٣٤
(٥ ,١٠ ,٣) تلون المستأصلات النباتية باللون البني ٢٣٥
(٥ ,١١) الخلاصة ٢٣٦
شكر وتقدير ٢٣٦
صندوق الحياة (٥ ,١). جلين برتون كولينز ٢٣٦
صندوق الحياة (٥ ,٢). مارثا س. رايت ٢٣٩
صندوق الحياة (٥ ,٣). فينيثا كاردوزا ٢٤١
المراجع ٢٤٤

الفصل السادس: الوراثة الجزيئية للتعبير الجيني ٢٤٩
(٦ ,٠) ملخص وأهداف الفصل ٢٤٩
(٦ ,٠ ,١) الملخص ٢٤٩
(٦ ,٠ ,٢) أسئلة للمناقشة ٢٥٠
(٦ ,١) الجين ٢٥٠
(٦ ,١ ,١) الدنا يشفر للبروتين من خلال الجينات ٢٥٠
(٦ ,١ ,٢) الدنا كجزيء متعدد النيوكليوتيدات ٢٥١
(٦ ,٢) تكثف الدنا في الكروموسومات في الكائنات حقيقية النواة ٢٥٣
(٦ ,٣) النسخ ٢٥٤
(٦ ,٣ ,١) نسخ الدنا لإنتاج الحمض النووي الريبوزي الرسول ٢٥٤

(٦,٣,٢) عوامل النسخ ٢٦٠
(٦,٣,٣) التنظيم المنسق للتعبير الجيني ٢٦١
(٦,٣,٤) الكروماتين كمنظم لعملية النسخ ٢٦٢
(٦,٣,٥) تنظيم التعبير الجيني بمثيلة الدنا ٢٦٣
(٦,٣,٦) الإسكات الجيني الموجه من قبل جزيئات الرنا الصغيرة ٢٦٥
(٦,٣,٧) المعالجة لإنتاج جزيئات الرنا الرسول الناضجة ٢٦٦
(٦,٤) الترجمة ٢٦٨
(٦,٤,١) بدء الترجمة ٢٧١
(٦,٤,٢) مرحلة استطالة الترجمة ٢٧٢
(٦,٤,٣) إنهاء الترجمة ٢٧٥
(٦,٥) تعديل البروتين بعد الترجمة ٢٧٥
صندوق الحياة (٦,١). مارتين كريسبيلس ٢٧٦
صندوق الحياة (٦,٢). دافيد و. أو ٢٧٩
المراجع ٢٨٤

الفصل السابع: علم أحياء الأنظمة النباتية ٢٨٥
(٧,٠) ملخص وأهداف الفصل ٢٨٥
(٧,٠,١) الملخص ٢٨٥
(٧,٠,٢) أسئلة للمناقشة ٢٨٦
(٧,١) مقدمة ٢٨٦
(٧,٢) تعريف علم أحياء الأنظمة النباتية ٢٨٩
(٧,٣) خصائص الأنظمة النباتية ٢٩٠
(٧,٤) إطار عمل علم أحياء الأنظمة النباتية ٢٩٣
(٧,٤,١) مجموعات البيانات الكمية الشاملة ٢٩٤

(٢ ,٤ ,٧) تحليل الشبكات ٢٩٥
(٣ ,٤ ,٧) النمذجة الديناميكية ٢٩٦
(٤ ,٤ ,٧) استكشاف النظم والنماذج بهدف التحسين ٢٩٦
(٥ ,٧) تخصصات وأدوات علم أحياء الأنظمة النباتية ٢٩٧
(١ ,٥ ,٧) علم دراسة الجينوم النباتي ٢٩٧
(٢ ,٥ ,٧) علم دراسة المحتوى النسخي النباتي ٣٠٤
(٣ ,٥ ,٧) علم دراسة المحتوى البروتيني النباتي ٣٠٨
(٤ ,٥ ,٧) علم دراسة المحتوى الأيضي النباتي ٣١٢
(٥ ,٥ ,٧) المعلوماتية الحيوية ٣١٦
(٦ ,٧) الخلاصة ٣٢٣
صندوق الحياة (١ ,٧). روبين بويل ٣٢٤
صندوق الحياة (٢ ,٧). زنبياو يانج ٣٢٧
المراجع ٣٢٩

الفصل الثامن: الدنا المؤتلف وتصميم النواقل والبناء ٣٣١
(٠ ,٨) ملخص وأهداف الفصل ٣٣١
(١ ,٠ ,٨) الملخص ٣٣١
(٢ ,٠ ,٨) أسئلة للمناقشة ٣٣٢
(١ ,٨) تعديل الدنا ٣٣٢
(٢ ,٨) نواقل الدنا ٣٣٩
(١ ,٢ ,٨) نواقل الدنا للهندسة الوراثية النباتية ٣٤١
(٢ ,٢ ,٨) مكونات التعبير الجيني الفعال داخل النبات ٣٤٤
(٣ ,٨) المتطلبات العظمى تقود للإبداع والاختراع ٣٤٨
(١ ,٣ ,٨) إستراتيجيات الاستنساخ "الحديثة" ٣٥٠

(٨,٤) تصميم النواقل ٣٥٧
(٨,٤,١) نواقل التحليل الوظيفي عالي الإنتاجية ٣٥٧
(٨,٤,٢) نواقل خفض التعبير الجيني باستخدام تداخل الرنا المتداخل ٣٦٠
(٨,٤,٣) نواقل التعبير الجيني ٣٦١
(٨,٤,٤) نواقل تحليل البوادئ ٣٦٢
(٨,٤,٥) النواقل المشتقة من التتابعات النباتية ٣٦٢
(٨,٤,٦) نواقل الصفات متعددة الجينات ٣٦٧
(٨,٥) إدخال الجينات المنقولة المستهدف ٣٦٨
(٨,٦) الآفاق المستقبلية ٣٦٩
صندوق الحياة (٨,١). واين باروت ٣٧١
صندوق الحياة (٨,٢). دافيد مان ٣٧٣
المراجع ٣٧٦

الفصل التاسع: الجينات والصفات ذات الأهمية ٣٧٩
(٩,٠) ملخص وأهداف الفصل ٣٧٩
(٩,٠,١) الملخص ٣٧٩
(٩,٠,٢) أسئلة للمناقشة ٣٧٩
(٩,١) مقدمة ٣٨٠
(٩,٢) تحديد الجينات المهمة من خلال تقنيات علم دراسة الجينوم وغيره من علوم
الأوميكس ٣٨١
(٩,٣) تعديل الصفات النباتية وراثيًا لتحسين الإنتاجية ٣٨٥
(٩,٣,١) مقاومة مبيدات الحشائش ٣٨٦
(٩,٣,٢) مقاومة الحشرات ٣٩٢
(٩,٣,٣) مقاومة الممرضات ٣٩٧

(٤, ٣, ٩) صفات تحسين المنتجات وجودة الغذاء ٤٠٠
(٤, ٩) الخلاصة..... ٤١٠
صندوق الحياة (١, ٩). دينيس جونزالفيس ٤١١
صندوق الحياة (٢, ٩). إنجو بوتريكس..... ٤١٤
المراجع..... ٤١٩

الفصل العاشر: البوادئ والجينات المُعلمة ٤٢١
(٠, ١٠) ملخص وأهداف الفصل ٤٢١
(١, ٠, ١٠) الملخص..... ٤٢١
(٢, ٠, ١٠) أسئلة للمناقشة ٤٢٢
(١, ١٠) مقدمة ٤٢٢
(٢, ١٠) البوادئ..... ٤٢٤
(١, ٢, ١٠) البوادئ التأسيسية ٤٢٦
(٢, ٢, ١٠) البوادئ المحددة بالنسيج ٤٢٧
(٣, ٢, ١٠) البوادئ المستحثة ٤٢٩
(٤, ٢, ١٠) البوادئ الاصطناعية ٤٣٢
(٣, ١٠) الجينات المُعلمة ٤٣٦
(١, ٣, ١٠) الجينات المُعلمة القابلة للانتخاب..... ٤٣٧
(٢, ٣, ١٠) الجينات المراسلة ٤٤٧
(٤, ١٠) الإستراتيجيات الخالية من المُعلمات ٤٥٦
(٥, ١٠) الخلاصة..... ٤٦٠
صندوق الحياة (١, ١٠). فريدي ألتبيتر ٤٦٢
صندوق الحياة (٢, ١٠). تانيا دهيلون ٤٦٥
المراجع..... ٤٦٨

الفصل الحادي عشر: إنتاج النباتات المهندسة وراثيًا ٤٧٣
(١١,٠) ملخص وأهداف الفصل ٤٧٣
(١١,٠,١) الملخص ٤٧٣
(١١,٠,٢) أسئلة للمناقشة ٤٧٤
(١١,١) نظرة عاملة على الهندسة الوراثية للنبات ٤٧٤
(١١,١,١) مقدمة ٤٧٤
(١١,١,٢) المكونات الأساسية لنقل الجينات بنجاح إلى الخلايا النباتية ٤٧٥
(١١,٢) بكتيريا التدرن التاجي ٤٨٠
(١١,٢,١) تاريخ بكتيريا التدرن التاجي البحثي ٤٨١
(١١,٢,٢) استخدام عملية انتقال جزيء الدنا المنقول في الهندسة الوراثية ٤٨٤
(١١,٢,٣) تحسين إدخال الدنا للخلايا وتوسيع النطاق التصنيفي للأنواع المستهدفة .. ٤٨٦
(١١,٢,٤) توافق السلالة البكتيرية والصنف النباتي ٤٨٨
(١١,٢,٥) تسريب بكتيريا التدرن التاجي ٤٩٠
(١١,٢,٦) غمس أزهار نبات الأرابيدوبسيس (Clough and Bent 1998) ٤٩٠
(١١,٣) قاذف الجينات ٤٩٢
(١١,٣,١) تاريخ قاذف الجينات ٤٩٢
(١١,٣,٢) مصير الدنا المنقول إلى الخلايا النباتية ٤٩٥
(١١,٣,٣) مزايا وعيوب إدخال الدنا المباشر ٤٩٧
(١١,٣,٤) تطورات التحكم في التعبير عن الجينات المنقولة ٤٩٨
(١١,٤) طرق الهندسة الوراثية الأخرى ٤٩٩
(١١,٤,١) الحاجة إلى تقنيات إضافية ٤٩٩
(١١,٤,٢) الجبلات المجردة (البروتوبلاست) ٥٠٠
(١١,٤,٣) التثقيب لكهربائي للأنسجة الكاملة ٥٠٢
(١١,٤,٤) شعيرات كربيد السيليكون ٥٠٢

(٥, ٤, ١١) النواقل الفيروسية ٥٠٣
(٦, ٤, ١١) البزل الجهري الليزري ٥٠٣
(٧, ٤, ١١) مصفوفات الألياف متناهية الصغر (النانوية)..... ٥٠٤
(٥, ١١) الاندفاع إلى النشر ٥٠٥
(١, ٥, ١١) التقارير المثيرة للجدل في مجال الهندسة الوراثية النباتية ٥٠٥
(٢, ٥, ١١) المعايير الواجب اعتبارها عند الحكم على طرق الهندسة الوراثية الجديدة... ٥١٣
(٦, ١١) نظرة مستقبلية..... ٥١٧
صندوق الحياة (١, ١١). تيد كلاين..... ٥١٧
صندوق الحياة (٢, ١١). دون فاينر..... ٥١٩
صندوق الحياة (٣, ١١). كان وانج ٥٢٢
المراجع..... ٥٢٦

الفصل الثاني عشر: تحليل النباتات المهندسة وراثيًا ٥٢٩
(٠, ١٢) ملخص وأهداف الفصل ٥٢٩
(١, ٠, ١٢) الملخص..... ٥٢٩
(٢, ٠, ١٢) أسئلة للمناقشة ٥٣٠
(١, ١٢) العناصر الأساسية لتحليل النباتات المهندسة وراثيًا ٥٣٠
(٢, ١٢) اختبارات الهندسة الوراثية وعدد نسخ الجين المدخلة والانعزال ٥٣٢
(١, ٢, ١٢) تفاعل البلمرة المتسلسل..... ٥٣٢
(٢, ٢, ١٢) تفاعل البلمرة المتسلسل الكمي..... ٥٣٣
(٣, ٢, ١٢) اللطخة الجنوبية (لطخة الدنا) ٥٣٦
(٤, ٢, ١٢) تحليل الانعزال في الأجنة ٥٤١
(٣, ١٢) التعبير عن الجين المنقول ٥٤٢
(١, ٣, ١٢) وفرة المنسوخ ٥٤٢

(١٢,٣,٢) وفرة البروتين ٥٤٥
(١٢,٤) التحليل بخفض التعبير الجيني أو استبعاده عوضًا عن التعبير الجيني الزائد ٥٤٦
(١٢,٥) العلاقة بين التحليل الجزيئي والشكل الظاهري ٥٤٧
صندوق الحياة (١٢,١). هونج س. مون ٥٤٩
صندوق الحياة (١٢,٢). نيل ستيوارت ٥٥١
صندوق الحياة (١٢,٣). نانسي أ. ريتشرت ٥٥٤
المراجع ٥٥٨

الفصل الثالث عشر: اللوائح التنظيمية والسلامة الحيوية ٥٥٩
(١٣,٠) ملخص وأهداف الفصل ٥٥٩
(١٣,٠,١) الملخص ٥٥٩
(١٣,٠,٢) أسئلة للمناقشة ٥٥٩
(١٣,١) مقدمة ٥٦٠
(١٣,٢) تاريخ الهندسة الوراثية وتنظيمها ٥٦٢
(١٣,٣) تنظيم النباتات المهندسة وراثيًا ٥٦٨
(١٣,٣,١) التقنيات الحديثة ٥٧٠
(١٣,٣,٢) الوكالات واللوائح التنظيمية الأمريكية ٥٧٢
(١٣,٣,٣) الإتحاد الأوروبي ٥٧٧
(١٣,٣,٤) كندا ٥٨١
(١٣,٣,٥) وجهات النظر الدولية ٥٨١
(١٣,٤) العيوب التنظيمية والافتراضات غير الصحيحة ٥٨٥
(١٣,٤,١) تربية النبات التقليدية أكثر سلامة من التعديل الوراثي بالتقنية الحيوية ٥٨٦
(١٣,٤,٢) يجب تنظيم الكائنات المهندسة وراثيًا لأنها معدلة وغير طبيعية ٥٨٧
(١٣,٤,٣) على الرغم من أهمية المخاطرة بالمنتج، من المنطقي استناد التنظيم إلى العملية

(التعديل الوراثي)..... ٥٨٧
(٤, ٤, ١٣) نظرًا لحداثتها، قد تكون تقنية التعديل الوراثي خطرة ويجب تنظيمها ٥٨٩
(٥, ٤, ١٣) إذا وجد اختبار علمي صالح ينبغي استخدامه في اللوائح التنظيمية ٥٨٩
(٦, ٤, ١٣) الوقاية خير من العلاج: الإفراط في التنظيم أفضل من نقصه..... ٥٩٠
(٥, ١٣) الخلاصة..... ٥٩١
صندوق الحياة (١, ١٣). آلان ماكوجين ٥٩٣
صندوق الحياة (٢, ١٣). ريموند د. شيليتو ٥٩٦
المراجع..... ٦٠٠

الفصل الرابع عشر: اختبار النباتات المهندسة وراثيًا حقليًا..... ٦٠٣
(٠, ١٤) ملخص وأهداف الفصل ٦٠٣
(١, ٠, ١٤) الملخص..... ٦٠٣
(٢, ٠, ١٤) أسئلة للمناقشة ٦٠٤
(١, ١٤) مقدمة ٦٠٤
(٢, ١٤) عملية تقييم الأخطار البيئية..... ٦٠٥
(١, ٢, ١٤) التقييم المبدئي (الخطوة الأولى) ٦٠٦
(٢, ٢, ١٤) صياغة المشكلة (الخطوة الثانية) ٦٠٦
(٣, ٢, ١٤) التجارب الخاضعة للرقابة وجمع المعلومات (الخطوة الثالثة) ٦٠٧
(٤, ٢, ١٤) تقييم الأخطار (الخطوة الرابعة) ٦٠٧
(٥, ٢, ١٤) التقدم من خلال تقييم الأخطار المتدرج (الخطوة الرابعة) ٦٠٧
(٣, ١٤) مثال على تقييم الأخطار: حالة الذرة المنتجة لسموم بكتيريا الينابيع الحارة
العصوية..... ٦٠٩
(١, ٣, ١٤) تأثير حبوب لقاح الذرة المنتجة لسموم بكتيريا الينابيع الحارة العصوية على
اليرقات غير المستهدفة ٦١١

(١٤,٣,٢) التحليل الإحصائي وأهميته للتنبؤ بالآثار السلبية المحتملة على الفراشات . ٦١٤
(١٤,٤) إثبات السلامة مقابل إثبات الخطر ٦١٧
(١٤,٥) نمذجة آثار الخطر على نطاق أوسع..... ٦١٧
(١٤,٦) إثبات الفوائد: الأداء المحصولي..... ٦١٨
(١٤,٧) الخلاصة..... ٦٢١
صندوق الحياة (١٤,١). توني شيلتون..... ٦٢١
صندوق الحياة (١٤,٢). ديتليف دبارتش ٦٢٤
المراجع..... ٦٢٨

الفصل الخامس عشر: الملكية الفكرية في التقنية الحيوية الزراعية: إستراتيجيات الوصول المفتوح..... ٦٢٩
(١٥,٠) ملخص وأهداف الفصل ٦٢٩
(١٥,٠,١) الملخص..... ٦٢٩
(١٥,٠,٢) أسئلة للمناقشة ٦٣٠
(١٥,١) الملكية الفكرية والتقنية الحيوية الزراعية ٦٣٠
(١٥,١,١) ما هي الملكية الفكرية؟..... ٦٣٣
(١٥,١,٢) ما هي براءة الاختراع؟..... ٦٣٣
(١٥,٢) العلاقة بين الملكية الفكرية والبحوث الزراعية..... ٦٣٧
(١٥,٣) براءات اختراع التقنية الحيوية: هل تم تطوير مناهضة المشاعات؟ ٦٣٨
(١٥,٣,١) طرق الهندسة الوراثية..... ٦٣٩
(١٥,٣,٢) الجينات المُعلمة القابلة للانتخاب..... ٦٤٢
(١٥,٣,٣) البوادئ ٦٤٢
(١٥,٣,٤) الموضعة في أجزاء الخلية (التموضع تحت الخلوي)..... ٦٤٤
(١٥,٣,٥) أهمية دمج المكونات المحمية بالملكية الفكرية في المحاصيل المهندسة وراثيًا . ٦٤٤

(١٥ ,٤) ما هي حرية العمل؟ ٦٤٥
(١٥ ,٤ ,١) أهمية حرية العمل ٦٤٥
(١٥ ,٤ ,٢) دراسة حالة لحرية العمل: بادئ الطماطم إي٨ ..... ٦٤٦
(١٥ ,٥) إستراتيجيات الوصول المفتوح ٦٥٠
(١٥ ,٦) الخلاصة ٦٥٣
صندوق الحياة (١٥ ,١). آلان بينيت ٦٥٤
صندوق الحياة (١٥ ,٢). مود هينشي ٦٥٦
المراجع ٦٥٩

الفصل السادس عشر: لماذا تعتبر النباتات المهندسة وراثيًا مثيرة للجدل؟ ٦٦٥
(١٦ ,٠) ملخص وأهداف الفصل ٦٦٥
(١٦ ,٠ ,١) الملخص ٦٦٥
(١٦ ,٠ ,٢) أسئلة للمناقشة ٦٦٦
(١٦ ,١) مقدمة ٦٦٦
(١٦ ,١ ,١) خلفية فرانكنشتاين ٦٦٧
(١٦ ,١ ,٢) الابتكارات والأسئلة الزراعية ٦٦٨
(١٦ ,٢) تصورات الأخطار ٦٧٠
(١٦ ,٣) الاستجابة للمخاوف ٦٧٤
(١٦ ,٤) تغذية الخوف: دراسات حالات ٦٧٧
(١٦ ,٤ ,١) بطاطا بوزتاي ٦٧٧
(١٦ ,٤ ,٢) رفرفة أجنحة الفراشة الملكية ٦٧٨
(١٦ ,٥) كم عدد المنافع الكافية؟ ٦٨٠
(١٦ ,٦) المناظرات المستمرة ٦٨٣
(١٦ ,٦ ,١) العملية أم المنتج ٦٨٣

(١٦,٦,٢) المخاوف الصحية ٦٨٤
(١٦,٦,٣) المخاوف البيئية ٦٨٥
(١٦,٦,٤) اختيار المستهلك ٦٨٦
(١٦,٧) الأعمال التجارية والتحكم ٦٨٦
(١٦,٨) الخلاصة ٦٨٨
صندوق الحياة (١٦,١). توني كونر ٦٨٩
صندوق الحياة (١٦,٢). تشاناباتنا س. براكاش ٦٩٢
المراجع ٦٩٧

الفصل السابع عشر: المستقبل: التقنية الحيوية النباتية المتقدمة وتحرير الجينوم وعلم الأحياء الاصطناعي ٦٩٩
(١٧,٠) ملخص وأهداف الفصل ٦٩٩
(١٧,٠,١) الملخص ٦٩٩
(١٧,٠,٢) أسئلة للمناقشة ٧٠٠
(١٧,١) مقدمة: ميلاد تقنية علم الأحياء الاصطناعي ٧٠٠
(١٧,٢) تعريف علم الأحياء الاصطناعي النباتي ٧٠٣
(١٧,٢,١) دورات تصميم علم الأحياء الاصطناعي ٧٠٤
(١٧,٢,٢) أسس علم الأحياء الاصطناعي ٧٠٥
(١٧,٢,٣) مكونات علم الأحياء الاصطناعي النباتي ٧٠٨
(١٧,٣) الأدوات التمكينية لعلم الأحياء الاصطناعي النباتي ٧٠٩
(١٧,٣,١) التصميم بمساعدة الحاسوب ٧١٠
(١٧,٣,٢) البوادئ الاصطناعية ٧١٠
(١٧,٣,٣) التحرير الدقيق للجينوم ٧١١
(١٧,٤) التطبيقات النباتية لعلم الأحياء الاصطناعي ٧٢٠

(١ , ٤ , ١٧) البوادئ الاصطناعية القابلة للحث ٧٢٠
(٢ , ٤ , ١٧) جهاز مراقبة هدم إندول حمض الخليك المحفز بواسطة الأوكسين
في الخميرة ٧٢٢
(٣ , ٤ , ١٧) دوائر الاستشعار النباتي للمتفجرات أو الممرضات البكتيرية في النباتات
المهندسة وراثيًا ٧٢٣
(٥ , ١٧) الخلاصة ٧٢٥
صندوق الحياة (١ , ١٧). جوشوا يوان ٧٢٦
صندوق الحياة (٢ , ١٧). وشينج ليو ٧٢٨
المراجع ٧٣٠
ثبت المصطلحات ٧٣٣
أولًا: عربي – إنجليزي ٧٣٣
ثانيًا: إنجليزي – عربي ٧٤٩
كشاف الموضوعات ٧٦٥