بسم الله الرحمن الرحيم

التقنية الحيوية للحشرات

تحرير

أندرياس فلسينسكاس

ترجمة

د. أشرف محمد علي مشالي

قسم علم الحيوان - كلية العلوم

جامعة الملك سعود

دار جامعة الملك سعود للنشر

ص ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ⓒ دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٣٥هـ (٢٠١٣م)

هذه ترجمة عربية مصرح بها من مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Insect Biotechnology
By: Andreas Vilcinskas
© Springer, 2010

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

فلسينسكاس، أندرياس

التقنية الحيوية للحشرات . / أندرياس فلسينسكاس؛ أشرف محمد علي مشالي – الرياض، ١٤٣٥هـ

٣٠٨ ص؛٢١×٢٨ سم

ردمك: ٣-٢٤٠-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

١-الحشرات أ. مشالي، أشرف محمد علي (مترجم) ب. العنوان

ديوي ٧, ٥٩٥ ١٣١٣/ ١٤٣٥

رقم الإيداع: ١٣١٣/ ١٤٣٥

ردمك: ٣-٢٤٠-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره في اجتماعه الثاني للعام الدراسي ١٤٣٤/ ١٤٣٥هـ المعقود بتاريخ ١٠/ ١١/ ١٤٣٤هـ الموافق ١٦/ ٩/ ٢٠١٣م

دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٣٥هـ

شكر وتقدير

قَالَ تَعَالَىٰ: ﴿ وَقُلِ ٱعۡمَلُواْ فَسَيَرَى ٱللَّهُ عَمَلَكُمۡ وَرَسُولُهُۥ وَٱلۡمُؤۡمِنُونَۖ ﴾ التوبة: ١٠٥

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ولا يطيب النهار إلا بطاعتك .. ولا تطيب اللحظات إلا بذكرك .. ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك .. ولا تطيب الجنة إلا برؤيتك ... **الله جل جلاله**

إلى من بلّغ الرسالة وأدى الأمانة .. ونصح الأمة .. إلى نبي الرحمة ونور العالمين ... **سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم**

إلى من جرع الكأس فارغاً ليسقيني قطرة حب... إلى من كلّت أنامله ليقدم لنا لحظة سعادة ... إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم ... إلى من أفتقده منذ سنوات ... **والدي**

إلى من أرضعتني الحب والحنان ... إلى رمز الحب وبلسم الشفاء ... إلى القلب الناصع بالبياض ... **والدتي**

إلى رياحين حياتي ... إلى من برفقتهم في دروب الحياة الحلوة والحزينة سرت ... إلى من كانوا معي على طريق النجاح والخير ... **زوجتي وأولادي (مهند، مروان، مرام)**

إلى من تميزوا بالوفاء والعطاء ... إلى من عرفت كيف أجدهم وعلموني أن لا أضيعهم ... **إخوتي**

إلى من لهم الفضل بإرشادي إلى طريق العلم والمعرفة ... **أساتذتي**

كما يسرني أن أتقدم بالشكر الجزيل إلى العاملين في مركز الترجمة بجامعة الملك سعود وفي مقدمتهم سعادة الأستاذ الدكتور / مدير المركز على إتاحتهم لي هذه الفرصة لأدلي بسهمي في تعريب العلوم وعلى كل ما بذلوه من جهد في سبيل تحقيق ذلك إلى أن وفقني الله لإنجازه.

خالص الشكر إلى من قاموا بتحكيم هذا الكتاب على ما بذلوه من مجهود ملحوظ أثروا به هذا العمل.

كما لا يفوتني أن أتقدم بالشكر إلى كل من ساعدني في ذلك بنصح أو توجيه أو تشجيع أثناء قيامي بهذه الترجمة.

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين

مقدمة المترجم

أحمد الله تعالى القائل ﴿ وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى ٱلنَّحْلِ أَنِ ٱتَّخِذِى مِنَ ٱلْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ ٱلشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ ﴿٦٨﴾ ثُمَّ كُلِى مِن كُلِّ ٱلثَّمَرَٰتِ فَٱسْلُكِى سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا ۚ يَخْرُجُ مِنۢ بُطُونِهَا شَرَابٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَٰنُهُۥ فِيهِ شِفَآءٌ لِّلنَّاسِ ۗ إِنَّ فِى ذَٰلِكَ لَءَايَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴾ (سورة: النحل، ٦٨ و٦٩).

لقد وجدت التقنية الحيوية منذ آلاف السنين. ولعلها ظهرت حين بدأ أجدادنا باستخدام الكائنات الدقيقة لتحضير الخبز والجبن. وانتقلت هذه التقنية إلى مرحلة علمية بدرجة أكبر في ستينيات القرن التاسع عشر حين شرع كل من باستور في أعماله في ميدان الكائنات الدقيقة ومنديل في ميدان مورثات النباتات؛ وأدى العمل الرائد الذي قاما به في بداية القرن العشرين إلى الانتقاء الخاضع إلى المراقبة واختبارات الاستيلاد، وإلى إنتاج المحاصيل والأصناف الحيوانية والأجناس والهجينات إنتاجًا تجاريًّا بعد مرور ٥٠ سنة. ومنذ تلك الفترة بدأ عصر التقنية الحيوية الحديثة التي مهدت التقدم المحرز في ميدان زراعة الخلايا في الأنابيب واستخدام التقنيات الجزيئية على حد سواء بغية تعريف المورثات.

وعرفت التقنية الحيوية بمفهومها الحديث على أنها استخدام تقنيات على المستوى الجزيئي عادة أو على المستوى الخلوي أو على مستوى العضيات الخلوية وذلك لتحوير النظم الحيوية بهدف إنتاج أو تحسين طريقة إنتاج منتج ما أو بهدف أداء وظيفة معينة. وعادة يعتمد التحوير على المستوى الجزيئي على نقل مورثات معينة للحصول على ناتج جديد في الخلية أو تعطيل مورثات معينة لتأخير أو منع إنتاج بروتينات معينة في الخلية. وتستخدم تقنية الحامض النووي المعاد الاتحاد لإجراء هذه التحويرات.

مما لا شك فيه أن التقدم الهائل في مجال التقنية الحيوية وعدم وجود مراجع باللغة العربية في مجال التقنية الحيوية للحشرات هو الدافع للبدء في ترجمة هذا الكتاب وذلك ليكون بين يدي القارئ العربي وليساعد العاملين في مجال التقنية الحيوية وليساعد أيضا طلاب الدراسات العليا وطلاب مرحلة البكالوريوس في فهم إمكانية استخدام الحشرات في التقنية الحيوية.

يتكون الكتاب من ثلاثة أجزاء، في الجزء الأول يركز الكتاب على استخدام الحشرات أو الخلايا والجزيئات المشتقة من الحشرات في الرعاية الصحية البشرية والجزء الثاني من الكتاب يعالج إدخال التقنية الحيوية للحشرات في الأساليب الحديثة والمستدامة في مجال حماية النباتات أما الجزء الثالث من الكتاب فيتطرق للتطبيقات الصناعية للحشرات أو للخلايا أو الجزيئات المستمدة من الحشرات.

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.

المترجم

مقدمة المحرر

برزت فكرة نشر هذا الدليل الخاص عن أحدث التطبيقات والتحديات والاتجاهات المستقبلية في مجال علم الحشرات التطبيقي عام ٢٠٠٧م خلال المؤتمر الأول حول التقنية الحيوية للحشرات والصناعة (IBICI) بمدينة تيجو (كوريا)، والذي نظمته جمعية علم الحشرات الكورية. فالتطورات السريعة ومتعددة الأوجه في استخدام الحشرات أو مشتقاتها في العمليات الطبية والزراعية والصناعية لصالح الإنسان تدعو إلى توفير دليل شامل يزودنا بالمعلومات حول المبادئ الأساسية لكل تقنية والتي تمتلك إمكانات اقتصادية كبرى محتملة. ومن الممكن تعريف التقنية الحيوية للحشرات بأنها استخدام الحشرات والخلايا أو الجزيئات المشتقة منها في التطبيقات الطبية (التقنية الحيوية الحمراء)، أو الزراعية (التقنية الحيوية الخضراء)، أو الصناعية (التقنية الحيوية البيضاء) أو أية تطبيقات تقنية أخرى، مثل البيولوجيا الإلكترونية (Bionics) التي تركز في التحويل المنتظم للحلول من الطبيعة إلى العالم التقني. كما تشمل التقنية الحيوية طائفة واسعة من التطبيقات التي تتمايز بمعرفات لونية معروفة، "فالتقنية الحيوية الزرقاء" – مثلا – تشير إلى التطبيق التقني للكائنات البحرية لإنتاج الغذاء أو مستحضرات التجميل أو الأدوية أو المواد الجديدة. وبالقياس، أقترح هنا استخدام المصطلح البديل "التقنية الحيوية الصفراء" عند استخدام الحشرات أو الخلايا أو الجزيئات المشتقة منها في التطبيقات الطبية والصيدلانية والزراعية والصناعية؛ لأن معرفات الألوان لا تشمل حتى الآن اللون الأصفر، حيث إن لون اللمف الدموي في الحشرات غالبا ما يكون ذا لون أصفر.

إن التقدم الملحوظ في مجال التقنية الحيوية للحشرات يقوم فى الأساس على الاكتشافات العلمية في مجال البيولوجيا الجزيئية، وخاصة بتطور الأدوات والتقنيات التي تسمح بالتوصيف والهندسة الوراثية للكائنات الحية والخلايا. إن تقنية استخدام الحشرات لإنتاج الغذاء أو الأشياء الثمينة ليست بالشيء الجديد، ولكنها تقليد معروف في العديد من الثقافات البشرية، فالاستخدام طويل الأمد لبعض أنواع الحشرات، مثل عثة الحرير أو النحل، لصالح الإنسان قد أدى في النهاية إلى تدجينها بصورة تشبه تدجين الثدييات المستأنسة، مثل الأبقار والأغنام والإبل. وحقيقة، فإن إنتاج الحرير بواسطة يرقات غزل الشرانق من دودة الحرير *Bombyx mori* بدأ في آسيا منذ أكثر من ٥٠٠٠ عام مضت، ثم تطور من عمل تقليدي إلى تقنية صناعية عندما تم التوسع في استخدام الحرير فيما هو أبعد من استخدام المادة الخام لتصنيع الملابس، ليشمل تطبيقها في تصنيع منتجات عالية التقنية، مثل المظلات أو السترات المضادة للرصاص. وقد تم استغلال النحل كمصدر للعسل أو الشمع لقرون عدة. ونظراً للاستخدام التقليدي للحشرات في البلدان الآسيوية، والتي لا تزال المنتج الأكبر للحرير والعسل، والتنافس الناشئ بينها

في تطوير التقنية الحيوية للحشرات كمجال عالي الربحية أمر غير مستغرب. فقد ظهر التنافس، مثلا، بين الصين واليابان حيث بدآ بصورة مستقلة في تحديد تسلسل المادة الوراثية لدودة الحرير (*B. mori*)، اندمجت كلتا الحملتين لاحقاً مما نتج عنه النجاح في توصيف أول جينوم من عائلة حرشفية الأجنحة.

إلا أنه بناءً على خبراتنا، قد تنجح الحشرات في إثارة تداعيات سلبية، لأنها تقريبا أهم المنافسين للبشر على الغذاء. وقد عانت البشرية طوال تاريخها من التهديد الذي فرضته الحشرات تجاه الإنتاج الزراعي وتخزين المواد الغذائية، حيث تجلى ذلك في أسراب الجراد كإحدى الابتلاءات السبع المذكورة في التوراة إضافة إلى ذلك، فقد كانت الحشرات وما تزال أهم ناقل للأمراض التي تصيب الإنسان، مثل الطاعون والملاريا، ولذا فهي مسؤولة بشكل غير مباشر عن وفاة مائة مليون شخص سنويًّا. وبالتالي، فإن البحوث السابقة في مجال علم الحشرات التطبيقي قد ركزت أساسًا في تطوير إستراتيجيات وتقنيات لقتل الحشرات بصورة فعالة. وحتى تم الإدراك بأن الحشرات آكلة الحشرات أو الطفيليات تعد حليفًا هامًّا في مكافحة الآفات أو الحشرات الناقلة للأمراض وأن الحشرات المفيدة الأخرى، مثل النحل، تلعب دورا اقتصاديًّا هامًّا كملقحات، فقد اتضح أن الأساليب المستدامة والصديقة للبيئة تتطلب توافر إجراءات انتقائية لمكافحة الحشرات. إن استهداف الآفات أو الحشرات الناقلة للأمراض قد أصبح قابلاً للتخيل، حيث إن الاكتشافات العلمية في مجال البيولوجيا الجزيئية، مثل تكنولوجيا تداخل الحمض النووي (RNA)، يمكن الجمع بينها وبين المعرفة الموسعة حول جينوم الحشرات. ومع كتابة الفصول التي يضمها هذا الكتاب عام ٢٠٠٩م، كان هناك ٥٠ مشروعًا مكتملا أو قيد التنفيذ لتوصيف جينوم الحشرات. وربما تنتج كل هذه الأنشطة في المستقبل محاصيل ذات حمض نووي ثنائي السلسلة (double-stranded RNA) كوسيط في عملية إسكات الجينات الأساسية في آفات الحشرات دون عرقلة الكائنات الحية غير المستهدفة. وقد ثبت أيضًا أن الأساليب الأخرى، مثل تقنيات استخدام الحشرات المعدلة وراثيًّا (insect transgenesis) أو الحشرات العقيمة توفر أدوات متطورة بديلة لمكافحة الحشرات الناقلة والآفات. إن المعرفة المتنامية وسريعة الانتشار حول الأساليب المبتكرة التي تتوافق مع تعريف التقنية الحيوية للحشرات المحدد أعلاه تحتاج بوضوح إلى التنظيم والتبيان الشامل في كتاب دراسي. ولأننا ندرك أن العلماء الرواد في تخصصاتهم هم القادرون فقط على تقديم المعرفة حول أحدث التطورات التقنية في المجالات المختلفة للتكنولوجيا الحيوية للحشرات والتقنيات الحديثة المناظرة، فكل من الناشر والمحرر على اقتناع تام بأن المؤلفين المختارين لكل فصل قد عالجوا بشكل سليم القضايا الحيوية في هذا المجال.

ويركز الجزء الأول من الكتاب على استخدام الحشرات أو الخلايا والجزيئات المشتقة من الحشرات في الرعاية الصحية البشرية، فالحشرات مثل يرقات عثة الشمع الكبيرة *Galleria mellonella* قد تحل بصورة فعالة محل أنماط الثدييات المضيفة لأنها أرخص في التربية وأكثر قبولا من الناحية الأخلاقية، بينما الحشرات الأخرى، مثل ذبابة الفاكهة *Drosophila*، فهي مخصصة لدراسة الآليات الجزيئية لأمراض بشرية كالربو. إن استخدام الحشرات في "التقنية الحيوية الحمراء" يمكن أن يتوسع إلى ما هو أبعد من استخدامها كعوائل أو كنماذج لكائنات حية سهلة التعديل جينيًّا، لتشمل قيمتها كمصدر لمركبات جديدة ذات إمكانات علاجية. وقد تم تسليط الضوء على أحد التطبيقات المذهلة للحشرات في الطب في فصل يشرح تطور الاستخدام التقليدي ليرقات الذباب في علاج الجروح المزمنة/غير القابلة للعلاج، إلى الأساليب الحالية الهادفة إلى تحديد الجزيئات المشتقة من يرقات الذباب ذات الإمكانات العلاجية لتوليد نظائر تركيبية لاستخدامها في الجراحات الحيوية (biosurgery). وتمثل الحشرات المجموعة الأكثر

نجاحا بين الكائنات الحية على الأرض فيما يتعلق بالتنوع الحيوي، وقد يمتد تنوعها الهائل على مستوى الأنواع ليشمل المستوى الجزيئي. وبمراعاة أن العديد من الجزيئات النشطة حيويًّا التي تم تحديدها في الحشرات تنشأ من كائنات حية دقيقة مرتبطة، فإن تنوع المركبات المشتقة من الحشرات هو افتراضياً أعلى منها كثيراً في الترتيب. ولذا فقد تم دمج فصلين يركزان على الجزيئات ذات الإمكانات العلاجية والتي تنتجها إما المتكافلات الجرثومية وإما مسببات الأمراض من الحشرات.

أما الجزء الثاني من الكتاب فيعالج إدخال التقنية الحيوية للحشرات في الأساليب الحديثة والمستدامة في مجال حماية النباتات. وربما تستفيد "التقنية الحيوية الخضراء" من النطاق المتنامي للجينات المشتقة من الحشرات لترميز الببتيدات المضادة للميكروبات والتي ثبت أن تعبيرها الوراثي يضفي على المحاصيل مقاومة لمسببات أمراض النباتات المهمة اقتصاديًّا. كما أن تحديد الأهداف المرتبطة بالنوع أو المتعلقة بالرتب أو لتداخل الحمض النووي (RNA) هو موضوع فصول لاحقة تشرح تقنية أخرى واعدة في مجال حماية النباتات، والتي تعمل على إنجاح الإجراءات المختارة ضد الآفات الحشرية دون إعاقة الكائنات الحية غير المستهدفة.

أما الجزء الثالث من الكتاب فيركز على التطبيقات الصناعية للحشرات أو للخلايا أو الجزيئات المشتقة من الحشرات. يزدهر استخدام الخلايا المشتقة من الحشرات كأنظمة تعبير مغايرة لإنتاج الببتيدات أو البروتينات المستخدمة، مثلا، كلقاحات في الرعاية الصحية البشرية أو كإنزيمات وسيطة في العمليات الصناعية في "التقنية الحيوية البيضاء". وختاما، فإن التقنية الحيوية تشمل تطور كل من المستشعرات البيولوجية على أساس حاسة الشم عند الحشرات ووسائل التقليد الحيوي في العديد من مجالات التقنية. وبعيدًا عن كونها مكتملة، فإن الإسهامات الثلاثة عشر المنظمة بوضوح والمشروحة بصورة مبسطة للخبراء ربما تقدم لمحة عامة للتطورات البارزة الحالية في مجال التقنية الحيوية للحشرات بما قد يساعد الطلاب والباحثين في توسيع معارفهم وفهم كل من التحديات والفرص الكامنة وراء كل أسلوب، وقد كتب هذا الدليل بهدف تحفيز وتسريع عملية تطوير الابتكارات في مجال التقنية الحيوية للحشرات. وأخيرًا، فربما يغير هذا الدليل النظرة إلى الحشرات بواسطة علماء الحشرات وغيرهم من الخبراء المهتمين بهذا المجال بصورة إيجابية.

المساهمون

Christoph Becker-Pauly Department of Cell- and Matrix Biology, Institute of Zoology, Johannes Gutenberg-University of Mainz, 55128 Mainz, Germany, beckerpa@uni-mainz.de

Helge B. Bode Molecular Biotechnology, Institute for Molecular Bio Science, Goethe University Frankfurt, 60438 Frankfurt am Main, Germany, h.bode@bio.uni-frankfurt.de

Konrad Dettner Department of Animal Ecology II, University Bayreuth, 95440 Bayreuth, Germany, k.dettner@uni-bayreuth.de

Eugen Domann Institute for Medical Microbiology, Justus-Liebig University, 35392 Gießen, Germany, Eugen.Domann@mikrobio.med.uni-giessen.de

John A. Gatehouse School of Biological and Biomedical Sciences, Durham University, Durham DH13LE, UK, J.A.Gatehouse@durham.ac.uk

Stanislav N. Gorb Functional Morphology and Biomechanics, Zoological Institute, Christian-Albrecht University of Kiel, 24098 Kiel, Germany, sgorb@zoologie.uni-kiel.de

Torsten Hain Institute for Medical Microbiology, Justus-Liebig University, 35392 Gießen, Germany, Torsten.Hain@mikrobio.med.uni-giessen.de

Kerstin Isermann Christian-Albrechts University of Kiel, Zoophysiology, 24098 Kiel, Germany

Carin Jansen Fraunhofer Institute of Molecular Biology and Applied Ecology (IME), D-52074 Aachen, Germany, carin.jansen@ime.fraunhofer.de

Karl-Heinz Kogel Institute of Phytopathologie and Applied Zoology, Justus-Liebig-University, D- 35392 Gießen, Germany, karl-heinz.kogel@agrar.uni-giessen.de

Krishnendu Mukherjee Institute of Phytopathology and Applied Zoology, Justus-Liebig University, 35392 Gießen, Germany, Krishnendu.Mukherjee@agrar.uni-giessen.de

Sebastian Paczkowski Department of Forest Zoology and Forest Conservation, Buesgen-Institute, Georg-August-University Göttingen, 37077 Göttingen, Germany, spaczko@gwdg.de

Daniel R.G. Price School of Biological and Biomedical Sciences, Durham University, Durham DH13LE, UK, dan.price@bio.miami.edu

Thomas Roeder Christian-Albrechts University of Kiel, Zoophysiology, 24098 Kiel, Germany, troeder@zoologie.uni-kiel.de

Marc F. Schetelig USDA/ARS, Center for Medical, Agricultural and Veterinary Entomology, Gainesville, FL 32608, USA, marc.schetelig@ars.usda.gov

Michael J. Schöning Fachhochschule Aachen, Institute for Nano- and Biotechnology, 52428 Jülich, Germany; Forschungszentrum Jülich, IBN-2, 52425 Jülich, Germany, m.j.schoening@fz-juelich.de

Stefan Schütz Department of Forest Zoology and Forest Conservation, Buesgen-Institute, Georg-August-University Göttingen, 37077 Göttingen, Germany, stefan.schuetz@forst.uni-goettingen.de

František Sehnal Biology Centre, Academy of Sciences, 37005 C˘ eské Bude˘jovice, Czech Republic, sehnal@bc.cas.cz

Walter Stöcker Department of Cell- and Matrix Biology, Institute of Zoology, Johannes Gutenberg-University of Mainz, 55128 Mainz, Germany, stoecker@uni-mainz.de

Andreas Vilcinskas University of Giessen, Institute of Phytopathology and Applied Zoology, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Giessen, Germany; Fraunhofer Institute of Molecular Biology and Applied Ecology, Department of Bio-Resources, Winchester Strasse 2, 35394 Giessen, Germany, Andreas.Vilcinskas@agrar.uni-giessen.de

Christina Wagner Christian-Albrechts University of Kiel, Zoophysiology, 24098 Kiel, Germany

Christine Warmbold Christian-Albrechts University of Kiel, Zoophysiology, 24098 Kiel, Germany

Bernhard Weißbecker Department of Forest Zoology and Forest Conservation, Buesgen-Institute, Georg-August-University Göttingen, 37077 Göttingen, Germany, bweissb@gwdg.de

Jochen Wiesner Department of Bio-Resources, Fraunhofer-Institute of Molecular Biology and Applied Ecology, 35394 Gießen, Germany, Jochen.Wiesner@biochemie.med.uni-giessen.de

Ernst A. Wimmer Department of Developmental Biology, Johann-Friedrich Blumenbach Institute of Zoology and Anthropology, GZMB, Ernst-Caspari-Haus, Georg-August-University Göttingen, 37077 Göttingen, Germany, ewimmer@gwdg.de

المحتويات

شكر وتقدير ..... **هـ**

مقدمة المترجم ..... **ز**

مقدمة المحرر ..... **ط**

المساهمون ..... **م**

الجزء الأول: التقنية الحيوية للحشرات في الطب ١

الفصل الأول: عثة الشمع الكبرى *Galleria mellonella* كنموذج عائل بديل للممرضات البشرية ٣

الفصل الثاني: ذباب الفاكهة كنماذج للبحوث الطبية الحيوية – ذبابة الفاكهة كنموذج لداء الربو ١٥

الفصل الثالث: الإمكانات العلاجية للبتيدات المضادة للميكروبات المشتقة من الحشرات ٢٩

الفصل الرابع: من العلاج التقليدي باليرقات إلى الجراحة الحيوية الحديثة ٦٧

الفصل الخامس: الأحياء الدقيقة المرتبطة بالحشرات كمصدر للمواد الثانوية الجديدة الناتجة عن عمليات الأيض ذات الإمكانات العلاجية ٧٧

الفصل السادس: الأدوية المحتملة من الحشرات والأحياء الدقيقة المصاحبة لها ٩٥

الجزء الثاني: التقنية الحيوية للحشرات في وقاية النبات ١٢٣

الفصل السابع: بتيدات الحشرات المضادة للميكروبات كأسلحة ضد الممرضات النباتية ١٢٥

الفصل الثامن: وقاية المحاصيل ضد آفات الحشرات باستخدام تداخل الحمض النووي (RNA) ١٤٩

الفصل التاسع: المعالجة الوراثية للحشرات وتقنية الحشرات العقيمة ١٧٩

الجزء الثالث: التطبيقات الصناعية للتقنية الحيوية للحشرات ٢٠٧

الفصل العاشر: خلايا الحشرات المستخدمة في الإنتاج المتغاير للبروتينات المتوافقة ٢٠٩

الفصل الحادي عشر: التقنيات الحيوية المبنية على الحرير ٢٢٣

الفصل الثاني عشر: أجهزة الاستشعار الحيوي المستندة إلى حاسة الشم عند الحشرات ٢٣٩

الفصل الثالث عشر: التقنيات المستوحاة من الحشرات: الحشرات كمصدر للمحاكاة الحيوية ٢٥٧

ثبت المصطلحات ٢٨٣

أولاً: عربي-إنجليزي ٢٨٣

ثانياً: إنجليزي-عربي ٢٩٥

كشاف الموضوعات ٣٠٧