مبيدات المُستَقْبَل

- المبيدات حيوية المصدر، مبيدات القرن الواحد والعشرون
- النباتات المعدلة وراثياً

obeikan.com

obeikandl.com

الفصل الرابع والعشرون

المبيدات حيوية المصدر
مبيدات القرن الواحد والعشرون
Biorationals 21st Century Pesticides

تتطور التطبيقات الخاصة بمكافحة الآفات بسرعة. بعض المبيدات المتوقع استخدامها لعقود قادمة تستخدم حالياً بينما لا يزال البعض الآخر منها في المراحل الأولى من التطوير، كما أن بعضها لم يظهر للنور بعد. وبالرغم من أن مبيدات الآفات أصبحت أدوات ضرورية إلا أن المبيدات التقليدية النشأة تواجه ضغوط اجتماعية بسبب الشك والقلق وحتى الخوف منها. ولعقود مضت كان هناك تفكير لإيجاد البدائل ولكن النجاح كان محدوداً. يعتمد خبراء المكافحة المتكاملة للآفات IPM وكذلك منتجوا الزراعة العضوية على بدائل المبيدات ويلتزمون بالمواصفات العضوية التي أعتمدتها وزارة الزراعة الأمريكية في عام ٢٠٠٢م (www.ofrf.org) والتي ربما تكون دافعاً لاستخدام بدائل آمنة للمبيدات في المستقبل. يتنامى طلب المستهلكين لتلك البدائل الآمنة، ولقد تحسن سوق المبيدات الطبيعية والآمنة للبيئة بصورة متزامنة، خصوصاً في السنوات القليلة الماضية. هذه البدائل هي المبيدات الحيوية المصدر؛ وهي المواد والكائنات التي تتم متابعتها في المعامل والحقول لتصبح مبيدات الآفات في المستقبل.

ما هي المبيدات حيوية المصدر؟
(BIORATIONALS – WHAT ARE THEY?)

لا يوجد تعريف وحيد واضح ومحدد لمعنى اصطلاح "المبيدات حيوية المصدر". تُعرّف وكالة حماية البيئة الأمريكية هذا النوع من مبيدات الآفات على أنها تختلف أصلاً عن مبيدات الآفات التقليدية، لأنها تختلف من حيث طريقة تأثيرها، ولذلك تقل مخاطر التأثيرات الجانبية لاستخدامها.

اصطلاح biorationals مشتق من كلمتين هما الحيوي وذات الصلة "biological and rational". وتلك المواد حيوية المصدر لا تؤثر على الكائنات الحية الأخرى غير المستهدفة، عندما تستخدم ضد آفة محددة. والاصطلاح المقترح الآخر، ويعني أساساً نفس المعنى، هو "المبيدات الآمنة بيئياً (ecorational)". وفي هذه الحالة، تكون المواد المستخدمة آمنة من الناحية البيئية، فلا يوجد لها أضرار على الكائنات الأخرى غير المستهدفة في البيئة. تستخدم وكالة حماية البيئة الأمريكية مصطلح مشابه "مبيدات الآفات حيوية المصدر" والذي سوف يتم توضيحه لاحقاً.

وفي الوقت الحاضر، فإن المبيدات حيوية المصدر تعني أي مادة من أصل طبيعي، (أو المواد التي صنعها الإنسان وتكون مشابهة لتلك المواد الطبيعية)، ولها تأثير ضار أو مميت على الآفة، أو الآفات المستهدفة والمحددة مثل الحشرات، والحشائش الضارة، والأمراض النباتية (بما في ذلك النيماتودا)، والآفات من الفقاريات، ولها طريقة تأثير فريدة، غير سامة للإنسان، أو نباتاته، أو حيواناته الأليفة، كما أن ليس لها تأثيراً عكسياً على الحياة البرية أوالبيئة. إذاً، فالمبيدات حيوية المصدر مبيدات مثالية، تؤثر فقط على الآفة المستهدفة، ولها تأثيرات جانبية قليلة، إن وجدت.

وتقسم مبيدات الآفات حيوية المصدر إلى مجموعتين متميزتين هما:

١- الكيماويات الحيوية (الهرمونات، الإنزيمات، الفرمونات، ومنظمات النمو في الحشرات والنباتات).

٢- الكائنات الميكروبية واللافقاريات (الفيروسات، البكتريا، الفطريات، البروتوزوا، والنيماتودا).

في عام ١٩٩٤م أسست وكالة حماية البيئة الأمريكية ما يسمى بقسم "المبيدات حيوية المصدر ومنع التلوث" وقد أدى تأسيس هذا القسم إلى زيادة التأكيد على المبيدات حيوية المصدر. وتصنف الوكالة تلك المبيدات على أنها مواد أو كائنات مشتقة من مواد طبيعية (حيوانية، نباتية، بكتيريا، زيت الكانولا) وحتى بعض المعادن الخاصة (مثل صودا الخبيز). وقد كشفت تلك الوكالة في نهاية عام ٢٠٠٦م عن وجود ٢٠٠ مادة فعّالة مُسجلة لمبيدات حيوية المصدر تُشكل تقريباً ٨٠٠ منتج.

وتصنف تلك الوكالة المبيدات الحيوية المصدر في ثلاث فئات:

- مبيدات آفات من مصادر ميكروبية (بكتيريا، فطريات، فيروسات أو بروتوزوا).
- مركبات كيموحيوية من مصادر طبيعية والتي تكافح الآفات من خلال ميكانيكيات غير سامة (المثال على ذلك فرمونات الحشرات).
- نباتات معدلة للحماية الذاتية (النباتات المعدلة وراثياً، مثل الذرة المعدلة وراثياً والمحتوية على سموم بكتيريا Bt).

المواصفات التي تميز المبيدات حيوية المصدر عن المبيدات التقليدية تشمل: درجات منخفضة جداً من السمية للأنواع غير المستهدفة، الآفات المستهدفة محدودة، بشكل عام تستخدم بجرعات منخفضة، تتلاشى (تتحلل) في البيئة بسرعة، غالباً تعمل بصورة جيدة في برامج الإدارة المتكاملة وتقلل من الاعتماد على مبيدات الآفات التقليدية. ومع أن وكالة حماية البيئة الأمريكية تستوجب مراجعة دقيقة للمعلومات المختصة بسلامة المبيدات حيوية المصدر (مثل التركيب الكيماوي، السمية، التحلل ... إلخ) قبل تسجيلها إلا أن تسجيل تلك المبيدات يتم بصورة أسرع من المبيدات التقليدية (المزيد من المعلومات متاح على الموقع (http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/).

يتضح مما سبق أن مصطلحات المبيدات الحيوية المصدر biorational pesticides أو المبيدات الحيوية biopesticides متشابهان تماماً لكنهما ليسا متطابقان. فحقيقة إدراج وكالة حماية البيئة الأمريكية للنباتات المعدلة وراثياً ضمن المبيدات الحيوية وعدم إدراجها ضمن المبيدات الحيوية المصدر يمثل مصدر الاختلاف الأول. علاوة على ذلك، فالمواد أو المركبات الحيوية المصدر ينقصها المواصفات الأساسية العريضة المتفق عليها والمطلوبة لوضعها تحت هذا التصنيف بسهولة، إلا أن وكالة حماية البيئة الأمريكية كسلطة منظمه لا تضع تلك المواصفات فقط بل أنها تطبقها من خلال لجنة من الخبراء تقرر كل حالة على انفراد فيما ان كانت تلك المبيدات حيوية المصدر تطابق المواصفات الرسمية للوكالة أم لا.

مكافحة الحشرات
INSECT CONTROL

الجيل الأول من المبيدات الحشرية هو السموم المعدنيّة مثل الزرنيخات، العناصر الثقيلة، ومركبات الفلور. ويشمل الجيل الثاني المبيدات الحشرية بالملامسة: مبيدات الكلور العضوية، ثم مبيدات الفسفور العضوية، ومبيدات الكاربامات، مبيدات الفورمامدينات، والمبيدات البيروثرويدية المصنّعة.

الجيل الثالث من المبيدات الحشرية هي المبيدات الحيوية المصدر. والكيماويات من هذا النوع استخدامها مأمون بيئياً، وتشابه إلى حد كبير ومماثل المركبات الكيميائية الطبيعية التي تنتجها الحشرات أو النباتات أو مُنتجات ذات علاقة أو كائنات طبيعية.

الفرمونات الحشرية
INSECT PHEROMONES

يبدو أن معظم الحشرات تتخاطب فيما بينها عن طريق تحرير كميات جزيئية من مركبات عالية التخصص، سريعة التطاير، وهذه المركبات المتطايرة تجذب انتباه الأفراد الأخرى من الحشرات التي تنتمي إلى نفس النوع، تُعرّف هذه الجزيئات الدقيقة بالفرمونات pheromones. أشتقت كلمة فرمون من اللغة الأغريقية وهي ذات شقين: فيرن (pherein) وتعني يحمل، وهرمون (hormon) وتعني يُثير أو يُهيّج.

الفرمونات هي إحدى الأنواع من مجموعة تُسمى/تُعرّف بـ "نواقل الرسائل الكيميائية ومن المحتمل أن الفرمونات أكثر الجزيئات المعروفة اليوم، وأعظمها قوة من حيث النشاط الفسيولوجي. يتم إفراز الفرمونات خارج جسم الحشرة، حيث تتسبب في حدوث ردود أفعال خاصة من الحشرات الأخرى التابعة لنفس النوع، ويشار إليها في المراجع القديمة باسم الهرمونات الاجتماعية. الأقسام الأخرى من "نواقل الرسائل الكيميائية" تشمل الألومونات

(وهي مركبات كيميائية يفرزها إحدى الأنواع ويستفيد من تأثيرها على نوع آخر وهو النوع المُستقبِل) والكيرمونات (وهي مركبات كيميائية يفرزها إحدى الأنواع وتفيد نوع آخر مستقبل لها).

من أنواع الحشرات البالغ عددها ١٣١٤ نوعاً، والتي تأكد أن لها ردود فعل إنجذابية للفرمونات التي جرى تعريفها، وجد أن الإناث تنتج ١٢٦٠ من هذه الفرمونات. بينما وجد أن هناك ٥٤ نوعاً فقط تستخدم جاذبات جنسية تنتجها الذكور. هناك أنواع قليلة يُنْتج فيها نفس الجاذب بواسطة الجنسين (Mayer & Laughlin, 1990). قائمة الفرمونات المعروفة لحرشفيات الأجنحة والحشرات الأخرى يمكن متابعتها من خلال الموقع التالي التابع لجامعة كورنيل الأمريكية /http://www.nysaes.cornell.edu/pheronet.

تقسّم الفرمونات إلى فئتين هما الفرمونات الفورية (releasers) والفرمونات التمهيدية (primers). الفرمونات الفورية سريعة التأثير، وتستخدم بواسطة الحشرات للجذب الجنسي، للتجمع (بما في ذلك تتبع الأثر)، للانتشار، وضع البيض، وكذلك للتنبيه. أما الفرمونات التمهيدية، فإنها بطيئة التأثير، وتسبب تغيرات تدريجية في النمو والتحول، خصوصاً فيما يتعلق بالحشرات الاجتماعية، حيث تُنظم نسب الطبقات (caste ratios) المختلفة في المستعمرة.

من أنواع الفرمونات المختلفة، توفر الفرمونات الجنسية في الوقت الحاضر أفضل إمكانية في مكافحة الحشرات. على سبيل المثال، استخدمت الفرمونات الجنسية أخيراً في شرقي ولاية أريزونا (١٩٨٥- ١٩٩٠م)، في منطقة إنتاج القطن طويل التيلة في مقاطعة جراهام. حيث تم استخدام مصايد فرمونية تحتوي كميات ضئيلة من الجاذب الجنسي المُصنّع (جوسيلور) لدودة اللوز القرنفلية، وقد تم اصطياد أعداداً كافية من ذكور هذه الفراشة التي تخرج في أول الموسم في هذه المصايد الفرمونية، وذلك لمنع التزاوج أو السفاد، وبالتالي تقليل تكاثر الجيل الأول في ذلك الموسم. وتم خفض أعداد المجموع الحشري بدرجة كافية، بحيث أمكن تجنب استخدام المبيدات الحشرية ضد هذه الآفة، وذلك طوال المدة المتبقية من موسم النمو.

حظيت الفرمونات الجنسية للآفات الحشرية من أنواع الفراشات بأكبر قدر من الدراسة المفصّلة حتى الآن. على سبيل المثال، بعد ٣٠ سنة من التجريب والفشل، تم عزل الفرمون الجنسي لفراشة الغجر gypsy-moth، وتعريفه، وتصنيعه معملياً، عام ١٩٦٠م. ومنذ ذلك الحين، استخدمت كميات كبيرة من هذا الفرمون (دسبارليور "disparlure")، واستخدم في برامج إصطياد هذا النوع من آفات الغابات.

هناك خمسة استخدامات رئيسة للفرمونات الجنسية في البرامج الحالية لمكافحة الحشرات:

١- اصطياد الذكور، لتقليل القدرة التكاثرية الكامنة للمجموع الحشري.

٢- دراسة حركة الحشرات، لتحديد مسافة واتجاه تحركات الحشرة من نقطة معينة.

٣- مراقبة المجموع الحشري، لتحديد موعد حدوث الذروة العددية للحشرة أو موعد خروجها.

٤- برامج الكشف عن الآفة، لتحديد مكان وجود الآفة في منطقة اصطياد محددة، مثلاً حول المطارات الدولية أو مناطق الحجر الزراعي.

٥- تقنية الإرباك والتشويش وتقليل فرص التزاوج. وفي التقنية الأخيرة، يتم تشييع المنطقة التي تنتشر فيها الحشرة بالفرمون الجنسي، بحيث أن الذكر يفشل في العثور على الأنثى وبالتالي، فإن الأنثى لا تضع بيضاً أو أنها تضع بيضاً غير مخصب لا يفقس.

أول استخدام لهذه التقنية هو استخدام الجوسيلور، وهو الفرمون الجنسي لدودة اللوز القرنفلية. يتم وضع هذا الفرمون في لويفات مجوفة من اللدائن البلاستيكية (البولي فينايل)، والتي تسمح بالتحرر البطيء للفرمون، وقد وزعت بكثافة وانتظام في حقول القطن المصابة بهذه الآفة. وكانت النتائج فعّالة جداً، ولكنها مُكلفة. ثم عُدلت هذه الطريقة وتستخدم الآن بطريقة اقتصادية في برنامج مُحكم لمكافحة هذه الآفة.

منتجات فرمونات إرباك وتشويش عمليات التزاوج والمتاحة في الوقت الحاضر تشمل فراشة الغجر، والفراشة ذات الظهر المائي، وذبابة الفاكهة الشرقية، ودودة اللوز القرنفلية pink bollworm ودودة الطماطم tomato pineworm. كما ظهر فرمون الإرباك الجنسي لحشرة حفار أغصان الخوخ peach twig borer في عام ١٩٩٥م.

ويحتوي الجدول رقم (٢٤.١) على قائمة بالفرمونات الجنسية الصناعية المتاحة. وتحوي هذه القائمة أكثر من ١٠٠ فرموناً، بينما كانت هذه القائمة في كتاب مبيدات الآفات لعام ١٩٧٨م عبارة عن ٩ فرمونات فقط. ولذلك، فإننا نرى أن الزيادة وقدرها ١٢ ضعفاً من الفرمونات المصنعة، كانت نتيجة البحث والتطوير خلال تلك السنوات.

الجدول رقم (٢٤.١). الفرمونات الجنسية للحشرات و / أو الخاذبات، والأنواع التي يتم جذبها [٥].

النوع المنجذب (أو) اسم الحشرة المنجذبة		الاسم التاجر للفرمون
المن (قمل النبات)	aphid (s)	-
دودة البرسيم القيّاسة	alfalfa looper	لوبلور (looplure)
فراشة اللوز	almond moth	(؟)
خنفساء الأمبروسيا	ambrosia beetle	سلكاتول (sulcatol)
فراشة الحبوب	angoumois grain moth	انجولور (angoulure)
ذبابة التفاح	apple maggot	-
فراشة خراشيف الخرشوف	artichoke plume moth	-
الديدان الكيسية	bagworm	-
دودة البنجر الجيشية	beet armyworm	آرومت (Isomate-Baw®)
خنفساء السجاد السوداء	black carpet beetle	Megatomic acid

تابع الجدول رقم (٢٤,١).

النوع المنجذب (أو) اسم الحشرة المنجذبة		الاسم التاجر للفرمون
ذبابة ثمار الكرز السوداء	black cherry fly	-
الديدان القارضة السوداء	black cutworm	–
سوسة لوز القطن	boll weevil	جراندلور (grandlure)
دودة الملفوف القيّاسة	cabbage looper	لوبلور (looplure)
حشرات كاليفورنيا القشرية الحمراء	California red scale	–
دودة الأخشاب	carpenterworm	–
ذبابة ثمار الكرز	cherry fruit fly	–
طاوية أوراق الحمضيات	citrus leaf roller	–
الصرصور الأمريكي	cokroach (*Periplaneta*)	–
فراشة التفاح (الكودلنج)	codling moth	كودملور، تشكميت سي.إم Codlelure Checkmate CM®
خنفساء الدقيق المتشابهة	confused flour beetle	–
دودة كيزان الذرة / دودة لوز القطن	corn earworm/cotton bollworm	زيالور (zealure)
خنافس المتة	dermestic beetle	تشكميت دي.بي.إم–ف Checkmate® DBM-F
الفراشة ذات الظهر الماسي (سُجل ٢٠٠١م)	diamondback moth	–
خنفساء التنوب	Douglas fir beetle	دوجلور (douglure)
فراشة التنوب	Douglas fir tussock moth	تسولور (tussolure)
حفار أفرع الصنوبر الشرقي (سُجل ١٩٩٩م)	Eastern pine shoot borer	–
دودة ورق القطن المصرية	Egyptian cotton leafworm	–
خنفساء قلف الدردار	elm bark beetle	مولتيلور (multilure)
حفار الذرة الأوروبي	European corn borer	نوبيلور (nubilure)
فراشة أفرع العنب الأوروبية	European grape vine moth	–
فراشة أفرع الصنوبر الأوروبية (سُجل ١٩٩٩م)	European pine shoot moth	تشكميت اي.بي.اس.إم Checkmate EPSM®
ذبابة الوجه	face fly	–
دودة الحشد الخريفية	fall armyworm	فروجيلور (frugilure)
فراشة التفاح الكاذبة	false codling moth	–
طاوية ورق البندق	filbert leafroller	–

تابع الجدول رقم (٢٤,١).

النوع المنجلب (أو) اسم الحشرة المنجلبة	الاسم الدارج للفرمون
forestry beetles حنافس الغابات (سُجل ١٩٩٩م)	MCH
fruittree leafroller طاوية ورق أشجار الفاكهة	–
fruittree tortrix تورتركس شجر الفاكهة	–
furniture carpet beetle حنفساء السجاد والأثاث	–
gelechiid moths الفراشة الجليكيدية	–
grape berry moth فراشة ثمار العنب	فايتلور (vitelure)
greater peachtree borer ثاقبة أشجار الخوخ الكبرى	–
greater wax moth فراشة الشمع الكبرى	الديكانال (undecanal)
gypsy moth فراشة الحور (الجبسية)	ديسبارلور (disparlure)
honey bee النحل	بي-هير، بي-سنت beelure® BeeScent® (feeding attractant)
house fly الذبابة المنزلية	مسكالور (muscalure)
Indian meal moth فراشة الدقيق الهندية	–
Japanese beetle الحنفساء اليابانية	جابونيلور (japonilure)
Khapra beetle حنفساء الخابرا	–
leaf cutter ants النمل قاطع الأوراق	–
leafminer صانعات الأنفاق	–
lesser appleworm دودة التفاح الصغرى	–
lesser peachtree borer ثاقبة أشجار الخوخ الصغرى	–
lone star tick قراد النجمة المنوحدة	–
maggot fruit fly ذبابة ثمار الفاكهة	–
Mediterranean flour moth فراشة دقيق البحر المتوسط	–
Mediterranean fruit fly ذبابة فاكهة البحر المتوسط	ترايمدلور، سيجلور trimedlure, siglure
Mediterranean melon fly ذبابة بطيخ البحر المتوسط	كيو-لور (cuelure)
melon fly ذبابة البطيخ	–
Mountain pine beetle حنفساء الصنوبر الجبلية (سُجل ١٩٩٩م)	برنديلور (pendelure)

تابع الجدول رقم (٢٤,١).

النوع المنجذب (أو) اسم الحشرة المنجذبة	الاسم التاجر للفرمون
دودة ثمار البرتقال (سُجل ١٩٩٩م) naval orange worm	–
طاوية ورق البلوط oak leaf roller	–
طاوية الأوراق ذات التخطيط المائل oblique-banded leafroller	ريلور (riblure)
ذبابة ثمار الزيتون olive fruit fly	–
طاوية الأوراق المتنوعة omnivorous leafroller	–
تورتركس البرتقال orange tortrix	–
ذبابة ثمار الفاكهة الشرقية oriental fruit fly	–
فراشة ثمار الفاكهة الشرقية oriental fruit moth	أورفرالور، تشكميت أو.أف.إم. (orfralure, Checkmate® OFM)
سوسة الخطيرة Palm weevil	يوجينول (E) (eugenol)
حفار أشجار الخوخ peachtree borer	–
حفار أفرع الخوخ peach twig borer	تشكميت بي-تي-بي- Checkmate PTB®
خنفساء قلف الصنوبر pine bark beetle	–
خنفساء الصنوبر pine beetle	–
فراشة قمة الصنوبر pine tip moth (Nantucker)	–
دودة اللوز القرنفلية pink bollworm	جوسيلور (gossylure)
فراشة درنات البطاطس potato tuberworm moth	–
فراشة الزبيب raisin moth	–
طاوية الأوراق ذات التخطيط الأحمر red-banded leafroller	–
خنفساء الدقيق الحمراء red flour beetle	–
ذبابة البخاري الحمراء red plum maggot fly	–
حشرة سان جوزيه القشرية San Jose scale	–
تورتركس الشاي الصغرى smaller tea tortrix	–
دودة الخشد (الجيش) الجنوبية southern armyworm	فرونتالور (frontalure)
خنفساء الصنوبر الجنوبية southern pine beetle	لوبرلور (looperlure)
دودة فول الصويا القيّاسة soybean looper	

تابع الجدول رقم (٢٤،١).

النوع المنجذب (أو) اسم الحشرة المنجذبة	الاسم التاجر للفرمون
دودة ثمار البرتقال (سُجل ١٩٩٩م) naval orange worm	–
طاوية ورق البلوط oak leaf roller	–
طاوية الأوراق ذات التخطيط المائل oblique-banded leafroller	ريلور (riblure)
ذبابة ثمار الزيتون olive fruit fly	–
طاوية الأوراق المتنوعة omnivorous leafroller	–
تورتركس البرتقال orange tortrix	–
ذبابة ثمار الفاكهة الشرقية oriental fruit fly	–
فراشة ثمار الفاكهة الشرقية oriental fruit moth	أورفرالور، تشكميت أو.أف.إم. (orfralure, Checkmate® OFM)
العناكب الحمراء (أكاروس/حلم) Spidermites	Stirrup M® ستررب إم
دودة براعم البيسيان spruce budworm	سولور (soolure)
تورتركس الثمار الصيفية summer fruit tortrix	–
صانعات الأنفاق الخيمية tentiform leafminer	–
غمل تكساس القاطع للأوراق Texas leafcutting ant	اتالور (attalure)
طاوية الأوراق ذات الثلاث خطوط three-lined leafroller	–
حشرات التربس thrips	–
الفراشة النمرية tiger moth	–
دودة براعم التبغ tobacco budworm	فايرلور (virelure)
دودة التبغ القرنية tobacco hornworm	(ع)
فراشة التبغ tobacco moth	–
دودة ثمار الطماطم tomato fruitworm	–
دودة الطماطم الدبوسية tomato pineworm	تشكميت (CheckmateTPW®)
فراشة براعم التفاح المخملي tufted apple budmoth	–
طاوية الأوراق المرقشة variegated leafroller	–
ذبابة قشور الجوز walnut husk fly	–
الزنابير wasp	سيترونلال (ع) (citronellal)

تابع الجدول رقم (٢٤,١).

النوع المنجذب (أو) اسم الحشرة المتجادبة	الاسم الدارج للفرمون
مُهيكل ورق العنب الغربي western grapeleaf skeletonizer	–
حنفساء الصنوبر الغربية western pine beetle	برفيلور (brevilure)
ثاقبة أفرع الصنوبر الغربية western pine shoot borer	–
الذباب الأبيض white fly	–
الدبور الأصفر yellow jacket	–

(أ) ليس كل ما في القائمة المذكورة متاح تجارياً، بينما بعضها يباع تحت أسماء تجارية ومستحضرات مختلفة.
(ب) معروفة فقط بالأسماء الكيميائية و لم يحدد أسماء دارجة (شائعة) لهذه الفرمونات.
(ج) ليس ثابتاً (لم يثبت) أنه هو الفرمون الطبيعي.

ربما تبدو تسمية الفرمونات غير مناسبة كثيراً، ويستخدم الآن ٣ أنواع من الأسماء: الاسم الدارج (الشائع)، التجاري أو الخاص، والاسم الكيماوي. تطبق الأسماء الشائعة على المواد التي أُستخدمت لفترة طويلة، وربما تصنّع بواسطة أكثر من شركة مثل: دسبالور، جاذب لفراشة الفجر. تعطي الأسماء التجارية للفرمونات الحديثة التصنيع التي ينفرد بإنتاجها إحدى الشركات مثل، تشكميت سي إم "Checkmate CM®" (فرمون فراشة التفاح، الكودلنج). الأسماء الكيميائية هي عادة أول التسميات التي تعطي للمركب؛ فمثلاً (z)-13-nonacosene)) عبارة عن إحدى المكونات الثلاث للفرمون الخاص بذبابة الوجه.

هناك ما يقرب من ١٢٥ من الفرمونات الجنسية والجاذبات الصناعية متاحة وتُسوّق تجارياً. يوجد منها حوالي ٦٠ فرموناً متاحة على الفور للتسويق والاستخدام. وهناك عدة شركات تصنّع أو تسوق المركبات الفرمونية للاستخدام في الحدائق المنزلية/البساتين والزراعة. ومن بين المواد الرائجة الاستخدام، وبدون استبعاد المواد الأخرى، فإن المصائد الفرمونية (بدون تزاوج) NoMate® لفراشة التفاح، فراشة براعم التفاح المخملي، دودة الطماطم الدبوسية والمصنّعة بواسطة شركة ايكوجين؛ مصائد "هركون" للجذب والقتل Hercon Lure-N-Kill Traps® للصراصير، النمل، الحنفساء اليابانية، فراشة الفجر الجبسية، فراشة نائتكت لقمم الصنوبر، دودة كيزان الذرة، دودة براعم التبغ، فراشة التفاح، حفار أشجار الخوخ، وعدة آفات حشرية أخرى على الخضراوات والفواكه، من شركة هركون البيئية؛ وكذلك مصائد ايزو- ميت Iso-Mate® لفراشة التفاح على ثمار التفاحيات (pome fruits)، الفراشة ذات الظهر الماسي على الخضار الورقية، فراشة حبيبات العنب في عرائش العنب، فراشة الفاكهة الشرقية على ثمار الفاكهة ذات النوة الحجرية وحفار أشجار الخوخ في البساتين، وهذه المصائد تبيعها شركة باسفك بيوكونترول (المكافحة الحيوية) المحدودة.

تنتج شركة تروى للعلوم الإحيائية (Troy Biosciences) في مدينة فينكس، أريزونا في الوقت الحاضر، الجاذب ستروراب- ام (Stirrup M®) للعناكب الحمراء، ستروراب بي بي دبليو (Stirrup PBW®) لتغيير سلوك دودة اللوز القرنفلية. وتُصنّع شركة كونسب في مدينة بند، أوريجون تحت اسم تشكميت (Checkmate®)، مجموعة كبيرة من الفرمونات الجنسية/الجاذبات في حاويات محكومة الانسياب، وذلك لمراقبة الآفة طوال الموسم. وقد قُدم منتج فرموني حديث مصمم للاستخدام مع الفراشة ذات الظهر الماسي وهو تشكميت دي.بي.ام

تنتج شركة مايكروفلو، في ليك لاند، فلوريدا المادة الجاذبة، ايزوميت – سي (Isomate-C®) لإرباك التزاوج في فراشة الغجر، ايزوميت – ام (Isomate-M®) ذبابة ثمار الفاكهة الشرقية وايزوميت – دي بي ام (Isomate-DBM®) للفراشة ذات الظهر الماسي.

توجد مواد كيماوية أخرى تعمل كالفرمونات ولها بعض خصائصها، وهي في الحقيقة مواد جاذبة. فمثلاً، بي- دزاين Bee-Design®، وبي- سنت Bee-Scent® (ايكوجن) جاذبات تغذية للنحل، تضاف إلى العناصر الصغرى المغذية للنبات أو لسوائل الرش المبكرة للمبيدات الفطرية التي تطبق على المحاصيل المُزهرة، وذلك لزيادة تلقيح النحل للنباتات. ومثال آخر هو ستروراب ام (تنتجها شركة تروى للعلوم الإحيائية)، وتطبق هذه المادة مع أي مبيد أكاروسي لزيادة نشاط الحلم، وبالتالي زيادة تلامسه مع المبيد الأكاروسي. في منتصف عام ٢٠٠٢م سجلت وكالة حماية البيئة الأمريكية ٣٦ فرموناً تضم أكثر من ٢٠٠ مُنتج مستقل. الفرمونات التي سُجلت حديثاً تستخدم مع خنفساء صنوبر الجبال (فربينون) ودودة البرتقال وفرموناً أكثر فعالية لذبابة فاكهة البحر المتوسط. القائمة الكاملة للفرمونات المُسجلة يمكن مراجعتها على الموقع (http://epa.gov/oppfead1/cb/ppde/2002/regist-biopes.htm.).

ومع كثرة المديح والثناء على أهمية الفرمونات الجنسية، فإن هذه الفرمونات تطبق عملياً في مصايد الحصر الحشري، لإعطاء معلومات عن المستويات العددية للمجموعات الحشرية، لوصف الإصابات، لتحديد برامج المكافحة أوالاستئصال، للتنبيه عن دخول أو استيراد آفات جديدة. سوف تعتمد برامج مكافحة الآفات الحشرية إلى حد كبير على استخدام الفرمونات كأدوات للحصر ولتقليل أعداد مجموعات الآفات التي تظهر في أول الموسم، من خلال عمليات الاصطياد والإرباك.

منظمات نمو الحشرات
INSECT GROWTH REGULATORS

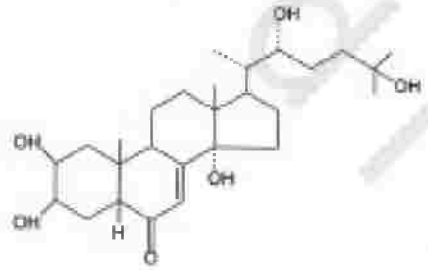
منظمات نمو الحشرات (IGRs) هي مركبات كيماوية تُحدث تغيّر في نمو وتطور الحشرات. يلاحظ تأثير هذه المواد على نمو وتطور الأجنة، اليرقات، والحوريات، على تحول الحشرات، على التكاثر في الذكور والإناث، على السلوك، وعلى بعض صور البيات (diapause).

تربك منظمات النمو نمو وتطور الحشرات بثلاث طرق هي: تعمل كهرمونات للشباب (juvenile hormone)، مثبطات للغدد (المفرزة للهرمونات "precosenes")، وكمثبطات لتصنيع الكيتين. تشمل هرمونات الشباب (JH)، الاكدايسون "ecdysone" (هرمون الانسلاخ)، ومحاكيات هرمون الشباب، ومشابهات هرمون الشباب (JHA)، وتُعرف بأسماء مرادفة أكثر شمولاً، هي الجوفينويدات (juvenoids) والجوفيجينات (juvegens). وتعيق هذه المواد نمو الأطوار غير الكاملة، وتمنعها من التحول إلى حشرات كاملة. وتعيق مثبطات الغدد الوظائف الطبيعية للغدد المنتجة لهرمونات الشباب. وتؤثر مثبطات تخليق الكيتين على قدرة الحشرات على بناء هيكلها الخارجي بعد عمليات الانسلاخ.

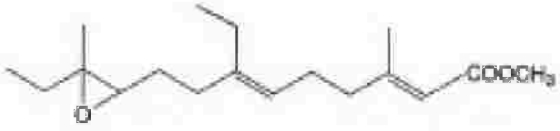
ومنظمات النمو في الحشرات فعّالة عندما تطبق بكميات ضئيلة، ويبدو أن ليس لها تأثيرات غير مرغوبة على الإنسان أو على الحياة البرية. الا أن هذه المواد ليست متخصصة، حيث أنها لا تؤثر فقط على النوع المستهدف من الحشرات، بل ربما تؤثر على مفصليات الأرجل الأخرى على حد سواء. ونتيجة لذلك، فإن منظمات النمو الحشرية عندما تستخدم بدقة قد تؤدي دوراً مهماً في المستقبل في برامج إدارة الآفات الحشرية.

وهناك عدة غدد معروفة في الحشرات تنتج هرمونات، والوظائف الرئيسية لها هو التحكم بعمليات التكاثر، والانسلاخ والتطور. وسوف يكون التركيز هنا على هرمون الاكدايسون (Ecdysone) المسئول عن عملية الانسلاخ، وهرمونات الشباب (JH) التي تثبط أو تمنع عمليات التطور.

ألفا-إكديسون (alpha-ECDYSONE)



هرمون شباب نموذجي (TYPICAL JUVENILE HORMONE)



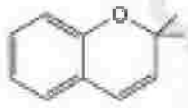
عندما تعامل الحشرات بالاكدايسونات، فإنها في الغالب تموت في جميع مراحل النمو، وهذا يجعل الاكدايسونات شبيهة بالجيل الثاني من المبيدات الحشرية. من الصفات الجذّابة للإكدايسونات كأدوات مهمة في

مكافحة الحشرات هو انتشارها الواسع في النباتات، وربما يكون للإكدايسونات النباتية دوراً غير معروفاً حتى الآن في العلاقات المتداخلة بين الحشرات والنباتات.

هناك اهتمام شديد موّجه نحو هرمونات الشباب الحشرية. وهذه المواد ليست سامة للحشرات بالمعنى المعتاد. وبدلاً من القتل المباشر للحشرات، فهي تتداخل مع آليات التطور الطبيعية، وتسبب موت الحشرة قبل وصولها إلى الطور البالغ. إحدى هرمونات الشباب التقليدية في الحشرات هو الجوفابيون (juvabione)، ويوجد في أخشاب شجر البلسم Balsam fir. اكتشف تأثير هذا الهرمون مصادفة عندما استخدمت مناديل ورقية مصنّعة من ذلك النوع من الخشب لتبطين أوعية تربية الحشرات، وقد تسبب ذلك في إعاقة تطور تلك الحشرات.

تعمل بعض هذه المواد المشتقة من النباتات على تثبيط استمرار تغذية الحشرات على العوائل النباتية، وبالتالي حمايتها من تلك الحشرات. وتسمى هذه المواد بمضادات هرمونات الشباب (antijuvenile hormone)، وحديثاً تسمى بمضادات ألاتوتروبين antiallatotropins أو البريكوسينات (precocenes). تعتبر هذه المواد الجيل الرابع من مواد مكافحة الحشرات. وبالمناسبة، فإن الاسم بريكوسين (precocene) نتج من التطور المبكر (precocious metamorphosis)، والذي يتم تنبيهه بواسطة مركبات تحتوي على نواة الكرومين. ومع أن طريقة تأثير البريكوسينات ما زالت مجهولة، إلا أنها تخفض مستوى هرمون الشباب، لأقل مما هو موجود طبيعياً في الأطوار غير الكاملة للحشرات.

نواة الكرومين (CHROMENE NUCLEUS)



تم الحصول على نتائج مثيرة في الدراسات المعملية لهرمونات الشباب، وأكثر تأثيراتها الواعدة على يرقات البعوض، يرقات حرشفية الأجنحة، وأنواع البق التابعة لرتبة نصفية الأجنحة، علاوة على أن هذه التأثيرات قد لوحظت عملياً على كل رتب الحشرات. تستجيب أغلب أنواع الحشرات للمعاملة بهرمونات الشباب بإنتاج أشكال من الأطوار الغير عادية من اليرقات، الحوريات أو العذارى والتي تتراوح في الشكل من العملاقة أو تكون في مراحل وسطية بين الأطوار غير الكاملة أو الأطوار الكاملة لتلك الحشرات. في أغلب الأحوال، الفترات التي يكون فيها تطور الحشرات شديد الحساسية للتثبيط هي الطور اليرقي أو الحوري الأخير، وكذلك طور العذراء في الحشرات ذات التطور التام. ومن المشاكل المعروفة في تطبيق هذه المواد على الحشرات هو التوقيت الدقيق للمعاملة، وذلك للحصول على أكبر تأثير ضار على الطور الحشري التالي لحشرة محددة. وللأغراض العملية، تستخدم منظمات النمو الحشرية على

المحاصيل لخفض أعداد الحشرات الضارة. وهي تطبق لغرض منع نمو وتطور طور العذراء، أو منع خروج الحشرات الكاملة، ولذلك فهي تُبقي على الحشرات في أطوارها غير البالغة، مما يتسبب في النهاية في موتها.

هناك عدة منظمات نمو حشرية مسجلة بواسطة وكالة حماية البيئة الأمريكية. الأول هو ميثوبرين (التوُسيد) "Methoprene (Altosid®)"، وقد سُجل عام ١٩٧٥م كمنظم لنمو اليعوض، للاستخدام على الأطوار اليرقية من الثاني حتى الرابع في مياه الفيضانات، ويطبق بنسبة ٠.١ إلى ٠.١٥ رطل/إيكر (حوالي ٤٠٠٠ م٢) لمنع خروج الحشرات الكاملة. تكمل اليرقات المعرضة للميثوبرين نموها وتطورها حتى طور العذراء، وتموت في هذا الطور. لا يؤثر الميثوبيرن على طور العذراء أو الحشرات الكاملة. كما يوجد مستحضر منه باسم بريكور (Precor®) للاستخدام المنزلي لمكافحة براغيث القطط والكلاب. وتعمل هذه المادة على قطع دورة حياة البراغيث في الطور اليرقي، وتمنع من خروج الأطوار الكاملة لمدة قد تصل إلى ٧٥ يوماً. ومن الضروري استخدامه مع مبيد حشري آخر للقضاء على الأطوار الكاملة للبراغيث التي لايؤثر عليها منظم النمو السابق.وهو أيضاً مُسجل باسم فارووريد (Pharoid®) لمكافحة النمل الفرعوني، وباسم دياكون (Diacon®) لمكافحة آفات الفول السوداني في المخازن، وباسم ديانكس (Dianex®) لمكافحة آفات التبغ في المخازن، ومعامل تجهيز وتصنيع الأغذية.

الميثوبرين مُسجل أيضاً على التبغ لمكافحة خنفساء السجائر باسم (كابات "Kabat®")، وعلى علائق الأبقار لمكافحة ذبابة القرون، وعلى بيئات زراعة المشروم (الفطر) لمكافحة ذبابة الفطر (أبكس "Apex®"). بالإضافة إلى ذلك، فقد تم ترخيصه من قبل منظمة الصحة العالمية للاستخدام في مياه الشرب لمكافحة اليعوض.

ميثوبرين (ألتوسد، بريكور، كابات، فارووريد)
METHOPRENE (Altosid®, Precor®, Kabat®, Pharorid®)

isopropyl (2E,4E) -11-methoxy-3,7,11-trimethyl-2,4-dodecadienoate

(هيدروبرين (جنترول، ماتور) "hydroprene Gentrol®, Mator®)" منظم نمو حشري وله نشاط هرموني كهرمون الشباب، مُسجل للاستخدام ضد كل أنواع العصاصير، آفات الحبوب المخزونة، ويجرب ضد الأنواع الحشرية التابعة لرتبة متشابهة الأجنحة، حرشفية الأجنحة، وغمدية الأجنحة. تؤثر هذه المادة على حوريات العصاصير خلال النمو والتطور، ويمكن للحشرات الوصول إلى الطور البالغ، ولكن تكون أجنحتها مشوهة وذات ألوان غامقة وليس لها قدرة على التكاثر. لايؤثر الهيدروبين على الحشرات الكاملة، ولكن نسلها ينتج عنه حشرات بالغة عقيمة.

هيدروبرين (جنترول ، مانور)
HYDROPRENE (Gentrol®, Mator®)

(E,E)-ethyl 3,7,11-trimethyl-2,4-dodecadienoate

الكينوبرين (أنستار ٢) * (kinoprene (Enstar II® * أحد منظمات النمو الرائدة، من إنتاج شركة ويلمارك. هذه المادة فعّالة ضد حشرات المن، الذباب الأبيض، البق الدقيقي، والحشرات القشرية (اللينة والمدرعة) على نباتات الزينة ومحاصيل الخضر البذرية المزروعة في البيوت المحمية والبيوت الظليلة. وهذه المادة متخصصة للحشرات التابعة لرتبة متشابهة الأجنحة، وينتج عنها خفض متدرج بدلاً عن عملية القتل الفورية، وذلك بتثبيط النمو والتطور، تقليل وضع البيض، قتل البيض حديث الوضع، والإصابة بالعقم للحشرات الكاملة لكل من الذباب الأبيض والمن. وحيث أن هذه المادة متخصصة للحشرات مثل بقية منظمات النمو، فإنها غير سامة للإنسان أو الحيوانات ذات الدم الحار.

تشبه منظمات النمو الحشرية السابقة، ميثوبرين، هيدروبرين والكينوبرين منظمات النمو الطبيعية التي تنتجها الحشرات. توجد الآن منظمات نمو حشرية شبيهة بهرمونات الشباب تحاكي هرمونات الشباب في الحشرات وتمنع الانسلاخ من الطور اليرقي إلى الأطوار البالغة، لكنها لا تتشابه معها أبداً من حيث تركيبها الكيميائي.

كينوبرين (أنستار ٢)
KINOPRENE (Enstar II®)

2-propynyl (*E,E*)-3,7,11-trimethyl-2,4-dodecadienoate

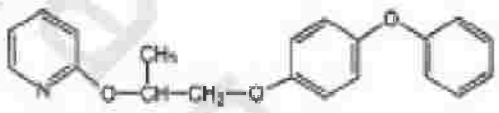
فينوكسيكارب (لوجك، أوآرد، كومبلي، تورّس) مبيد حشري كارباماتي معدي وله أيضاً تأثيرات شبيهة بهرمونات الشباب عندما يُلامس أو يُؤكل بواسطة أعداد كبيرة من الآفات من مفصليات الأرجل، مثل النمل، الصراصير، القراد، بعض أنواع الحلم، البعوض، الذباب الأبيض، الحشرات القشرية، صانعات الأنفاق، حشرات المواد المخزونة، دودة براعم البيسان، فراشة الغجر (الجبسية)، والكثير من الآفات الأخرى. للفينوكسيكارب تأثيرات مميتة كسم للبيض، يثبط عملية التحول للطور البالغ، كما أنه يعرقل عمليات الانسلاخ في الأطوار اليرقية المبكرة.

فينوكسيكارب (لوجك، تورّس)
FENOXYCARB (Logic®, Torus®)

ethyl [2-(p-phenoxyphenoxy) ethyl] carbamate

بيريبروكسيفين (ك ناك، استيم، أدميرال، آرشر) مثبط فعّال للانسلاخ لمدى واسع من الحشرات، لكنه مفيد بوجه خاص ضد الذباب الأبيض على القطن، الحشرات القشرية على الموالح (الحمضيات)، أماكن تكاثر الذباب مثل حظائر الماشية والطيور، وكذلك في التجمعات المائية لمكافحة اليعوض.

بيريبروكسيفن (ناك، استيم، آرشر)
PYRIPROXYFEN (Knack®, Esteem®, Archer®)



2-[1-methyl-2-(4-phenoxyphenoxy)ethoxy]pyridine

لا تعتبر وكالة حماية البيئة الأمريكية مجموعات مشابهات هرمون الشباب بايريبروكسفين، فينوكسيكارب ولا ميثوبرين، هيدروبرين من المبيدات الحيوية. أما الأزادايراكتن، والذي سبق ذكره في الفصل الرابع، يُصنّف على أنه مبيد حيوي ويوضع مع فئة المبيدات حيوية المصدر. هذا المُنتج يعطل إنسلاخ الحشرة لكونه مضاداً لهرمون الانسلاخ (الاكدايسون).

الهيدرازينات (مبيدات حشرية/منظمات نمو حشرية) Hydrazine Insecticide/IGRs

قسم حديث من المبيدات الحشرية التابعة لمجموعة منظمات النمو الحشرية هو قسم الهيدرازينات والذي يشمل تيبوفينوزايد، هالوفينوزايد، ميثوكسيفينوزايد و كرومافينوزايد وكلها مضادات أو مثبطات لهرمون الانسلاخ (الاكدايسون) ولم تُصنف وكالة حماية البيئة الأمريكية هذه المجموعة على أنها مبيدات حيوية. تيوفينوزايد (عمك، كونفرم)، بالإضافة إلى كونه مبيداً حشرياً معدياً وبالملامسة، فإن له خواص هرمونات الشباب – ومنظمات النمو الحشرية. يعوق عملية الانسلاخ حيث أنه يحاكي هرمون الانسلاخ، الاكدايسون. يكافح هذا المبيد الآفات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة بينما يُبقي على مجموعات الأعداء الطبيعية الحشرية النافعة من المفترسات والطفيليات. من

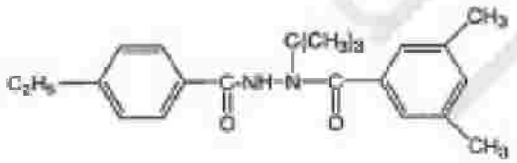
الآفات المستهدفة الديدان الناسجة، فراشة التفاح، طاويات الأوراق والكثير من الآفات الأخرى على أشجار الفاكهة، اللوزيات، القطن، أشجار الغابات، الخضر، ثمار التفاحيات، ونباتات الزينة.

هالوفينوزايد (ماتش –٢) منظم نمو حشري جهازي، فعّال ضد الديدان القارضة، ديدان المروج الناسجة، ديدان الجيش (الحشد) والديدان البيضاء (يرقات الخنافس)، وله نشاط سام للبيض. ويؤثر على الحشرات بنفس طريقة منظمات النمو الحشرية مثل تيبوفينوزايد، ولكن ليس له خصائص السمية المعدية أو بالملامسة. وتتوقف تغذية الحشرات مباشرة بعد تعرضها للمبيد. وقد سُجل في عام ١٩٩٩م للاستخدام على المسطحات الخضراء فقط.

ميثوكسيفينوزايد (انتريبد)، مثل تيبوفينوزايد، مبيد حشري معدي وبالملامسة مع مميزاته كهرمون للشباب – ومنظم نمو حشري. وهو جهازي من خلال الجذور فقط. تشمل الآفات التي يكافحها هذا المبيد حشرات حرشفية الأجنحة مثل فراشة التفاح، فراشة الثمار الشرقية، حفار ساق الذرة الأوروبي، وبعض الآفات الأخرى. وتشمل المحاصيل التي يستخدم عليها هذا المبيد القطن، الذرة، الخضر، ثمار الحلويات، والعنب. وقد اعتبرت وكالة حماية البيئة الأمريكية مركب الميثوكسيفينوزايد منخفض الخطورة وقد سُجل لأول مرة عام ٢٠٠٠م. كرومافينوزايد (ماترك) عضو جديد في هذه المجموعة، وهو غير مُسجل في الولايات المتحدة ويُستخدم لمكافحة أنواع مختلفة من الآفات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة على الخضر ونباتات الزينة.

تيبوفينوزايد (ميمك، كونفرم)

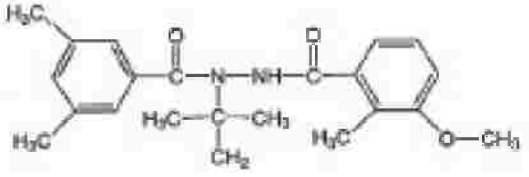
TEBUFENOZIDE (Mimic®, Confirm®)



N-tert-butyl-N'-(4-ethylbenzoyl)-3,5-dimethylbenzo-hydrazide

ميثوكسيفينوزايد (انتريبد)

METHOXYFENOZIDE (Intrepid®)



N'-tert-butyl-N'-(3,5-dimethylbenzoyl)-3-methoxy-2-methyl benzohydrazide

هل يمكن أن تكون منظمات النمو الحشرية عوامل مكافحة ناجحة للآفات ؟ بالتأكيد بإمكانها ذلك مع الوقت. علاوة على ذلك ، يجب أن يتحقق فيها المواصفات العامة المطلوبة في غيرها من عوامل المكافحة الأخرى ؛ أي يجب أن تكون فعّالة في خفض أعداد المجموعات الحشرية إلى مادون مستوى الضرر الاقتصادي ، يجب أن تكون متنافسة مع مبيدات الجيل الثاني الحشرية من حيث التكلفة ، وأن لا يكون لها تأثيرات جانبية غير مرغوبة. باختصار ، منظمات النمو الحشرية لها إمكانيات مثيرة لاستخدامها في المستقبل في المكافحة العملية للحشرات. يجب أن نضع في أذهاننا أن منظمات النمو الحشرية مواد كيماوية لمكافحة الحشرات ، ولذلك يجب أن تدخل ضمن نفس الحدود النظامية للمبيدات الحشرية الأخرى. ومع ذلك ، فالفارق الكبير بينهما أن منظمات النمو الحشرية سامة للمجموعات الحشرية أكثر منها للأفراد. يعتمد النجاح النهائي لأي مادة تستخدم في مكافحة الآفات على قدرة تلك المادة على التحكم في خصوبة الآفة (أي القدرة التكاثرية لها).

الكائنات الدقيقة (المبيدات الميكروبية)
MICROBIALS

أُشتقت تسمية المبيدات الحشرية الميكروبية من الميكروبات أو الكائنات الدقيقة التي تستخدم لمكافحة أنواع معينة من الحشرات. ومثل الذبيات ، فإن الحشرات عُرضة للإصابة بالأمراض المتسببة عن الفطريات ، البكتريا ، والفيروسات. وفي عدة أمثلة ، تم عزل هذه الكائنات المرضة ، وتربيتها ، وإكثارها تجارياً لاستخدامها كمبيدات للآفات.

لا تضر الكائنات الميكروبية المرضة للحشرات بالحيوانات الأخرى أو النباتات. كما أن عكس ذلك أيضاً صحيح. تعتبر هذه الطريقة مثالية في مكافحة الحشرات لأن الكائنات المرضة للحشرات ؛ غالباً ما تكون متخصصة جداً. وبلا شك فإن المستقبل واعد بإضافة هذه المواد إلى سلاح المبيدات الحشرية ، حيث يتم التعرف على عدة كائنات ممرضة جديدة كل عام. إلا أن الأعداد التي تُنتج تجارياً في الوقت الحاضر ويتم ترخيصها من وكالة حماية البيئة الأمريكية قليلة (أكثر من ٥٥ كائن طبيعي و ١٦ كائن معدل وراثياً) تستخدم على محاصيل الأغذية والأعلاف. وفي منتصف عام ٢٠٠٢م اشتملت قائمة وكالة حماية البيئة الأمريكية للكائنات الميكروبية المُسجلة على ٣٥ نوعاً من البكتيريا ، واحداً من الخميرة ، ١٧ من الفطريات ، واحداً من البروتوزوا ، ٦ من الفيروسات ، ٨ كائنات معدلة وراثياً و ٨ جينات لمحاصيل معدلة وراثياً (http://www.epa.gov/oppfead1/cb/ppdc/2002/regist-biopes.htm).

يحتوي الجدول رقم (٢٤.٢). على قائمة بمبيدات الآفات الميكروبية (من أصل ميكروبي) والمسجلة بواسطة وكالة حماية البيئة الأمريكية. وهناك أعداد أخرى كثيرة ، في مراحل مختلفة من التطوير ، أو ربما تحت الاستخدام في الدول الأخرى.

الجدول رقم (٢٤,٢). المبيدات الميكروبية، المنتجات ذات العلاقة بالميكروبات، والمحاصيل المعدلـه وراثيـاً بجينـات *Bacillus thuringiensis* المسجلة بواسطة وكالة حماية البيئة الأمريكية.[٦]

الكائن الدقيق	عام التسجيل	الآفة التي يتم مكافحتها
البكتريا:		
Bacillus papillae & B. lentimorbus	١٩٤٨م	يرقات الخنافس اليابانية
B. thuringiensis subsp. kurstaki	١٩٦١م	يرقات حرشفية الأجنحة
Agrobacterium radiobacter K48	١٩٧٩م	أورام التاج (مرض نباتي)
B. thuringiensis Berliner	١٩٨٠م	يرقات حرشفية الأجنحة
B. thuringiensis subsp. Israelensis	١٩٨١م	يرقات ثنائية الأجنحة
B. thuringiensis subsp. Tenebrionis	١٩٨٨م	يرقات غمدية الأجنحة
Pseudominas fluorescens A506	١٩٩٢م	نوع من البكتريا *Pseudomonas* المسببة لتكون البلورات الثلجية
P. fluorescens 1629 RS	١٩٩٢م	نوع من البكتريا *Pseudomonas* المسببة لتكون البلورات الثلجية
P. syringae 742 RS	١٩٩٢م	نوع من البكتريا *Pseudomonas* المسببة لتكون البلورات الثلجية
B. thuringiensis var. *kurstaki* EG2348	١٩٨٩م	يرقات حرشفية الأجنحة
B. thuringiensis var. kurstaki EG2424	١٩٨٩م	يرقات حرشفية الأجنحة
B. thuringiensis var. kurstaki EG2371	١٩٩٠م	يرقات حرشفية الأجنحة
B. sphaericus	١٩٩١م	يرقات ثنائية الأجنحة (الذباب)
B. subtilis GB03	١٩٩٢م	أمراض ذبول البادرات
B. thuringiensis subsp. Aizawai GC—91	١٩٩٢م	يرقات حرشفية الأجنحة
B. thuringiensis subsp. aizawai	١٩٩٢م	يرقات حرشفية الأجنحة
Burkholderia cepacia type WisconsinM36	١٩٩٢م	أمراض ذبول البادرات، والنيماتودا
Streptomyces griseoviridis K 61	١٩٩٣م	أمراض ذبول البادرات
B. thuringiensis subsp. kurstaki BMP 123	١٩٩٣م	يرقات حرشفية الأجنحة
B. subtilis MBI 600	١٩٩٤م	أمراض ذبول البادرات
B. thuringiensis subsp. kurstaki EG7673	١٩٩٥م	يرقات حرشفية الأجنحة
P. syringae ESC 10	١٩٩٥م	مسببات الأمراض للثمار بعد الحصاد
P. syringae ESC 11	١٩٩٥م	مسببات الأمراض للثمار بعد الحصاد
B. thuringiensis subsp. kurstaki Mc200	١٩٩٦م	يرقات حرشفية الأجنحة
B. thuringiensis subsp. kurstaki EG7841	١٩٩٦م	يرقات حرشفية الأجنحة
Burkholderia cepacia type Wisc.isolate J 82	١٩٩٦م	أمراض ذبول البادرات ، والنيماتودا
B. thuringiensis subsp. kurstaki EG7673	١٩٩٦م	يرقات غمدية الأجنحة (حنفساء بطاطس كلورادو)
Bacillus cereus Strain BP01	١٩٩٧م	منظم نمو نباتي
B. subtilis var. *amyloliquefaciens* St.F2B 24	٢٠٠٠م	منظم نمونباتي ومكافحة أمراض
B.subtilis. St. QST 713	٢٠٠٠م	عدة أمراض نباتية

تابع الجدول رقم (٢٤,٢).

الكائن الدقيق	عام التسجيل	الآفة التي يتم مكافحتها
Pseudomonas chlororaphis St. 63-28	٢٠٠١م	أعفان الجذور والسيقان
B. pumilis St. GB 34	٢٠٠٣م	أمراض فول الصويا في التربة
B. pumilis St. QST-2808	٢٠٠٣م	أمراض البياض الدقيقي
B. licheniformis SB 3086 (Ecoguard)	٢٠٠٣م	أمراض المسطحات الخضراء
Brevibacillus brevis	–	بانتظار تسجيله لمكافحة العفن البني، أمراض ذبول البادرات
الخميرة:		
Candida oleophila I-182	١٩٩٥م	مسببات الأمراض للثمار بعد الحصاد
الفطريات:		
Phytophthora palmivora MWV	١٩٨١م	خناق ساق اللوانح (حشيشة ضارة)
Colletotrichum gloeosporioides f. sp. Aeschynomene ATCC 20358	١٩٨٢م	حشيشة الحُلبان (Northern joint vetch)
Trichoderma harzianum ATCC 20476	١٩٨٩م	مسببات تعفن الجروح في الأشجار
T. polysporum ATCC 20475	١٩٨٩م	عفن الأخشاب
Gliocladium virens G-21	١٩٩٠م	مسببات أمراض البادرات البيثيوم والرايزوكتونيا
Trichoderma harzianum Rifai KRL-AG2	١٩٩٠م	أمراض ذبول العفن الطري
Legenidium giganteum	١٩٩١م	يرقات البعوض
Metarhizium anisopliae ESF1	١٩٩٣م	الصراصير والذباب
Puccinia canaliculata (Schweinitz) Langerheim ATCC 40199	١٩٩٣م	حشيشة السعدان الأصفر
Ampelomyces quisqualis M10	١٩٩٤م	لأمراض البياض الدقيقي
Beauveria bassiana GHA	١٩٩٥م	النطاطات، صراصير الغيط،الجراد والذباب الأبيض
Beauveria bassiana ATCC 74040	١٩٩٥م	الذباب الأبيض، دودة لوز القطن
Gliocladium catenulatum Strain J1446	١٩٩٦م	الفطريات
Paecilomyces fumoroseus Apopka Strain 97	١٩٩٧م	مبيد حشري لا يستخدم على الأطعمة
Gliocladium catenulatum St. J1446	١٩٩٨م	أعفان البذور، السيقان والجذور
Trichoderma harzianum St. T-39	٢٠٠٠م	أعفان الجذور
Coniothyrium minitans St. CON/M/91-08	٢٠٠١م	فطريات السكليروتينيا في التربة
Puccinia thlaspeos St. woad	٢٠٠٢م	حشيشة الدابر (الوَسْمة)
Metrhizium anisopliae St. ESF 1	٢٠٠٢م	النمل الأبيض
Mitrhizium anisopliae St. F52	٢٠٠٢م	القراد الخافي، الذباب الترسي
Beauveria bassiana St. 447	٢٠٠٢م	لمنع الأخذية، النمل الناري، الصراصير
Pseudozyma flocculosa St. PF-A22 UL	٢٠٠٣م	أمراض البياض الدقيقي

تابع الجدول رقم (٢٤,٢).

الكائن الدقيق	عام التسجيل	الآفة التي يتم مكافحتها
البروتوزوا:		
Nosema locustae	١٩٨٠م	النطاطات
الفيروسات:		
Heliothis nucleopolyhedrosis virus (NPV)	١٩٧٥م	دودة لوز القطن، دودة البراعم
Douglas fir tussock moth NPV	١٩٧٦م	فراشة التنوب
Gypsy moth NPV	١٩٧٨م	يرقات فراشة الفجر (الخيمية)
Beet army worm NPV	١٩٩٥م	يرقات دودة البنجر الجيشية
Corn earworm NPV	١٩٩٥م	دودة الذرة السمعية، ودودة براعم نبات التبغ
Cydia pomonella Granulosis virus (فيروس حبيبي)	٢٠٠٠م	يرقات فراشة التفاح (الكودلنج)
Indian meal moth GV الفيروس الحبيبي لفراشة الدقيق الهندية	٢٠٠١م	فراشة الدقيق الهندية
الفيروس النووي عديد الأوجه لدودة الكرفس القياسة Celery looper NPV	٢٠٠٢م	ديدان الملفوف والكرفس القياسة، ديدان لوز القطن
مواد ميكروبية غير حية:		
B. thuringiensis subsp. *Kurstaki* delta-endotoxin في البكتريا المتبة *P.fluorescens*	١٩٩١م	يرقات حرشفية الأجنحة
B. thuringiensis subsp. San diego delta-endotoxin في البكتريا المتبة *P.fluorescens*	١٩٩١م	يرقات غمدية الأجنحة
B. thuringiensis Cry 1 Ac & Cry 1c delta-endotoxin في البكتريا المتبة *P.fluorescens*	١٩٩٥م	يرقات حرشفية الأجنحة
B. thuringiensis subsp. *Kurstaki* Cry 1C delta-endotoxin في البكتريا المتبة *P.fluorescens*	١٩٩٦م	يرقات حرشفية الأجنحة
نواتج التخمير الصلبة والخالية المتبة لبكتريا *Myrothecium verrucaria*	١٩٩٦م	النيماتودا
Agrobacterium radiobacter St. 1026	١٩٩٩م	الورم التاجي
النباتات المعدلة وراثياً المسامة للآفات:		
B. thuringiensis Cry3A delta-endotoxin والمادة الوراثية الضرورية لانتاجها في البطاطس	١٩٩٥م	متضمناء بطاطس كلورادو
B. thuringiensis Cry1 Ab delta-endotoxin والمادة الوراثية الضرورية لانتاجها في الذرة	١٩٩٥م	يرقات حرشفية الأجنحة
B. thuringiensis Cry1 Ac delta-endotoxin والمادة الوراثية الضرورية لانتاجها في القطن	١٩٩٥م	يرقات حرشفية الأجنحة

تابع الجدول رقم (٢٤,٢).

الكائن الدقيق	عام التسجيل	الآفة التي يتم مكافحتها
B. thuringiensis Cry1 Ab delta-endotoxin والمادة الوراثية الضرورية لانتاجها في الذرة	١٩٩٦م	يرقات حرشفية الأجنحة
B. thuringiensis Cry1 Ac delta-endotoxin والمادة الوراثية الضرورية لانتاجها في الذرة	١٩٩٧م	يرقات حرشفية الأجنحة
B. thuringiensis Cry 9C delta-endotoxin والمادة الوراثية الضرورية لانتاجها في الذرة*	١٩٩٧م	يرقات حرشفية الأجنحة
Potato leafroller resistance gene , New Leaf Plus® Potato حين مقاوم لطاوية أوراق البطاطس	١٩٩٩م	لآفات (طاويات) أوراق البطاطس
B. thuringiensis Cry 1F delta-endotoxin والمادة الوراثية الضرورية لأنتاجها في الذرة	٢٠٠١م	حفار ساق الذرة الأوروبي
B. thuringiensis Cry 2Ab (Vector OHBK1 IL) البروتين والمادة الوراثية الضرورية لإنتاجها في القطن	٢٠٠٢م	حرشفية الأجنحة Cry1 Ac& Cry 2Ab
B. thuringiensis Cry3 Bb 1 delta-endotoxin والمادة الوراثية الضرورية لإنتاجها في الذرة	٢٠٠٣م	ديدان جذور الذرة

* تم إخلاؤها

(١) المرجع بتصرف من:

Schneider W (09/04/1998) Microbial Pesticides Registered With the Biological Pesticide Products Division, Environmental Protection Agency. Courtesy, W.L. Bielu, Interregional Research Project No.4, Center for Minor Crop Pest Management, Rutgers University, New Brunswick, New Jersey.

البكتريا (Bacteria)

أكتشف المبيد الحشري البكتيري (Bt) *Bacillus thuringiensis* في بداية القرن العشرين. يتبع هذه البكتريا عدد كبير من تحت الأنواع التي يتم تعريفها بعدد من الخصائص مثل، الأنتيجينات السطحية surface antigens، ترتيب البلازميد، مدى الأنواع التي تستجيب للتأثير الإبادي لها. الـ Bt بكتريا تعيش في التربة، موجبة لصبغة جرام، ومنتجة للجراثيم، كما تنتج جسم بلوري صغير أو أكثر مجاور لخلاياها المتجرثمة. وهذه البلورات مركبة من بروتينات كبيرة تُعرف باسم دلتا – اندوتوكسين (δ-endotoxins). يؤثر الدلتا- اندوتوكسين على الحشرات من خلال ارتباطه بمستقبلات خاصة على الجدار الداخلي للقناة الهضمية للحشرة، مؤدياً إلى التحلل البطيء لبطانة المعدة، مما يؤدي إلى موت الحشرة جوعاً. ولذلك، فموت الحشرة يتطلب عدة أيام بعد ابتلاعها لمنتجات هذه البكتريا.

تم اكتشاف عدة سلالات من الـ Bt، كل منها له مواصفات سمية مميزة لأنواع مختلفة من الحشرات. سلالة البكتريا كورستاكي (*B. thuringiensis* spp. *kurstaki*) هي السلالة الأولى، والمادة الفعّالة فيها هي جراثيم

وبلورات مادة دلتا – اندوتوكسين، ويتم انتاجها بواسطة تخمير النمط السيرولوجي H-3a3b، HD-1 لبكتيريا Bt بيرلاينز، لسلالة كورستاكي.

يمكن استخدام منتجات عملية التخمر في مكافحة معظم الآفات المنتمية إلى رتبة حرشفية الأجنحة التي تتميز يرقاتها برقم حموضة (pH) مرتفع، وتشمل ديدان الجيش، وديدان الملفوف القيّاسة، وديدان الملفوف (المستوردة)، وديدان فراشة الغجر، وديدان براعم البيسيان.

السلالة الثانية هي (*B. thuringiensis* spp. *israelensis*)، والمادة الفعّالة فيها هو السم البلوري دلتا – اندوتوكسين، ويمكن انتاجها بتخمير النمط السيرولوجي (المصلي) H-14 لبكتيريا Bt بيرلاينر Berliner سلالة *israelensis* وتستعمل هذه المنتجات في المقام الاول لمكافحة الحشرات المائية، مثل الاطوار اليرقية لكل من البعوض والذباب الاسود.

السلالة الثالثة هي (*B. thuringiensis* spp. *aizawai*) تنتج بواسطة تخمير النمط سيرولوجي H-7. هذا المنتج مُسجل في الوقت الحاضر لمكافحة يرقات فراشة الشمع التي تصيب خلايا نحل العسل.

بعد ذلك تأتي السلالة (*B.thuringiensis* spp. *morrisoni*)، حيث تنتج الجراثيم والسم البلوري (دلتا – اندوتوكسين) بواسطة تخمير النمط السيرولوجي 8a8b. هذا النوع من الـBt ذو تأثير واسع الطيف ضد معظم يرقات حرشفية الأجنحة التي تصيب معظم المحاصيل، بما في ذلك الحدائق المنزلية.

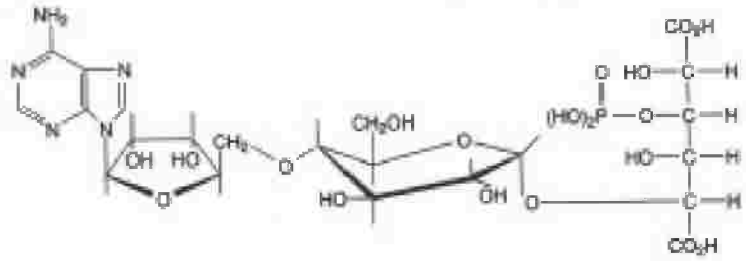
تم إنتاج سلالة (*B. thuringiensis* spp. *san diego*) لمكافحة خنفساء بطاطس كلورادو على كل عوائلها النباتية، خنفساء ورق الدّر elm، ويرقات أنواع الخنافس الأخرى على مدى واسع من أشجار الظل وأشجار الزينة، هي أول منتج من بكتريا Bt فعّال ضد يرقات غمدية الأجنحة.

كما أنتجت أيضاً السلالة (*B. thuringiensis* spp. *tenebrionis*) ضد خنفساء بطاطس كلورادو. وكما يبدو فإن سلالة سان دايجو *san diego* spp. ثبت فيما بعد أنها مطابقة لسلالة تينيبريونس (*tenebrionis*).

في عام ١٩٦٠م، أُكتشف سم حشري آخر يتم إنتاجه بواسطة سلالات الـ Bt ويختلف عن المادة الفعّالة السابق ذكرها (دلتا – اندوتوكسين). تشمل الاختلافات الرئيسية ثباته تحت الحرارة والأشعة فوق البنفسجية، وكذلك طيفه الواسع ضد مدى أكبر من الأنواع الحساسة. عُرّفت هذه المادة مبدئياً على أنها بيتا – إكسوتوكسين (β-exotoxin) وتُعرّف بالاسم الشائع، ثيورينجينسين (thuringiensin). ومع ذلك، فشلت عملية إنتاج هذه المادة تجارياً.

استخدام جينات بكتيريا .Bt المنقولة الى المحاصيل يعتبر نقطة تحول في مجال المبيدات الميكروبية وسوف يتم التطرق إليها في الفصل الخامس والعشرون. وقد تبنت وكالة حماية البيئة الأمريكية مراجعة استخدام جينات بكتيريا الـ .Bt في المحاصيل وأكملتها في نهاية عام ٢٠٠١م وقد نجم عن تلك المراجعة عدد من البيانات الجديدة الازم وضعها على المحاصيل المعدلة وراثياً والتي تستخدم فيها بكتيريا الـ .Bt

ثيورينجينسين (THURINGIENSIN)



(الاسم الكيميائي غير متاح)

الفيروسات (Viruses)

قسم الفيروسات العصوية والذي يشمل الفيروسات المحببة والفيروسات النووية عديدة الأوجه (NPV) والتي تصيب الحشرات الضارة بالنباتات مثل الفراشات أو الخنافس أو الأنواع الأخرى ذات العلاقة. توجد عدة فيروسات تم تسجيلها للاستخدام الزراعي بواسطة وكالة حماية البيئة الأمريكية، وهي: الفيروس النووي عديد الأوجه لجنس هليوثس (*Heliothis*) (لم يعد يُستخدم)، وهو متخصص ضد دودة كيزان الذرة، دودة لوز القطن، ودودة براعم التبغ (وكان يباع باسم إلكار "Elcar®" وبايوترول في. اتش. زد. (Biotrol VHZ®)، فيروس فراشة التنوب (Douglas fir) وهو متخصص ليرقات فراشة التنوب؛ فيروس فراشة الغجر، وفيروس *Neodiprion sertifer* (تم الغاء تسجيله) وهو متخصص على يرقات ذبابة المنشار. سجل الفيروس الحبيبي لفراشة التفاح في عام ١٩٩٦م للاستخدام على أشجار الفاكهة المتساقطة الأوراق والجوز تحت إسم ديسايد (Decyde®).

الفيروسات الممرضة للحشرات متخصصة جداً ولها طرق تأثير متنوعة. بوجه عام، تنتج الفيروسات بروتينات بلورية تأكلها اليرقات وتبدأ تلك الفيروسات نشاطها في معدة الحشرة. هذه البروتينات والتي تشكل الأجسام المتجمعة هي الكينونات المُسجلة كمواد فعالة بواسطة وكالة حماية البيئة الأمريكية. عندما يتم ابتلاع ودخول الوحدات الفيروسية من خلال جدار المعدة إلى الدم (الهيمولمف) تتضاعف الوحدات الفيروسية بسرعة وتتحكم في وراثة الخلايا، متسببة في النهاية في موت الحشرة. أول نوعان من الفيروسات النووية عديدة الأوجه التي سُجلت بواسطة وكالة حماية البيئة الأمريكية هما الأجسام المتجمعة من فراشة التنوب (١٩٧٦م) ومن فراشة الغجر (الجيبسية) (١٩٧٨م) وتم تسجيلهما بواسطة تلك الوكالة في عام ١٩٩٨م. وفي نهاية عام ٢٠٠٢م كانت الوكالة قد سجلت الأجسام المتجمعة من خمسة فيروسات نووية عديدة الأوجه واثنين من الفيروسات الحبيبية. وبالإضافة إلى الفيروسات المذكورة سابقاً، فالأنواع الأخرى المسجلة تشمل: * الفيروسات النووية عديدة الأوجه من دودة الحشد (الجيش) ودودة كيزان الذرة وقد سُجلت في عام ١٩٩٥م على محاصيل الخضر، الزينة، وعدة محاصيل أخرى.

- الفيروس الحبيبي لفراشة الدقيق الهندية (فروت جارد ف)، سجل في عام ٢٠٠١م للاستخدام على النقل والفواكه المجففة في المخزن وفي أماكن التجهيز والتعبئة.
- الفيروس النووي عديد الأوجه لفراشة الكرفس القيّاسة (سُجل في عام ٢٠٠١م) للاستخدام على عدة محاصيل في الحقل والبيت المحمي.

هناك نوعان جديدان من المبيدات الحشرية من أصل فيروسي هما *Cydia pomenella* (جالاكسي في ٤سي) سُجل في عام ٢٠٠٢م للاستخدام ضد فراشة التفاح (الكودلنج) على أشجار الفاكهة المتساقطة والنُقل. والفيروس النووي عديد الأوجه *Mamestra configurata* (فيروسوفت) لمكافحة دودة الجيش البرتية على الكانولا.

المحفزات الغذائية Feeding Stimulants

هناك تطور جديد في الاستخدام الزراعي للمبيدات الميكروبية للحشرات وهو إضافة المحفزات الغذائية بحيث تعمل المخاليط الناتجة مع الغذاء كطعوم. تجذب هذه المحفزات الغذائية اليرقات للأجزاء الخضرية المعاملة، مما يزيد من استهلاك اليرقات لكمية أكبر من المبيد الميكروبي. من المحفزات الغذائية التي نجح تسويقها كوآكس وهو مستخرج من بذرة القطن ويستخدم كمستحضر مركز قابل للانسياب. مُنتج آخر شبيه جداً بالسابق هو جستول، وقد أُوقف إنتاجه من قِبَلْ المُصَنِّعْ.

الفطريات (Fungi)

مايكار (Mycar®) مبيد أكاروسي واعد ضد الحلم من أصل حيوي، وهو مبيد أكاروسي من أصل فطري، وقد أُوقف إنتاجه بواسطة المُنتج في عام ١٩٨٤م. الفطر هو *Hirsutella thompsonii*، فطر متطفل يصيب ويقتل أكاروس صدأ الموالح. تحت الظروف المثالية، يمكن أن يصيب هذا الفطر الأكاروسات الحمراء وربما الأكاروسات الأخرى غير المستهدفة. علاوة على ذلك، كان هذا الفطر فعالاً ضد أكاروس صدأ الموالح بصفة خاصة، ولذلك فهو مبيد اختياري للأكاروسات. عندما يرش على النباتات، تنمو الجراثيم في مستعمرات، ثم تعْلَقْ بالأكاروس. وفي حالة وجود كمية وفيرة من الرطوبة الحرة، تنبت الجراثيم الفطرية وتصيب الأكاروس، الذي يموت خلال ثلاثة أيام، ثم ينتشر الفطر مواصلاً تكاثره. وبهذه الطريقة يعطي فعالية جيدة ذات أثر باقي طويل. ولأن العامل النشط هو الفطر، فإن كل المبيدات الفطرية التجارية، مثل الكيماويات النحاسية، وبعض أملاح المعادن الأخرى مثل الزنك والرصاص والمنجنيز تقلل من نجاح الفطر في مكافحة الآفة. وحيث أن الفطر السابق عالي التخصص، فإنه متوافق تماماً مع الأساليب الأخرى المستخدمة في المكافحة المتكاملة لآفات الموالح. سجلت وكالة حماية البيئة الأمريكية الفطر *Metarhizium anisopliae* (سلالة F52) في عام ٢٠٠٢م لمكافحة أنواع مختلفة من القراد، الخنافس، الذباب، الهاموش والتربس للاستخدام على المحاصيل غير الغذائية خارج المنازل وفي البيوت المحمية. بعض

تسجيلات الاستخدام مشروطة لسنتين ومعلقة بمعرفة نتائج الدراسات عن أداء هذا المبيد. سلالة أخرى من هذا الفطر (سلالة ESF1) أيضاً مُسجلة كمبيد للنمل الأبيض (الأرضة).

تم تطبيق الفطر *Aspergillus flavus* سلالة AF36 في عام ١٩٩٨م بهدف تسجيله كمبيد حشري حيوي على القطن. وكان الغرض من ذلك هو المساعدة على تقليل دخول وإنتشار الأنواع الأخرى من نفس جنس الفطر، التي تنتج سم فطري شديد السمية هو الأفلاتوكسين (Aflatoxin) في بذور القطن.

البروتوزوا (Protozoa)

طوّرت شركة ساندوز في عام ١٩٨١م مبيداً من أصل حيوي يستخدم في مكافحة النطاطات هو البروتوزوا *Nosema locustae*. ويُسوّق تحت الأسماء نولو- بيت ، نولو- بي بي، جراس هوبر أتاك ، والكائن الدقيق في هذه المبيدات هو البروتوزوا المذكورة سابقاً وقد أوقف استخدامها، إلا أن تسجيلها لازال قائماً. اعتماداً على طريقة التطبيق، الظروف المناخية، الكثافة العددية للنطاطات، فإن هذه البروتوزوا تقتل حتى ٥٠٪ من النطاطات، ويحدث العقم لحوالي ٣٠ ٪ من الأفراد الباقية. يحدث أقصى تأثير لهذا المبيد الميكروبي بعد فترة تتراوح بين أسبوعين إلى أربعة أسابيع. يمكن أن يستمر تأثير متبقي هذا المبيد الميكروبي بعد المعاملة مرة واحدة في مكافحة أجيال النطاطات اللاحقة، من خلال انتقاله خلال طور البيضة، لمدة تتراوح بين ٣ إلى ٤ سنوات. وهذا المبيد الميكروبي أكثر فعّالية عندما يتم تطبيقه كطعم، وهو متوفر للاستخدام على أراضي المراعي وكذلك الحدائق المنزلية.

النيماتودا (Nematodes)

يوجد منتجان تجاريان من النيماتودا لمكافحة النمل الأبيض (الأرضة) هما سبير (Spear®) و ساف تي- شيلد (Saf T-Shield®). النيماتودا *Neoaplectana carpocapsae* التابعة لعائلة Steirnernamatidae متخصصة للأنواع تحت الأرضية من النمل الأبيض. تقتل هذه النيماتودا كل أطوار النمل الأبيض من خلال نقلها لنوع من البكتريا الممرضة اسمها *Xenorhabdus* spp.، والتي تكون قاتلة خلال ٤٨ ساعة بعد دخولها. ولسوء الحظ لم ينجح أي من المنتجين تجارياً.

المكافحة الميكروبية كأداة مهمة في برامج مكافحة الآفات وثيقة الصلة بنوعين معاصرين من هذه الطرق وهما المكافحة الكيميائية والمكافحة الحيوية. تنطبق بعض المميزات والعيوب لكلا هاتين الطريقتين أيضاً على المكافحة الميكروبية. فمثلاً يمكن إنتاج بعض الكائنات الممرضة تجارياً بكميات كبيرة (مثل المبيدات الكيماوية)، وتطبق بالطرق الاعتيادية في جرعات، عند مستويات معينة لقتل الإصابات المتفشية ثم تتحلل في البيئة. العامل الميكروبي في مثل هذه الحالات، هو بالضرورة مبيد حشري حيّ، ولا يتوقع أن يطول بقاء مخلفات هذا المبيد فعالة بعد التطبيق.

وحيث أن المواد الميكروبية كائنات حية، فإن معظم الأساسيات التي تطبق على عوامل المكافحة الحيوية الأخرى، مثل الطفيليات والمفترسات، تنطبق تماماً على الكائنات الممرضة للحشرات. فمثلاً، الكائنات الممرضة يمكن نقلها (استيرادها) إلى بيئة غير موجودة فيها لإحداث العدوى بالمرض، ولكن التأثيرات الرئيسية للكائن الممرض تأتي من تكاثره وانتشاره في مجموع الآفة. الكائنات الممرضة، مثل المفترسات والطفيليات، ذاتية الاستمرار وذات طبيعة تنظيمية لأعداد الآفة. يستمر بقاء بعضها في البيئة ويصبح من عوامل الموت المستديمة للآفة.

من الأمثلة الجيدة على ذلك، بكتيريا المرض الحليبي (milky disease) *Bacillus popilliae* Dutky؛ *B. lentimorbus* Dutky، المستخدمة لمكافحة الخنفساء اليابانية؛ والبروتوزوا *Nosema locustae* السامة للنطاطات.

تؤثر الكائنات المسببة للأمراض ومنها البكتريا، الفيروسات، الفطريات، النيماتودا، والبروتوزوا على مدى واسع من الحشرات النافعة والضارة على حد سواء. تؤدي هذه الكائنات في الطبيعة دوراً كبيراً في تنظيم أعداد الآفات. فمثلاً، في معظم الأنظمة البيئية الزراعية يُقتل أعداد كبيرة من ديدان الملفوف القيّاسة سنوياً بواسطة الفيروسات النووية عديدة الأوجه التي توجد في الطبيعة. وبالمثل، فهناك فيروس آخر عديد الأوجه مهم في المكافحة الطبيعية لفراشة البرسيم. تحت الظروف المفضلة من درجات الحرارة والرطوبة، تؤدي الفطريات الممرضة دوراً مهماً كجزء من المكافحة الطبيعية لأعداد كبيرة من الحشرات. فمثلاً، هناك عدة أنواع من الفطريات الممرضة تصيب حشرة مَنّ البرسيم المنقط (spotted alfalfa aphid).

مع أن هناك أعداداً كبيرة من الحشرات عرضة للإصابة والموت بواسطة الكائنات الممرضة التي تحدث طبيعياً في البيئة، فإنه لا يمكن الاعتماد عليها نظراً لأنه لا يمكن التنبؤ بطبيعتها. تم إجراء الكثير من البحوث لمعرفة أفضل علاقة بين المكونات الثلاثة المهمة في تفشي المرض: العائل الحشري، الكائن الممرض، والبيئة المحيطة. العائق الآخر هو أن بعض الكائنات الممرضة تُبدي تأثيراً قوياً ضد آفة معينة في المعمل، ولكن يلاحظ أن لها تأثير ضعيف نسبياً تحت الظروف الحقلية. ويوضّح الفيروس الذي يصيب دودة كيزان الذرة هذه الحالة. كانت المحاولات الأولى لاستخدام الفيروس النووي عديد الأوجه في المكافحة الحقلية للآفة السابقة غير كافية على الإطلاق، بسبب أن الأشعة فوق البنفسجية تجعل هذا الفيروس غير فعال (تحطم الفيروس). تم تجهيز عدة مستحضرات من هذا الفيروس في محاولة لحجب دقائق الفيروس من الإشعاع الزائد ولزيادة فعاليته في الحقل.

قد لا يكون المستخدم العادي مولع باستخدام هذه المنتجات على وجه الخصوص، وذلك لأنها بطيئة في تأثيرها إذا ما قورنت بالمبيدات الحشرية الاعتيادية، وتتطلب عدة أيام لاستئصال الآفة، ولأن فترة حياة هذه الميكروبات الممرضة قصيرة، فيلزم تكرار تطبيقها.

كلما جمع العلماء معلومات إضافية عن الميكروبات الممرضة للحشرات وتم معرفة إحتياجاتها البيئية بشكل أفضل، سوف تصبح المكافحة الميكروبية بالتأكيد أداة رئيسية في المكافحة المتكاملة للحشرات. تقدم الكائنات

الممرضة والفيروسات بوجه خاص ، العديد من الأسلحة الجوهرية في مكافحة الحشرات ، سواءٌ كانت مشابهة في طريقة تأثيرها للمبيدات الكيماوية أو مشابهة في تأثيرها للأعداء الحيوية الطبيعية.

مبيدات حشرية أخرى حيوية المصدر Other Biorational Insecticides

تم التطرق في الفصل الرابع إلى عدد من المنتجات ذات الأصل النباتي أو الزهري والتي يعتبرها الكثيرون مبيدات حيوية المصدر وهي حقاً كذلك. وقد أدرجتها وكالة حماية البيئة الأمريكية ضمن فئة مبيدات الآفات حيوية المصدر. ومنها زيت النيم ، مركب السينمالدهايد ، وزيوت كل من اليانسون ، الستروتلا ، الكافور ، الليمون ، البرتقال والقرنفل. وبالمثل ، فأن معظم منظمات النمو النباتية والتي تم التطرق إليها في الفصل الثاني عشر تدخل ضمن فئة المركبات الحيوية المستنبطة (أو الحيوية العقلانية) ومنها (الإيثلين ، أحماض الجبرلين ، السايتوكينينات ، حمض الجلوتاميك Lglutamic ، ...إلخ). قليل من المواد الطبيعية الطاردة التي تم التطرق إليها مثل الأنثراكوينون ، الفلفل الحار ، أو الدم المجفف كلها أيضاً تدخل ضمن هذه الفئة. مُنتج جديد ، فرتوسو ، وهو مركب كيموحيوي يستخدم لمكافحة يرقات حرشفية الأجنحة ولكن لا يُعرف عنه إلا القليل حتى الآن.

مكافحة الحشائش
WEED CONTROL

يلزم استبدال مبيدات الحشائش التي فقدت فعاليتها بسبب أو آخر بمبيدات أخرى جديدة أكثر فاعلية. كلما أُنتجت مبيدات جديدة ، وتم مكافحة مجموعات من الحشائش ، تتحرر مجاميع أخرى من الحشائش من المنافسة بسرعة ، وتصبح متحملة للمبيدات ، حيث تسود وتصبح آفات خطيرة. مع ظهور مركبات الكلوروفينوكسي (2,4-D وغيره) ، التي تعتبر اختيارية جداً الحشائش عريضة الأوراق ، أصبحت الحشائش النجيلية آفات أكثر خطورة من ذي قبل. هناك تغيرات مشابهة تحدث عندما تستخدم مجموعة كيميائية من مبيدات الحشائش بشكل متكرر ومستمر. في بعض الحالات ، يمكن التغلب على هذه المشكلة باستخدام مجاميع مختلفة من مبيدات الحشائش بالتناوب. وفي حالات أخرى ، تستعمل مخاليط من مبيدات الحشائش المختلفة لتوسيع طيف الحشائش التي يراد مكافحتها. (لمزيد من المعلومات عن تحمل الحشائش ومقاومتها لمبيدات الحشائش انظر الفصل الأول).

تشكل مبيدات الحشائش حوالي ٥٠٪ من المجموع الكلي العالمي لمبيدات الآفات الزراعية المستخدمة (بالدولار الأمريكي) و ٧٥٪ من استخدام مبيدات الآفات في الولايات المتحدة.

إن الزيادة المستمرة في استخدام مبيدات الحشائش والاستثمار التجاري فيها يدل على زيادة فوائدها للزراعة ، ويوضح أن المكافحة الكيماوية للحشائش ، بالإضافة إلى تقليلها من المعاناة الهائلة للإزالة اليدوية

للحشائش، فإنها زادت من الدخل الصافي للمزارعين حول العالم. بالرغم من التقدم التقني في مجال مبيدات الحشائش فإنه من المتوقع إستمرار التحسينات فيها لعدة عقود طالما توفرت واستخدمت في الدول النامية.

تصاحب هذا الاستخدام المتزايد لمبيدات الحشائش في الزراعة جهوداً بحثية هائلة متعلقة بالتصنيع، الاختبار، التطوير، والإنتاج لمبيدات حشائش كيميائية جديدة. وعدم إغفال النمو السريع في الأبحاث المتعلقة بالنباتات المعدلة وراثياً والتي تزيد من خيارات المكافحة التقليدية للحشائش. إن معامل الكيمياء الحيوية وفسيولوجيا النبات في الجامعات والأماكن البحثية الفيدرالية، وكذلك تلك المتعلقة بالتصنيع، تُجري الأبحاث فيما يتعلق بامتصاص، انتقال، وطريقة تأثير مبيدات الحشائش، وكذلك التأثيرات المورفولوجية لها. تهتم علوم التربة، علوم الأحياء الدقيقة، ومعامل تحليل متبقيات مبيدات الآفات بدراسة مصير مبيدات الحشائش، وتشمل: الامتصاص، الارتباط، التغيرات الكيميائية، والتحلل الضوئي والحيوي. تمثل هذه الدراسات الجهود المطلوبة لفهم وظائف مبيدات الحشائش، لتوثيق تسجيلها من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية.

مبيدات الحشائش التي تقاوم التحلل الحيوي والضوئي بشدة والتي تسبب متبقياتها بعض المشاكل، وتبقى في التربة وعلى المنتجات النباتية كمنتجات تحلل وسطية، يتم استبعادها بواسطة وكالة حماية البيئة الأمريكية أو تتم مراقباتها بدقة. وتاريخ المبيدات الحشرية ذات الأثر الباقي في البيئة يعطينا دروساً كثيرة لمستقبل مبيدات الحشائش.

سوف يتم تطوير مبيدات حشائش المستقبل من المبيدات الحيوية الأصل وليس من الكيماويات غير الاختيارية التي تبقى مخلفاتها غير المرغوبة في التربة ليتم انتقالها إلى المحاصيل اللاحقة. قد تكون الكائنات الممرضة مثل الفطريات واليكتيريا بصفة خاصة هي المفيدة في عدوى وقتل حشائش معينة بدون الإضرار بالمحصول العائل.

مبيدات الحشائش – من أصل فطري = الفطريات الممرضة للحشائش (Myco-Herbicides)

إحدى الأفكار الجديدة في مكافحة الحشائش هو استخدام الكائنات الدقيقة مثل مسببات الأمراض النافعة وذاتية التكاثر. من أوائل الفطريات التي سجلت في هذا المجال فطر (Devine®) *Phytophthora palmivora*، وهو كائن ممرض يوجد طبيعياً، عالي التخصص، يصيب حشيشة خناق المواخ (*Morrenia odorata*)، وهي آفة خطيرة في مروج المواخ. عندما يطبق هذا الفطر بطريقة مناسبة في التربة تحت أشجار المواخ فإنه يقضي على حشيشة خناق المواخ. يستمر هذا الفطر في مخلفات جذور الحشيشة ويستمر في مكافحة ما ينمو من نباتات جديدة منها لفترة قد تصل إلى أكثر من سنة بعد معاملة واحدة. هذا الكائن الممرض اختياري ومتخصص، ولا يصيب جذور أشجار المواخ أو ثمارها أو أجزائها الخضرية. ولأن بعض نباتات الزينة حساسة لهذا الفطر، فيجب أخذ الحذر عند استخدامه. ويؤثر الفطر على الونكة Periwinkle، وعلى كل القرعيات (البطيخ، الشمام، والكانتالوب، ...إلخ). تتم مكافحة حشيشة خناق المواخ التي يمكن أن تقضي تماماً على أشجار المواخ باستخدام الفطر الممرض، خلال ٢ – ١٠ أسابيع.

الفطر الثاني الممرض للحشائش هو كوليجو (Collego®)، وهو الجراثيم الحية لفطر *Collectotricum gloeosporioides f. sp. aeschynomene*، وهو مادة متخصصة تستعمل بعد الانبثاق وتطبق في حقول الأرز لمكافحة حشيشة البن، وفي حقول فول الصويا لمكافحة حشيشة البيّقة (*curly indigo*) northern joint vetch. جراثيم هذا الفطر غير متوافقة مع المبيدات الفطرية، ولذلك يجب ألا يطبق أي منها خلال ثلاث أسابيع بعد تطبيق ال كوليجو. يلزم توفر الرطوبة العالية لعدة ساعات بعد عملية التطبيق لتشجيع إنبات جراثيم الفطر. يحتاج موت الحشائش المستهدفة إلى خمسة أسابيع.

الفطر الثالث الممرض للحشائش هو *Alternaria cassiae*، وهو فطر يصيب طبيعياً حشيشة القرن المنجلي *Cassia obtusifolia*، وقد تم تطويره ثم أوقف استخدامه. فول الصويا والفول السوداني من المحاصيل البقولية، يصابا بشدة بحشيشة القرن المنجلي، إلا أنهما يمتازان بالمناعة ضد هذا المرض الفطري. يلزم توفر الندى أو الضباب لإطالة الفترة الزمنية اللازمة لإنبات الفطر وإصابة الحشائش المستهدفة، كما في حالة فطر كوليجو السابق. تمثل تقنية التطبيق الصعوبة الرئيسية في الوقت الحاضر وفي المستقبل بالنسبة لمبيدات الحشائش المشتقة من الفطريات الممرضة، التي يلزمها كمية كافية من الرطوبة على سطح النبات المُعامل.

هناك نوعان من مبيدات الحشائش الحيوية المبشرة، والتي تحت التطوير منذ التسعينات الماضية، الأول هو فطر *Puccinia canaliculata* (د. بيوسيدج)، Dr.Biosedge® تحت التطوير في جنوب الولايات المتحدة لمكافحة حشيشة السعدان الأصفر yellow nutsedge، والآخر (Mycogen X-Po®، وهو البكتريا المعروفة باسم *Xanthomonas campestris* والمستخدمة لمكافحة بعض أنواع الحشائش الحولية مثل الحشيشة الزرقاء bluegrass وحشيشة *Poa annua*.

مكافحة الأمراض النباتية
PLANT DISEASE CONTROL

هناك طريقتان لاستخدام المكافحة الكيماوية للأمراض النباتية: حماية النباتات من حدوث الإصابة، أو معالجة النباتات بعد الإصابة. من الناحية التاريخية، كانت منع الإصابة هي الطريقة الوحيدة للمكافحة حتى بداية ظهور المبيدات الفطرية الجهازية الحديثة، مثل الأوكساثيينات (oxathiins) والبنزيميدازولات (benzimidazoles) في عام ١٩٦٦م والبيريميدينات (pyrimidines) في عام ١٩٦٨م. وقد كانت هذه المبيدات البداية البارزة المضيئة في تاريخ مكافحة الفطريات الممرضة للنباتات.

تحمي المبيدات الفطرية الجهازية الأجزاء الخضرية الحساسة وكذلك الأزهار، وهي أكثر كفاءة من المبيدات الوقائية، لأن المبيدات الجهازية لها القدرة على الانتقال خلال كيوتيكل النبات وعبر الأوراق. ونظراً لأن هناك

اهتمام كبير فيما يتعلق بالتلوث بالكيماويات الزراعية، فإن المبيدات الفطرية الجهازية تمهد طريقاً جديداً لمكانة خاصة بالمبيدات الفطرية. إذا كان بالإمكان تقليل الجرعة الكلية وعدد المعاملات المطلوبة للمكافحة، فإن الإفراط في استخدام الكيماويات يمكن تجنبه. كما يمكن لهذه المبيدات الجهازية أن تحل محل بعض المبيدات الخطرة.

ولسوء الحظ، فإن المبيدات الجهازية الفطرية التي ظهرت حتى اليوم متخصصة جداً ولها طرق تأثير خاصة مما يجعل مقاومة الفطريات لها شيء محتم. وهذا بالطبع، يعني أن فترة الحياة الكلية المتوقعة لها أقصر بكثير من مبيدات العناصر الثقيلة التقليدية والمبيدات الوقائية ذات الطيف الواسع. مع ذلك، وقد عرفت أسس تركيب وطرق تأثير المبيدات الجهازية الآن، فيكون من الممكن نسبياً إيجاد مبيدات جديدة للاستعمال التجاري.

تتمثل الاحتياجات الحالية لمكافحة الأمراض النباتية في المبيدات الجهازية والعلاجية المستخدمة لأمراض البياض الزغبي، مبيدات بكتيرية جهازية جيدة، والمركبات التي يمكن أن تنتقل إلى النموات الخضرية الجديدة أو الجذور، وذلك بعد معاملة الأجزاء الخضرية للنبات. وعندما تتوفر مبيدات بهذه المواصفات، فإنه يجب التخلي عن المبيدات المستخدمة حالياً والتي لها بعض الأضرار والمساوئ الشائعة.

ويقلنا ذلك إلى آفاق جديدة من المبيدات الفطرية من أصل بكتيري.

المبيدات الفطرية من أصل بكتيري (Bacto-Fungicides)

أول مبيد من هذه المبيدات الفطرية يُسجل بواسطة وكالة حماية البيئة هو البكتريا *Pseudomonas fluorescens* Pf-5، ويُسوّق تحت الاسم التجاري داجار® Dagger (في صورة محببات)، بواسطة شركة ايكوجن (Ecogen)، ويستخدم أساساً كمبيد فطري على القطن لمكافحة فطر البيثيوم (*Pythium ultimum*) وفطر الرايزوكتونيا (*Rhizoctonia solani*) وهي المسببات الرئيسية لمرض ذبول البادرات في القطن. هذا المُنتج تم إيقافه وهو عبارة عن مستحضر محبب، يطبق في أخاديد وضع البذور عند زراعتها.

نوع آخر من البكتريا، وهي *Agrobacterium radiobacter* (سلالة ٨٤)، وتُسوّق تحت اسم جولترول- أ (Galltrol-A®) بواسطة شركة آج بايوكم (AgBioChem)، وهو مُسجل لمكافحة الأمراض التاجية على أشجار الفاكهة المتساقطة الأوراق، أشجار اللوزيات، الأعراش، ونباتات الزينة. يطبق قبل زراعة العُقل وذلك بتغطيسها قبل الزراعة في محلول المبيد، وكذلك رش البذور والبادرات وأجزاء النباتات غير الغذائية أو غير الحاملة للثمار. ولأن مستحضر هذا المبيد عبارة عن مزرعة من البكتريا الحية، فيجب أن يُحفظ مبرداً، مما يطيل فترة تخزينه لعدة شهور.

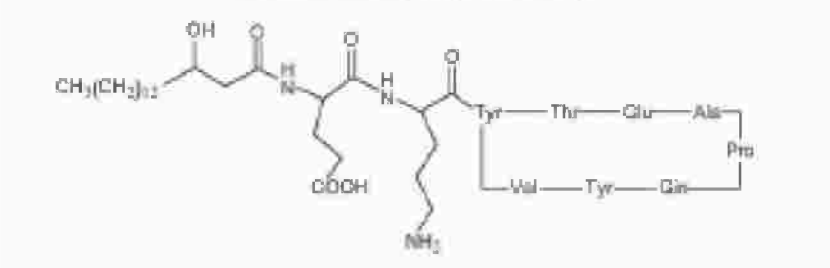
بكتريا *Pseudomonas aureofaciens* سلالة (Spot-Less®) TX-1، تُنتجها شركة ايكوسُويل EcoSoil، وهي مبيد فطري من أصل بكتيري يستخدم لمكافحة أمراض المسطحات الخضراء. تنتج شركة ايكوساينس EcoScience بكتريا *Pseudomonas syringae* (Biosave). وتستخدم لمكافحة العفن الذي يصيب الثمار بعد

الحصاد على التفاح، الكمثرى، والموالح عند التخزين والنقل. بكتريا *Pseudomonas chlorophis*، (AtEze®) تنتجها شركة اجريوم Agrium وتستخدم ضد فطريات الرايزوكتونيا والبيثيوم التي تسبب أعفان الجذور والسيقان التي تصيب الخضر والزهور في البيوت المحمية. بكتيريا *Pseudomonas* (Burkholderia) *cepacia* Wisconsin سلالة J82 سُجلة كمادة لمعاملة البذور لمنع أمراض البادرات في الخضر وبعض المحاصيل الحقلية. سلالة ٥٢ لنفس البكتيريا السابقة سامة للنيماتودا. وتستخدم بكتريا *Bacillus subtilis* (Kodiak) لنفس الاستخدامات العامة في معاملة للبذور.

طُورَتْ في السنوات القليلة الماضية أنواع جديدة من المبيدات الفطرية من أصل بكتيري أكثر من أي نوع آخر من المبيدات الأخرى المستخدمة. وقد ظهرت عدة مبيدات أو سُجلت منذ أواخر التسعينات الماضية. تلك التي سُجلت موضحة في الجدول رقم (٢٤.٢). الإضافات الرئيسية تشمل *B. licheniformis* سلالة SB 3086 (جرين رليف، أكوجارد) والذي سُجل لمكافحة أمراض المسطحات الخضراء في عام ٢٠٠٣م. بكتيريا *B. pumilus* سلالة QST 2808 لمكافحة البياض الدقيقي في العديد من المحاصيل ونباتات الزينة وينتظر تسجيله خلال منتصف عام ٢٠٠٣م وقد مُنح إعفاءات التحمل في بداية العام نفسه. بكتيريا *B. subtilis* Var. *amloiquefaciens* سلالة FZB 24 (تيجرو) لمكافحة أمراض البذور والجذور لنباتات الزينة وسُجل هذا المبيد في عام ٢٠٠٠م كما أنه فعّال كمنظم نمو نباتي. بكتيريا *B subtilis* سلالة QST-713 (سيرينيد) سُجلت في عام ٢٠٠٠م، لعدة أمراض نباتية بينما بكتيريا *B subtilis* سلالة MB 1600 (سيتايتل) والسلالة GOB 3 تستخدمان لمكافحة أمراض البذور وأعفان الجذور على عدة محاصيل. بكتيريا *Brevibacillus brevis* تستخدم لمكافحة أمراض البادرات، العفن البني والبياض الدقيقي على الخضر وتنتظر التسجيل في منتصف عام ٢٠٠٣م. بكتريا *Pseudomonas chloroaphis* سلالة ٦٣٢٨ (آتيز، سيدومان) تستخدم على نباتات الزينة وعلى شتلات الخضر في البيوت المحمية وأمراض الجذور وقد سُجلت في عام ٢٠٠١م. بكتيريا *Streptomyces griseoviridis* سلالة K-61 (مايكوستوب) تحت التطوير لمكافحة أمراض الذبول الطري، الذبول الفيوزاريومي والبوترايتس، وبكتيريا *Streptomyces lydicus* طُورَتْ لمكافحة البياض الزغبي على الملفوف، الخيار والعنب وكذلك اللفحة المتأخرة على الطماطم.

أجراستاتين أي (سيرينيد)

AGRASTATIN A (Serenade®)



المبيدات الفطرية من أصل فطري (Myco-Fungicides)

هناك أربع أنواع من الفطريات مسجلة في ثلاث صور مختلفة لمكافحة الفطريات : فطر *Gltocladium virens* سلالة GL21 (سُويل جارد) تنتجها شركة ثرموتراياوجي Thermo Trilogy لمكافحة فطريات البيثيوم والرايزوكتونيا على نباتات البيوت المحمية ، نباتات الزينة ، وشتلات الخضر. فطر *Trichoderma harzianum* سلالة KRLAG2، (T-22 بلانتر بوكس) وتنتجه شركة بايووركس BioWorks لمكافحة فطر البيثيوم الذي يصيب البادرات.

بينما الصورة الثالثة فهي عبارة عن خليط من فطر *Trichoderma harzianum* سلالة ATCC20476 مع الفطر *T. polysporum* سلالة ATCC20475 وتستخدم لمكافحة الكائنات الدقيقة التي تسبب أعفان الأخشاب (BINAB-T®، من إنتاج شركة بناب بايو – أنوفيشن BINAB Bio-Innovation). وسلالة أخرى جديدة (*T.harizianum* سلالة T-39) سُجلت في عام ٢٠٠٠م لمكافحة الأمراض الفطرية للجذور.

المبيدات الفطرية- ذات المصدر الفطري الجديدة تشمل *Coniothyrium minitans* سلالة CON/M/91-08 (كونتانس) تستخدم لمعالجة فطريات السكليروتينيا ، العفن الأبيض والزهري على الخضر وقد سُجل في عام ٢٠٠١م. *Muscador albus* (مسكادور) والذي يتم تقييمه كمدخن فطري على الخضر والفاكهة ؛ و *Pseudozyma flocculosa* سلالة PF-A22UL (سبورودكس) والذي يكافح البياض الدقيقي في القرعيات والورود (سُجل في عام ٢٠٠٣م).

المبيدات الفطرية من أصول كائنات حية أخرى Other fungicidal organisms

أجريماج مبيد جديد فيروسي ضد البكتيريا ويعمل لمكافحة مرض التبقع البكتيري bacterial speck في الطماطم وعلى مرض التلطخ البكتيري baterial spot في الفلفل والطماطم. الخميرة *Candida saitoana* مبيد فطري آخر جديد وهو تحت الاختبار مضافاً مع الليزوزم lysozyme كواقي للفواكه بعد الحصاد.

المبيدات الفطرية غير العضوية والطبيعية والمنتجات الأخرى

Inorganic, natural and other fungicidal products

هناك عدد من المواد غير العضوية التي تستخدم كمبيدات فطرية. كربونات الصوديوم البيروكسيهيدراتية (تيرا- سايت® Terra-Cytc) سام للفطريات والطحالب على نباتات الزينة والنباتات غير الغذائية. يستخدم فوق أكسيد الهيدروجين كغسول واسع الطيف لتجهيز الفواكه والخضار. فوسفيت البوتاسيوم (فوزمايت) ، والفوسفيت الثنائي البوتاسوم (لكسافوز) وفوسفايت البوتاسيوم (بروفايت) كلها مغذيات نباتية مع نشاط سُمي ضد الفطريات ، وتلعب دوراً في مكافحة عدة أمراض فطرية على الخضر ، الفاكهة والعرائش غير الحاملة للثمار. يستخدم حمض الفوسفوريك (فوزترول) وهو غير عضوي لمكافحة تقرحات عفن الجذور ، أعفان الفاكهة والخضر والخضر الورقية والحمضيات.

هناك العديد من المنتجات المشتقة من مواد طبيعية (طبيعية المصدر) والتي تستخدم أيضاً كمبيدات فطرية. زيت الهوهوبا (ايكو- أي- ريز Eco E-Rase) وهو زيت نباتي طبيعي سُجل في عام ١٩٩٦م والذي يكافح

البياض الدقيقي على العرائش ونباتات الزينة. كما أن له نشاط سُمي ضد حشرات الذباب الأبيض. زيت أكليل الجبل (سبوران) له نشاط واسع كمبيد فطري ليس فقط على البقوليات والخضر بل أيضاً له نشاط كمبيد أكاروسي (ضد الحلم) وحشري. كبريتيد الدايلايل (أولي- أب) يُستخدم كمدخن للتربة ضد العفن الأبيض في البصل والثوم والكراث. هارين (مسنجر) وهو بروتين بكتيري يعمل كمبيد فطري ذو مصدر حيوي (مبيد فطري حيوي) حيث أنه في الحقيقة لا يعمل على قتل الفطريات بل أنه ينبه النباتات التي يستخدم عليها إلى إظهار رد فعل وقائي ضد الأمراض. وهو يكافح أمراض الفيوزاريوم، الرايزوكتونيا والأمراض الفيروسية على الفواكه والخضر. ويعتبر هذا المركب كبديل جزئي لبروميد الميثايل بواسطة وكالة حماية البيئة الأمريكية. وقد سُجل المبيد السابق تسجيلاً مشروطاً في عام ٢٠٠٠م ثم نال تسجيلاً كاملاً عام ٢٠٠٢م.

شيتوسان (بولي- دي- جلوكوزامين) (البكسا) سُجل لأول مرة في عام ١٩٨٦م، وهو محضر من الكايتين الذي يستخرج من قواقع القشريات. هذا المُنتج لا يعمل فقط كمبيد فطري بل يُدعّمْ أيضاً النظام الدفاعي للنبات. مادة أخرى تدعم النظام الدفاعي للنبات هي مستخلص حشيشة عصاء الراعي العملاقة *reynoutria sachalinensis* والتي سُجلت في عام ٢٠٠٠م.

مستخلص المكايا (كويل) وهو مبيد فطري مُشتق من مصدر نباتي سجل في عام ٢٠٠٢م للاستخدام داخل البيوت المحمية لمكافحة تبقع الأوراق. ومن المدهش حقاً، أن هناك مُنتج جديد (فاكس بلانت) وهو لقاح نباتي، والمادة الفعّالة فيه هي جزء طبيعي من الطحالب البُنية وهوفعّال في مكافحة اللفحة النارية على التفاح والكمثري.

المبيدات النيماتودية من أصل فطري (Myco-Nematicides)

هناك مبيد نيماتودي واحد من أصل فطري وهو دايتيرا (DiTera) من معامل شركة فالنت، وهو عبارة عن الفطر *Myrothecium verrucaria*. يستخدم هذا المبيد على محاصيل الأطعمة والألياف وهو مُعفى من شروط التحمل لمتبقيات المبيدات.

بدائل مبيدات الآفات
ALTERNATIVES TO PESTICIDES

سوف نستمر في الاعتماد المكثف على مبيدات الآفات خلال جيلنا المعاصر على الأقل، ولا يحتاج التنبؤ بهذا الأمر إلى الحكمة. مبيدات الآفات ضرورية، وسوف تبقى خط الدفاع الأول ضد الآفات عندما يصل الضرر إلى مستوى الحد الاقتصادي الحرج. من ناحية أخرى، فالبرغم من التقدم في صناعة المبيدات التقليدية وجعلها أكثر أماناً (أقل سمية واستخدام معدلات تطبيق منخفضة) فأن الاعتماد الكلي على المكافحة الكيماوية وإهمال طرق المكافحة الأخرى سوف يكون له عواقب وخيمة، وقد تمت مناقشة بعضها فيما سبق.

أول هذه المشاكل هي بقاء وثبات تلك المبيدات وتراكمها الحيوي، وبالذات مبيدات الحشرات الهيدروكربونية المكلورة (انظر الباب الرابع). ومع أن صفة البقاء تعتبر صفة مرغوبة في مبيدات الآفات في حد ذاتها، مؤكدة الفعالية الطويلة، إلا أن تراكم المركبات الذائبة في الدهون (مثل الـ د.د.ت) في السلسلة الغذائية يشكل أخطاراً على بعض أنواع الحياة الفطرية.

ثانياً، ينتج عن الاعتماد الزائد على المكافحة الكيماوية حدوث صفة المقاومة في عشيرة الآفة لنوع معين من المبيدات (انظر الفصل العشرون).

ثالثاً، يجب أن نأخذ في الإعتبار التأثيرات الثانوية لمبيدات الآفات الكيماوية على الكائنات غير المستهدفة. فعلى سبيل المثال، تطبق المبيدات الحشرية عادة على المحاصيل الزراعية لمكافحة آفات حشرية محددة. وفي أغلب الحالات، تلزم المكافحة الكيماوية لهذه الأنواع الرئيسية من الآفات لمنع حدوث الأضرار الاقتصادية للمحصول. يوضّح تاريخ استخدام المبيدات الحشرية أن هناك مشاكل إضافية قد تنتج بسبب الفوران العددي للآفة أو بتحول الآفات غير المهمة إلى آفات ثانوية أو آفات رئيسية. بالإضافة إلى ذلك، فإن تطبيق المبيدات الحشرية لا يضر فقط بالآفات الحشرية ولكن يضر أيضاً بالأعداء الطبيعية لها، مما ينتج عنه أيضاً زيادة في أعداد مجموعات الآفة الحشرية.

هناك العديد من الأمثلة على الأضرار غير المقصودة التي تحدث للأنواع غير المستهدفة: شوارد المبيدات الحشرية ومبيدات الحشائش إلى المحاصيل الحساسة لها أو تلك المحاصيل المعدة كأعلاف للحيوانات؛ تقليل ميكروفلورا التربة النافعة بتطبيق المبيدات الفطرية ومبيدات الحشائش على أجزاء المحصول الواقعة فوق سطح التربة؛ قتل الحيوانات الأليفة أو البرّية عند وضع الطعوم السامة للقوارض أو الآفات المفترسة؛ تلوث المحاصيل الجذرية بالمبيدات الحشرية ومبيدات الحشائش المطبقة من الموسم السابق؛ مرض وموت الحيوانات الزراعية التي تتغذى على الأعلاف الملوثة بشوارد مواد شديدة السمية وصلت إليها بعد تطبيقها على محاصيل مجاورة؛ وأخيراً، حوادث التسمم للأشخاص، بما في ذلك الأطفال، من جراء التخزين غير المناسب وغير الآمن لمبيدات الآفات.

ولذلك فإن الاعتماد الكلي على مبيدات الآفات ينتج عنه زيادة مشاكل الآفات، التي تنتج بسبب تدخل الإنسان، تخريب البيئة، والمخاطر الجوهرية المحتملة على الإنسان نفسه.

يجب أن تعتمد المكافحة الذكية، بعيدة المدى، على مكافحة الآفات والتعامل معها بكل طرق المكافحة المتاحة، وليس بطريقة واحدة.

إن ضم الطرق المختلفة لمكافحة الآفات في برنامج واعي واحد، يسمى بالإدارة المتكاملة للآفات integrated pest management (IPM). وهو التناول العملي للآفات باستخدام إحدى أو كل الطرق بأسلوب بيئي سليم. تستغل هذه الخطة أفضل النواحي من طرق المكافحة المختلفة، التي يمكن تطبيقها لحل مشكلة معينة ناتجة عن الآفات. وتعتمد بصورة أكبر على المنتجات حيوية المصدر عند ظهور أنواع فعّالة جديدة منها.

وبشكل عام، فإن طرق مكافحة الآفات المتاحة والمعاصرة تقع في سبع فئات، ولكن قد لا تطبق كلها على كل صورة، أو مشكلة من صور الآفات.

١- المكافحة الكيماوية Chemical control: مكافحة الآفات باستخدام مبيدات الآفات، وهي الطريقة التي تم التركيز عليها في هذا الكتاب.

٢- المكافحة الحيوية (البيولوجية) Biological control (biocontrol): وهي خفض أعداد الآفة بواسطة المفترسات والطفيليات والكائنات الممرضة.

٣- المكافحة الحيوية بالطرق حيوية الأصل Biorational control: وهو استخدام الطرق الكيموحيوية والميكروبية الأكثر تقدماً والتي تنجم من التقنية الإحيائية الحديثة.

٤- المكافحة الزراعية Cultural control: وهي استخدام التطبيقات الزراعية والفلاحية المتعلقة بإنتاج المحاصيل التي تجعل البيئة (الزراعية) غير مفضلة كثيراً للآفة من حيث بقاءها، نموها، أو تكاثرها.

٥- استخدام الأصناف النباتية المقاومة للآفات Hostplant resistance: استعمال وتنمية النباتات التي تقاوم هجوم الآفات الحشرية، الأمراض النباتية، والنيماتودا.

٦- المكافحة الطبيعية والميكانيكية Physical and mechanical control: وهي تطبيق طرق مباشرة أو غير مباشرة لقتل الآفة، الإخلال بوظائف أعضائها بدلاً من استخدام الطرق الكيماوية، منعها من الوصول إلى مكان معين، أو إحداث تغيير سلبي في البيئة المناسبة للآفة.

٧- المكافحة التنظيمية (التشريعية) Regulatory control: منع دخول ونشأة الآفات غير المرغوبة التي تهاجم النباتات أو الحيوانات في بلد أو منطقة جديدة وكذلك استئصال، حصار، وخفض أعداد الآفات حديثة النشأة في مناطق محددة (من خلال عمليات الحجر الزراعي).

تقع معظم طرق مكافحة الآفات تحت هذا التصنيف، وتخضع كل المحاصيل وآفاتها، من الناحية النظرية للمكافحة المتكاملة للآفات (IPM). وفي الحقيقة، فإن هذا ليس صحيحاً حتى الآن. تطورات عظيمة حدثت في إدارة الآفات الحشرية، ثم مكافحة الكائنات الممرضة للنباتات، ثم الحشائش، والمشوار طويل للتقدم في هذا المجال.

وباختصار، فإن أسلحتنا من مبيدات الآفات لا تواكب تطور المشاكل الناجمة عن الآفات وذلك بسبب المقاومة، بقاء المبيدات في البيئة، مخاطر المبيدات، وكذلك التعقيدات البيئية. ومهما كان السبب في انخفاض فعالية المبيدات أو قلتها، فإننا بحاجة إلى تحسين طرق تطبيق المكافحة المتكاملة للآفات، وذلك لإطالة فترة استخدامها وفائدتها، بحيث لا تستخدم إلا عند الحاجة الماسة إلى استخدامها. البدائل الأخرى لهذه الخطة الطويلة الأمد غير مشجعة كثيراً.

الفصل الخامس والعشرون

المبيدات المنقولة وراثياً – حالة من التغير الوراثي
Transgenic Pesticides - A case of Altered Heredity

كان فك الشفرة الوراثية منذ خمسون عاماً نقطة تحول في بيولوجي الإنسان، ورغم أن القفزة التكنولوجية استغرقت عقود لتصبح واضحة، لم تغير هذه القفزة من صورة الطب فقط ولكنها أحدثت ثورة زراعية. إن التربية التقليدية للنباتات والتي اعتمدت عليها الزراعة طويلاً لتحسين المحاصيل كانت تسير بخطى ثابتة ولكنها بطيئة في معظم المحاصيل ونباتات الزينة. إن الهندسة الوراثية (القدرة على نقل الجينات التي تحمل صفات مرغوبة بين الأنواع، وتسمى أيضاً تقنية الـ DNA) أعطت الزراعة القدرة على سرعة إدخال صفات مرغوبة بالتدخل الوراثي المباشر.

إن التربية التقليدية للنباتات مقصورة على إعادة ترتيب أو توزيع الجينات بين الصفات القريبة وتكون داخل الأنواع في العادة.

ورغم أن أدوات الهندسة الوراثية ودراسة طبيعة تركيب ووظيفة الجينات رائدة ومتقدمة في مجال الطب إلا أنها انتشرت بسرعة إلى الزراعة. وتوفر إمكانية الاستثمار في إنتاج النباتات وحيوانات المزرعة التي لها صفات مرغوبة لم يكن في الإمكان تخيلها حتى الوقت الراهن.

الكائنات المُعدلة وراثياً تم تعديلها وراثياً بإدخال الـ DNA إليها من كائن آخر بتدخل الإنسان. وترتب الجين المعدل بالإنسان يسمى جين منقول transgenic gene، والنباتات المحتوية على هذه الجينات المنقولة تسمى بالنباتات المعدلة وراثياً.

وهناك قسمان أساسيان من الكائنات المُعدلة وراثيا لها علاقة بدراسة المبيدات وهي: النباتات المُعدلة وراثياً لتصبح مقاومة للحشرات (وتسمى بالنباتات المحتوية على المركبات الواقية من الحشرات) أو النباتات المحتوية على المبيدات، والقسم الثاني هو النباتات المتحملة لمبيدات الحشائش.

ومنذ عام ١٩٩٥م، حقق العديد من هذه الأقسام نجاحات تجارية وأصبح مرتبط بصناعة المبيدات، كما أنها تعتبر جزء من صناعة المبيدات.

وفي هذا الفصل نذكر عدة اتجاهات متعلقة بالكائنات المعدلة وراثياً: الأصل، الموقف الحالي للمنتجات الرئيسية، كيف يتم تنظيم منتجات التقنية الحيوية الزراعية وبعض نواحي القلق من هذه المنتجات والمستقبل المحتمل لهذه التقنية المتقدمة بسرعة.

منتجات التقنية الحيوية
PRODUCTS OF BIOTECHNOLOGY

الطريقة التقليدية The traditional path. قام الإنسان بتغيير التركيب الوراثي للمحاصيل والحيوانات الأليفة منذ آلاف السنين، فقد تم حث وتشجيع البحث عن النمو الأسرع، فاكهة أكثر حلاوة، محصول أفضل إنتاجية مع سمات متشابهة بالاختيار المخطط وتهجين أصناف لها خصائص ذات قيمة لدى المزارعين والمستهلكين، لكن تتغير النباتات والحيوانات بمرور الزمن بصورة طبيعية نتيجة تغير تطفر جيني داخلي بطيء وطبيعي. معدلات التغير الجيني تختلف حسب الأنواع ولا تحدث بصورة فجائية، ولكنها تزايدت منذ المحاولات الأولى للإنسان في الزراعة.تم تطوير تقنيات التحوير الجيني (التطفر) بواسطة الإشعاع والمواد الكيماوية بين الفترة من ١٩٢٠م إلى ١٩٥٠م، مما سمح للمربين بإدخال صفات جديدة بطريقة سريعة تسمح باختيار أفضل الصفات المرغوبة وإدخالها في المحاصيل المرغوبة. وما زالت هذه التقنيات تستخدم حتى اليوم. ساهم التقدم في الاتجاهات الأخرى المهمة بالنسبة للتربية (زراعة الأنسجة، التربية باستخدام تقنية الصبغات الأحادية haploid breeding ، وغيرها) للتقدم في مجال تربية النباتات في العقود الحديثة (http://www.colostste.edu/programs/lifesciences/TransgenicCrops/).

تمت القفزة إلى الهندسة الوراثية بسبب البحث الدائم خلال الخمسون عاماً الماضية والذي أدى إلى كشف العديد عن أسرار تركيب الجين ووظيفته. تعتبر التقنية الحيوية أحدث تواصل للتقدم العلمي الذي ساهم بحلوله في مجال الزراعة. ويمكن أن نتوقع تقدم التقنية الحيوية تدريجياً ثم استبدالها ببعض التقنيات الغير مرغوبة حالياً.

التقنية الحيوية: الثورة الزراعية Biotechnology: An agricultural revolution كانت فكرة أن الكائنات والمحاصيل يمكن هندستها (تعديلها وراثياً) لتحسين مقاومتها للآفات معروفة من قبل القليل من الباحثين في السبعينات. وكان العديد من الشركات والحكومة الفيدرالية مهتمين بهذه الفكرة، وكانت شركة مونسانتو من أوائل المستثمرين في مجال التقنية الحيوية وكان لديها اعتقاد بأن هذه التقنية يمكن أن تقدم حلول لوقاية المحاصيل. وفي منتصف الثمانينات التزمت مونسانتو ببرنامج بحثي تم تصميمه لإنتاج منتجات لوقاية المحاصيل من خلال تطبيق هذه التقنية الحيوية. كما استثمرت بعض الشركات الأخرى في نفس المجال وبدرجات متفاوتة، وفي عام ١٩٩٤م، أنتجت شركة GeneTech صنف الطماطم FlavrSavr® الذي يتمتع بفترة تخزين أطول ونكهته أفضل كأول محصول معدل وراثياً. ورغم عدم نجاحه تجارياً فقد تبعه إنتاج محاصيل معدلة وراثياً غيرت من الأمر الواقع للزراعة. وتم نشر تاريخ المحاصيل المعدلة وراثياً التي لها علاقة بالمبيدات حديثاً (Charles,2001)، ويمكن للمهتمين بهذا المجال الرجوع إلى هذا المرجع.

ويمكن الرجوع إلى موقع الألكتروني على الشبكة العنكبوتية الموضحة كما يلي:

http://www.colostate.edu/programs/lifesciences/TransgenicCrops/، وفيه مختصر للوسائل العديدة اللازمة لنقل جينات من كائن إلى كائن آخر، وسنذكر لاحقاً القليل من هذه الوسائل.

وقد ساعد اكتشاف بعض الإنزيمات المتخصصة التي تقوم بكسر أو ربط مقاطع الجينات للعلماء ولأول مرة بالتعامل مع الجينات. فبعض الإنزيمات restriction enzymes تقوم بكسر عند مراكز معينة في الجين، بينما تقوم إنزيمات

التخليق *ligases* بربط نهايتي أجزاء وحدتين من الـ DNA. وهذه الإنزيمات وغيرها توفر لمهندس الوراثة وسائل مهمة يمكن من خلالها التعامل مع أجزاء الجينات للوصول إلى الصفات المتقدمة المرغوبة. ومن أكثر الخطوات أهمية في هذا المجال هو التعرف على وتحديد تتابع وموقع الجينات التي تحدد الصفات الخاصة بها. وقد عمل الباحثون على إيجاد مفتاح ترتيب وعلاقة جين محدد بصفة معينة بالإضافة لضرورة تحديد أجزاء الجين التي تحدد وتنظم استنساخ الجين وعمله.

وهناك جزءان مهمان في هذا المجال وهما البادئات promoters وهي الجزء من الـ DNA الذي يسبب بدأ عمل الجين بحيث يمكن استنساخه بصورة ملائمة. والـ terminators وهو الجزء الذي يحدد نهاية الجين على الـ DNA. ومن الشائع أن يستخدم الباحثون جينات معلمة للتعرف على المناطق المهمة في الـ DNA لأن الجين المُعلم يمكن تتبعه بسهولة بعد إدماجه في الـ DNA الجديد للكائن الحي.

هناك نوعان من حالات التقدم سهّلت نقل الجينات إلى خلايا المحاصيل المستهدفة، الأول هو اكتشاف أن خلايا البكتريا المُعدّلة وراثياً *Agrobacterium tumefaciens* (وهي بكتريا طبيعية مكونة للعقد)، والقادرة على نقل وربط أجزاء من مادتها الوراثية إلى النباتات، يمكن استخدامها لنقل أجزاء محددة من DNA كائنات معينة إلى المحاصيل. وتم استخدام هذا التكنيك في القليل من المحاصيل عريضة الأوراق فقط. وتم تطوير مسدس الجينات بواسطة العالم John Stofford (من جامعة كورنيل) واستخدم بنجاح في نقل جسيمات مغطاة بالـ DNA الذي يحمل صفات مرغوبة إلى الخلايا المستقبلة (Charles, 2001). ويعني مصطلح Biolistics العملية التي يتم بها نقل أجزاء من الـ DNA إلى الخلايا باستخدام مسدس الجينات.

وعملية نقل شفرة جين لصفة معينة من أي كائن إلى المحصول ثم الحصول على نباتات حية من خلال زراعة الأنسجة أدت إلى إنتاج أصناف جديدة مُعدلة وراثياً من خلال التهجين العكسي لهذه الصفات إلى البذور ذات الصفات الجيدة. وتستخدم العملية بطريقة متشابهة لإدخال جين من بكتريا الباسيلس ثورنجنسيس (مسئول عن إنتاج بروتين طبيعي يعمل كمبيد حشري) إلى نباتات القطن، أو تستخدم لنقل جين من البكتريا التي تقوم بتمثيل وهدم الجلايفوسيت إلى نبات فول الصويا.

وبرغم أن المحاصيل المقاومة للحشرات كان لها تأثير ملحوظ عند تسويقها في عام ١٩٩٥م، فقد كانت الصدمة الكبيرة لمنتجي مبيدات الحشائش هي التسويق السريع والكبير لبذور فول الصويا التي تحتوي في تركيبها على الجين الذي يقوم بتمثيل مبيد الراوند آب Roundup Ready® soybeans في ١٩٩٦م. وبرغم من بساطة الفكرة والتحدي في تنفيذها فلم يكن يتصور إنتاج هذه النباتات المُعدّلة وراثياً حتى وقت تسويقها للاستخدام العام.

النباتات المحتوية على مبيد دلتا–اندوتوكسين والنباتات المُتحملة لمبيدات الحشائش
PLANT PESTICIDES AND HERBICIDE-TOLERANT CROPS

تُعرّف وكالة حماية البيئة الـ *plant pesticides* بأنها النباتات التي تم تحويرها وراثياً لتحتوي على الجينات المنتجة لبروتين الدلتا– اندوتوكسين والمنقولة إليها من بكتريا *B. thuringiensis*.

في عام ١٩٩٥م وبعد ١٠ سنوات من البحث المكثف، سجلت وكالة حماية البيئة أول نبات يحتوي على بروتين *Bt.Cry1Ac* delta-endotoxin وهو نبات *Bt*-Cotton وتم تجربة هذا الصنف الجديد من القطن تحت اسم تجاري Bollgard® cotton في عام ١٩٩٥م، وهو مقاوم لدودة براعم التبغ وديدان لوز القطن ودودة اللوز القرنفلية بالإضافة لمقاومته لبعض حشرات حرشفية الأجنحة الأخرى. يقوم نبات القطن والذرة وغيرهما من المحاصيل المحتوية على جينات من بكتريا *Bt* بإنتاج بروتين متبلور أو أكثر من بروتين، تقوم هذه البروتينات بتمزيق جدار المعدة في الحشرة الحساسة التي تتغذى على هذه النباتات فتتوقف الحشرة عن التغذية وتموت. يوضح جدول ٢٥-١ أهم المحاصيل المحتوية على جينات من بكتريا *Bt* والتي تم تداولها تجارياً في الولايات المتحدة عام ١٩٩٥م، وبينما نجحت بعض هذه المحاصيل تجارياً فإن البعض منها تم سحبه من السوق مثل صنف البطاطس New Leaf potatoes، وقد زاد إنتاج والتجاز بعض هذه الأصناف عندما تم نقل أكثر من جين إليها (*Stacked genes*)، انظر الجدول رقم (٢٥,١).

الجدول رقم (٢٥,١). النباتات الرئيسية المُعدّلة وراثياً لمقاومة الآفات والموزعة تجارياً في الولايات المتحدة منذ عام ١٩٩٥م.

المنتج/الشركة[1]	السنة	المحصول	المصدر	الآفات المستهدفة
New Leaf[#5] (Monsanto)	١٩٩٥م	بطاطس	بروتين من بكتريا *Bt* Cry3A delta-endotoxin	حنفساء بطاطس كولورادو
Bollgard® (Monsanto)	١٩٩٦م	قطن	بروتين من بكتريا *Bt* Cry3A delta-endotoxin	ديدان لوز القطن، دودة براعم التبغ
Attribute® (Novertis)	١٩٩٥م ١٩٩٦م	فرقد ذرة حلوة	بروتين من بكتريا *Bt* Cry3A delta-endotoxin	حفار الذرة الأوروبي، دودة كيزان الذرة، حرشفية الأجنحة
Yieldgard® (Monsanto)	١٩٩٦م	ذرة	بروتين من بكتريا *Bt* Cry3A delta-endotoxin	دودة كيزان الذرة، حفار الذرة الأوروبي
Yieldgard[#5] (Dekalb)	١٩٩٧م	ذرة	بروتين من بكتريا *Bt* Cry3A delta-endotoxin	دودة كيزان الذرة، حفار الذرة الأوروبي
Star Link® Aventis (now Bayer)	١٩٩٧م	ذرة	بروتين من بكتريا *Bt* Cry9c delta-endotoxin[4]	دودة كيزان الذرة، حفار الذرة الأوروبي
New Leaf[#5] Plus (Monsanto)	١٩٩٩م	بطاطس	بروتين من بكتريا *Bt* Cry3A delta-endotoxin	حفار الذرة الأوروبي، حنفساء بطاطس كولورادو، مقاوم لفيروس التفاف أوراق البطاطس
Herculex (Mycogen)	٢٠٠١م	ذرة	بروتين من بكتريا *Bt* Cry1F delta-endotoxin	حفار الذرة الأوروبي
Bollgard® II. (Monsanto)	٢٠٠٢م	قطن	بروتين من بكتريا *Bt* Cry2Ab & Cry1Ac delta-endotoxins	مجموعة جينات مقاومة لديدان لوز القطن، دودة براعم التبغ، ديدان اللوز القرنفلية ودودة الخيش
Yieldgard® Rootworm (Monsanto)	٢٠٠٣م	ذرة	بروتين من بكتريا *Bt* Cry3Bb1 delta-endotoxin	ديدان جذور الذرة

١- انظر أيضاً الجدول رقم (٢٤,٢) (Plant Pesticides).

٢- تم إيقاف صنف البطاطس تجارياً في عام ٢٠٠١م.

٣- الأصناف التي أُدخل عليها عدة جينات (MonE10+GA21 or Nk603) اكتسبت أيضاً مقاومة لمبيدات الحشائش جليفوسيت وجلوفوسينات.

٤- تم إلغاء تطوعياً في عام ١٩٩٩م واستبعد من السوق.

٥- تم إلغاء تسجيل صنف من إنتاج ستحيتا بسبب الخوف من التأثير على فراشات Monarch Butterfly.

المصادر:

Aghios Database(http://www.aghios.com/Synopsis.asp);
Colorado State University(http://www.colostate.edu/programs/lifesciences/TransgenicCrops/);
OECD's Database of Field Trials (http://webdomino1.oecd.org/ehs/biopred.nsf).

المحاصيل التي تتحمل مبيدات الحشائش
HERBICIDE-TOLERANT CROPS

المحاصيل التي تتحمل مبيدات الحشائش هي تلك المحاصيل التي تتحمل مبيدات حشائش معينة عند تطبيقها مباشرة على النباتات الصغيرة خلال المعاملات القياسية لمكافحة الحشائش، وخاصة عندما تكون الحشائش صغيرة ويسهل مكافحتها، وبرغم وجود ميكانيكيات أخرى لهذا التحمل فإن الجينات التي يتم إدخالها للنبات تعطي النبات القدرة على تمثيل مبيد أو مبيدات حشائش معينة، أما النباتات العادية من نفس النوع لا تمتلك هذه القدرة على تمثيل مبيدات الحشائش مثل الجلايفوسيت والمركبات الشبيهة مثل السلفوسات.

هذه المبيدات غير اختيارية وتقتل كل النباتات بتثبيطها لإنزيم مهم هو (5-enolpyruvyl shikimate-3-phosphate synthase-EPSPS)، مما يحرم النبات من بعض الأحماض الأمينية المهمة. ونقل الجين المتحمل إلى النبات يجعل النبات المعدل وراثياً يتحمل كميات كبيرة من الجلايفوسيت دون أن يتأثر، بينما يموت المحصول العادي الطبيعي إذا تعرض لهذا المبيد. فالمربي الذي يزرع صنف متحمل للجلايفوسيت يمكنه رش المبيد على المحصول فيقتل الحشائش دون أن يتأثر المحصول. فهذه النباتات المتحملة لمبيد الحشائش تخفض التكاليف على المزارع وتوفر الوقت (عدد مرات رش أقل، وعدد دورات أقل للجرار في الحقل).

يوضح الجدول رقم (٢٥.٢) مراجعة للمحاصيل الأكثر أهمية المتحملة لمبيدات الحشائش والتي أُدخلت للولايات المتحدة منذ عام ١٩٩٥م. ومعظم هذه الأصناف كانت تحتوي على جينات تعطي تحمل لمبيد الحشائش معين واحد (مثال الذرة المتحملة للجليفوسينات (glufosinate-Liberty® Link corn)، وبعد ذلك تم هندستها وراثياً بإدخال عدة جينات تعطي هذه النباتات صفات مختلفة متعددة في نفس المحصول أو الكائن، مما مكّن نفس المحصول الصنف من تحمل عدة مبيدات حشائش ومقاومته للحشرات في نفس الوقت. والنسبة بين أصناف الذرة وقطن المرتفعات المعدلة وراثياً التي تحتوي على عدة جينات إلى تلك الأصناف التي تحتوي على جين واحد بين عام ٢٠٠٠م إلى عام ٢٠٠٣م موضحة في الجدول رقم (٢٥.٢).

وهناك أمثلة للمحاصيل التي تحتوي عدة جينات أدخلت عليها:

صنف القطن Bollgard II المقاوم للحشرات، وقد سمحت وكالة حماية البيئة باستخدامه في مارس ٢٠٠٣م، وتم إنتاجه بتهجين الصنف Bollgard مع أصناف أخرى لينتج صنف Bollgard II الذي يحتوي على الجين المنتج لبروتين Bt Cry1Ab, والجين المنتج للبروتين Cry2Ab. فكانت النتيجة هي مقاومة الصنف BollgardII لمدى أوسع من حشرات حرشفية الأجنحة مما حسّن من مقاومة القطن لهذه الآفات. وصنف القطن المتحمل لمبيد الحشائش بروموكسينيل والمقاوم في نفس الوقت للحشرات: Calgene's 31807-8 تم إنتاجه بإدخال الجين المقاوم للحشرات Cry 1Ac Bt والجين المقاوم للبروموكسينيل (nitrilase gene) في نفس الوقت لصنف القطن.

الجدول رقم (٢٥,٢). الخاصيل المهمة المتحملة لمبيدات الحشائش التي أُدخلت إلى الولايات المتحدة منذ عام ١٩٩٥م.

المنتج*	الفصول	مبيد الحشائش	التعليق
BXN	القطن	بروموكسينيل	مع أو بدون جين مقاوم من الـ Bt.
Roundup Ready	القطن	الغلايفوسيت	مع أو بدون جين مقاوم من الـ Bt.
Roundup Ready	الذرة	الغلايفوسيت	مع أو بدون جين مقاوم من الـ Bt.
IMI	الذرة	إمازاثاير إمازاكوين	بالتربية التقليدية للنباتات وليس بالهندسة الوراثية
Liberty Link	الذرة	جليفوسينات	مع أو بدون جين مقاوم من الـ Bt.
STS		السلفونيل يوريا	نقل جينات مسئولة عن إنزيم acetolactate synthase
Roundup Ready	فول الصويا	الغلايفوسيت	
BXN (Navagator)	فول الصويا	البرموكسينيل	

* المنتجات التي لها سوق كبير في الولايات المتحدة بالخط الثقيل

المصادر:

Aghios Database(http://www.aghios.com/Synopsis.asp);
Colorado State University(http://www.colostate.edu/programs/lifesciences/TransgenicCrops/);
OECD's Database of Field Trials (http://webdomino 1.oecd.org/ehs/bioprod.ncf).
National Corn Growers Association (http://www.ncga.com/biotechnology/know_where/).

الجدول رقم (٢٥,٣). الخاصيل المُعدّلة وراثياً كنسبة مئوية من عدد الأيكرات المزروعة من الذرة، القطن وفول الصويا بين عام ٢٠٠٠م إلى عام ٢٠٠٣م.

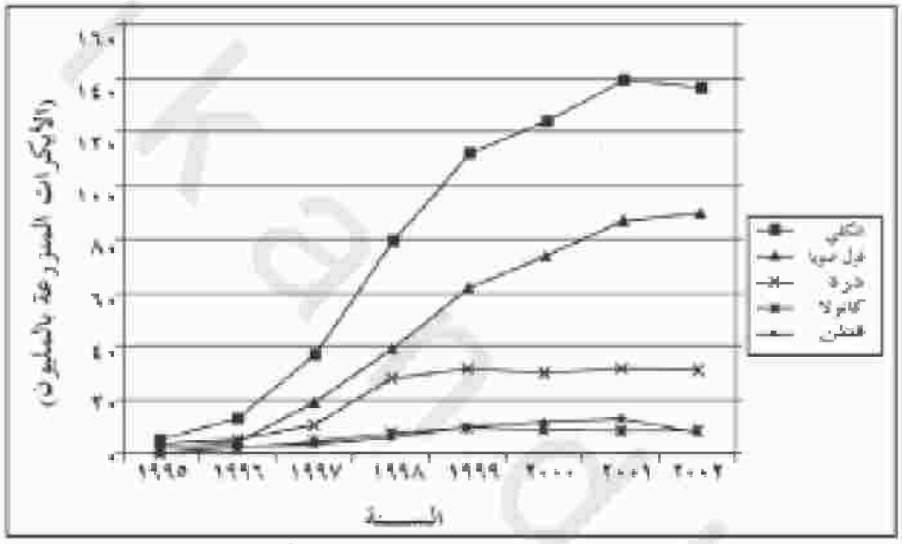
الخاصيل المعدلة وراثياً كنسبة مئوية من الايكرات الكلية المزرعة				
	٢٠٠٠م	٢٠٠١م	٢٠٠٢م	٢٠٠٣م
الذرة:				
مقاوم للحشرات	١٨	١٨	٢٢	٢٦
متحمل لمبيد الحشائش	٦	٧	٩	٩
يحتوي على جينات متعددة	١	١	٢	٢
الإجمالي	٢٥	٢٦	٣٤	٣٨
القطن:				
مقاوم للحشرات	١٥	١٣	١٣	١٦
متحمل لمبيد الحشائش	٢٦	٣٢	٣٦	٣٠
يحتوي على جينات متعددة	٢٠	٢٤	٢٢	٢٤
الإجمالي	٦١	٦٩	٧١	٧٠
فول الصويا:				
متحمل لمبيد الحشائش	٥٤	٦٨	٧٥	٨٠

المصدر: USDA (national Agricultural Statistical Service).
http://jan.mannlib.cornell.edu/reports/nass/field/pop-bbp/pap1/.

نمو سوق المحاصيل المعدلة وراثياً

Market Growth of Transgenic Crops

إن النجاح الاقتصادي لعديد من المواد المعدلة وراثياً في السنوات القليلة من وجودها أصبح واضح للعيان. في الجدول رقم (٢٥,١) يوضح النمو العالمي لأهم المحاصيل المعدلة وراثياً منذ عام ١٩٥٥م. أقل من ٢ مليون ايكر زرعت عالمياً بالنباتات المعدلة وراثياً عام ١٩٥٥م. في عام ٢٠٠١م، زرع أكثر من ١٤٠ مليون ايكر، وكان أكثرهم توزيعاً فول الصويا المتحمل لمبيد الحشائش، وحوالي ٩٠ مليون ايكر عام ٢٠٠٢م. الذرة، القطن والكانولا المعدلة وراثياً تعتبر من أكثر أصناف المحاصيل المنزرعة.



الشكل رقم (٢٥,١). النمو العالمي للمحاصيل المعدلة وراثياً (١٩٩٥–٢٠٠٢م).

المصادر: Crop Protection Handbook (2003); Carpenter et al., 2002; ISAAA (http:/www.isaaa-africenter.org/home/)

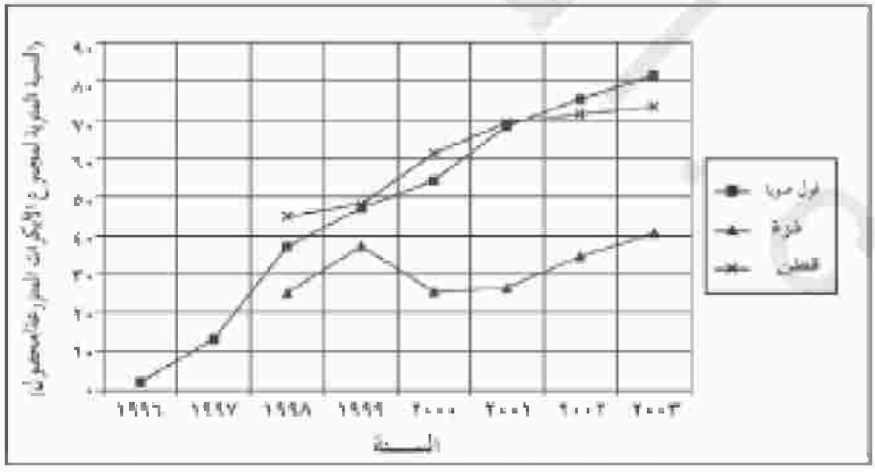
وظهر حديثاً تقرير من منظمة الخدمات العالمية للحصول على تطبيقات التقنيات الحيوية الزراعية (ISAAA) توضح فيه التأثير العالمي للنباتات المعدلة وراثياً (James, 2003). ففي عام ٢٠٠٢م، قدر عدد المزارعين عالمياً (تمثل ١٦ دولة) اللذين يزرعون هذا النوع من النباتات بحوالي من ٥,٥ إلى ٦ مليون مزارع. هؤلاء المزارعين يزرعون أكثر من ١٤٠ مليون ايكر بهذه النباتات، والتي تمثل زيادة قدرها ١٢٪ عن عام ٢٠٠١م. ويبلغ معدل النمو السنوي لزراعة هذه النباتات بنسبة زيادة تقدر بأكثر من ١٠٪ خلال الفترة من عام ١٩٩٦م إلى ٢٠٠٢م. برغم أن زراعة هذه النباتات تزداد في الدول المتطورة إلا أن هذه المنظمة السابق ذكرها ذكرت أن ٢٧٪ من إجمالي المساحة المنزرعة تزرع فقط في ٩ دول في عام ٢٠٠٢م، وتعتبر أكثر أربع دول مساحة لزراعة هذه النباتات والتي تمثل ٩٩٪ من

إجمالي المتزرع عالمياً هي الولايات المتحدة (٦٦٪)، الأرجنتين (٢٣٪)، كندا (٦٪) والصين (٤٪). في الصين، قدرت الزيادة في العائد من زراعة القطن بي.تي بحوالي ٢٠٠ دولار لكل ايكر أو ٧٥٠ دولار عالمياً.

وقد قدر المساحة الايكرية لنباتات فول الصويا، الذرة، القطن، والكانولا المعدلة وراثياً بحوالي ٦٢، ٢١، ١٢، ٥ ٪ على التوالي من مجموع المساحات المتزرعة. يمثل نبات فول الصويا المعدل وراثياً GM soybean ٥١٪ من إجمالي المساحة المتزرعة عالمياً بأصناف أخرى من فول الصويا المعدل وراثياً في عام ٢٠٠٢م. قدرت الأصناف من النباتات المتحملة لمبيد الحشائش (فول الصويا، الذرة والقطن) بين عام ١٩٩٦م وعام ٢٠٠٢م بحوالي ٧٥٪ من إجمالي المساحة المتزرعة، بينما تمثل المحاصيل المعدلة وراثياً بجين الـ بي.تي. ١٧٪ من إجمالي المساحة المتزرعة. بالإضافة إلى ٨٪ من المساحة المتزرعة بنباتات الصنف جي.ام. والمحتوية على كلا الخاصيتين وهي تحمل مبيد الحشائش ومقاومة الحشرات في القطن والذرة.

يوضح الشكل رقم (٢٥,٢) النمو في المساحة الايكرية المتزرعة بفول الصويا، الذرة والقطن بالولايات المتحدة منذ عام ١٩٩٦م. من الواضح أن كلا من نباتات فول الصويا المتحملة لمبيد الحشائش وأصناف القطن المعدلة وراثياً قد أحلت بصورة كبيرة مكان النباتات التقليدية المثيلة لها. وتتمتع حالياً شركة مونسانتو بالمكانة الكبرى في سوق هذه النباتات والتي تعتبر من أكبر المنافسين عالمياً في مجال صناعة النباتات المعدلة وراثياً.

والاستفادة العائدة من هذا المجال لا يمكن توضيحها من خلال هذا الفصل. ولمزيد من الاستفادة في هذا الموضوع يمكن الرجوع إلى تقريرين جيدين هما: Carpenter, et.al, 2002, and Gianessi, et.al., 2002 .



الشكل رقم (٢٥,٢). المحاصيل الرئيسية المعدلة وراثياً كنسبة مئوية لإجمالي المزرع بالإيكرات ١٩٩٦–٢٠٠٣م).

المصادر:

Council for Biotechnology Information (http://www.whybiotech.com/index.asp?id=3140 ; USDA: http://Jan.mannlib.cornell.edu/reports/nassr/field/pcp-bbp/psp/)

المنتجات الأخرى المعدلة وراثياً Other transgenic products

تم التركيز على النباتات المحتوية على جين لمبيد ما وعلى المحاصيل المتحملة لمبيدات الحشائش لأنها الأكثر أهمية وتأثيراً خلال السنوات الحالية. وهناك كائنات أخرى معدلة وراثياً ظهرت واستخدمت وسوف يكون لها استخدام أكثر في الفترة المقبلة. ولمزيد من الاستفادة في هذا الموضوع أو لمن يرغب في الاطلاع يمكن زيارة الموقع: http://www.oecd.org/biotrack.nsf أو من خلال الموقع: http://agbios.com/_Synopsis.asp. وهناك أمثلة لمحاصيل معدلة وراثياً تتضمن الآتي:

- نباتات الباباظ المقاومة لفيروس التبقع الحلقي.
- الخيار المقاوم لفيروس ترقش الخيار.
- البطاطس المقاومة لفيروس التفاف الأوراق.
- البطيخ المقاوم لفيروس التبرقش.
- أزهار البتونيا المهجنة لتعديل اللون .
- طماطم لها صفة النضج المتأخر.

القوانين الخاصة بالسلامة والصحة Regulation, Safety and Health:

القوانين المنظمة للتقنية الحيوية الزراعية تتطور ببطء ومازالت في مرحلة انتقالية. ومن المعلوم أن أي تقنية جديدة لا يمكن التأكد من معرفة كيف ولأى درجة يمكن تنظيمها. ومع تسارع الأبحاث في مجال التقنية الحيوية، نشر المعهد القومي للصحة (NIH) في عام ١٩٧٦م أول نشرة إرشادية حكومية تنظم طرق تداول الكائنات المعدلة وراثياً. وكانت هذه النشرات عبارة عن نصائح وتوصيات تركز على التنفيذ الآمن للأبحاث المعملية الخاصة بالتعامل مع الـ r- DNA والكائنات المحتوية عليه (Traynor et al., 2001).

صدرت هذه التوجيهات لربط أبحاث المؤسسات الفيدرالية التي تعمل في أبحاث عن ال DNA. تضمن هذه القوانين أربعة مستويات للسلامة الحيوية في المنشآت العاملة في هذا المجال اعتماداً على الخطورة الحقيقية أو المتوقعة المصاحبة للعمل على كائن معين أو r- DNA معين. برغم أن هذه التوجيهات كانت موجهة نحو الكائنات الدقيقة في البداية فقد تم اعتماد هذه التوجيهات لتشمل النبات والحيوان وأبحاث علاج جينات الانسان وتشمل التوجيهات مجموعة خامسة من التجارب لا تخضع لشروط هذه التوجيهات، وتم تحديث هذه الارشادات وتوسيع نطاقها في عام ١٩٩٤م لتشمل أبحاث الـ r-DNA في النباتات ويوجد هذا التحديث في ملحق P وهو يحدد بروتوكولات السلامة الحيوية الأربعة المذكورة سابقاً (Traynor et al., 2001).

تنظم ثلاث من الهيئات الفيدرالية (وزارة الزراعة، هيئة الغذاء والدواء، وكالة حماية البيئة الأمريكية) السماح باستخدام النباتات المعدلة وراثياً، والنباتات المبيدة للآفات بصورة متكاملة بين الثلاث هيئات. أول ظهور لهذه القوانين يستند الى مكتب سياسات العلوم والتكنولوجيا (Office of Science and Technology Policies "OSTP") ونشرت في التسجيل الفيدرالي عام ١٩٨٦م تحت الكود (51FR23302). وقد نشر هذا المكتب أيضاً عدة قوانين إضافية تحت الكود (57FR6753) عام ١٩٩٢م. وقد أصدر مكتب سيسات العلوم والتكنولوجيا سياسة مفصلة فى عام ١٩٩٢م تنص على وجود مشاركة وتوزيع المسؤلية الخاصة بتنظيم التقنية الحيوية بين الهيئات الثلاثة – فعلى كل هيئة تقييم المخاطر من منظور علمي وتنظيم كل منتج على حده. ويمكن الاعتماد على مقارنة الكائنات المعدلة وراثياً مع مثيلتها التقليدية المعروفة بتاريخها الآمن الاستخدام. من الأشياء المهمة التي يجب أخذها في الاعتبار أثناء المراجعة هو التأكد من أن الكائن المعدل وراثياً لا ينتج سموم ضارة، ولا مركبات تسبب الحساسية ... إلخ، ولا يسبب أية تأثيرات عكسية، مثل أن يصبح هو نفسه آفة. وسوف نسرد تقرير مختصر عن القوانين المنظمة الأولية التي أصدرتها الهيئات الثلاث.

وزارة الزراعة الأمريكية/خدمة فحص صحة الحيوانات والنباتات USDA/APHIS

كجزء من وزارة الزراعة، فان قسم خدمة صحة الحيوان والنبات له سلطة تنظيم الآفات والأمراض تحت نطاق المرسوم الفيدرالي للآفات النباتية (FPPA). في الأعوام الحديثة، تم توسيع نطاق هذه المسئولية ليشمل النباتات المحتوية على الجينات المنقولة وآفات النباتات الأخرى. يعتبر قسم وقاية النبات والحجر الزراعي المنظم الرئيسى لفرع خدمة فحص صحة الحيوانات والنباتات فيما يتعلق بالكائنات المعدلة وراثياً. وقد أعطى مرسوم وقاية النبات لوزارة الزراعة الأمريكية لسنة ٢٠٠٠م بعض المسئوليات الاضافية لتنظيم مجموعة من الآفات النباتية والحشائش السامة.

لتمرير أية نباتات معدلة جينياً إلى أو داخل الولايات المتحدة يجب تقديم طلب إلى هذه المؤسسة للسماح بتمريرها. يرسل الطلب على الأقل قبل ١٢٠ يوم من عملية التمرير أو الاستيراد لهذه النباتات وذلك حتى يتسنى اختبارها حقلياً وبيئياً. وتتسلم هذه المؤسسة حوالي ١٠٠٠ طلب من الشركات أو من الآخرين المهتمين بأبحاث التقنية الحيوية الطالبين لاختبار هذه النباتات المعدلة أو لتعديل القوانين الحكومية الحالية. عند الحصول على السماح من المؤسسة يستطيع طالب التصريح زراعة هذه النباتات بغرض تقييمها من حيث فعاليتها وسلامتها (http//www.4.nationalacademies.org/news.nsf/isbn/0309082633?). ويجب أن تحدد الـ FPPA قبل السماح لتمرير هذه النباتات أنها لا تحمل أية مخاطر معنوية للنباتات الأخرى بالبيئة وأن سلامتها يجب أن تكون مماثلة لشبيهتها التقليدية. كما يجب عليها أن تقوم بتنظيم الأداة المستخدمة في إنتاج هذه التقنية الحيوية الخاصة بالنباتات والحيوانات، كما يجب على هذه المؤسسة الاستمرار في وضع القوانين أو التشريعات القياسية العالمية وذلك من خلال اتفاقية وقاية النبات العالمية. ولمزيد من المعلومات يمكنك زيارة الموقع : http://aphis.usda.gov/bbcp/bp. .

وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA بمقتضى شروط المرسوم الفيدرالي الخاص بالمبيدات الحشرية، المبيدات الفطرية ومبيدات القوارض، الفيفرا (FIFRA)، أصبحت وكالة حماية البيئة الأمريكية المسئولة عن تنظيم نوعين من الكائنات المعدلة وراثياً: النوع الأول، الكائنات الحية الدقيقة التي تمثل سلالات جديدة معدلة وراثياً والتي يمكن أن تباع كمؤشرات حيوية، لمعالجة المخلفات أو لهضم الملوثات، مخصبات حيوية، أو أي نوع من المنتجات الكيماوية. النوع الثاني، ناتج من النباتات أو من الكائنات الحية الدقيقة التي تم هندستها وراثياً لتنتج مبيدات (مثل بكتريا *B.thuringiensis*). بالإضافة إلى ذلك، فأن هذه الوكالة تنظم هذا النوع من الكائنات تحت إطار التشريعات المدرجة بالمرسوم الخاص بالغذاء، الدواء ومواد التجميل الفيدرالي (FFDCA) وأيضاً المرسوم الخاص بمكافحة المواد السامة (TSCA).

حتى عام ٢٠٠١م، كانت الوكالة تطلق على المواد التي تحمي النباتات ضد الآفات *بالمبيدات النباتية*. وفي ١٩ يوليو من هذا العام غيرت الوكالة اسم هذه النباتات إلى المصطلح النباتات المحتوية على مواد وقائية *Plant Incorporated Protectants* (PIPs). وفي الحال أنشأت الوكالة قسم جديد لاصدار التشريعات الخاصة بالمواد المشتقة من الـ r-DNA، والأصناف التقليدية من هذه النباتات أو المحاصيل معفية من هذه اللوائح.

ولتنفيذ السلطات المخولة لها بموجب التشريعات المختلفة فإن وكالة حماية البيئة تقوم بـ:

* مراجعة البيانات من المستخدمين لهذا للنوع من النباتات المحتوية على مواد وقائية، متضمنة مكوناتها الكيموحيوية لمقاومة الآفات، طريقة تأثيرها ومكان تأثيرها الطبيعي وطريقة إدخال الجين إلى النبات موضع الاهتمام.
* مراجعة المخاطر البيئية لهذه النباتات متضمنة تأثيرها على الأنواع الغير مستهدفة.
* تقدير وفرض، إذا كان مناسباً، خطط لإدارة المقاومة لمحاولة ابطاء أو تقليل مقاومة الآفات للمحاصيل المقاومة للآفات.
* تقييم قدرة الجين المضاف على انتاج توكسينات جديدة أو غير عادية أو مواد تسبب الحساسية.
* وضع مستوى التحمل لمتبقيات المبيدات، في حالة وجود التوكسينات.
* تنظيم الاستخدامات الجديدة للمنتجات الحالية من المبيدات، مثل استخدام مزيج من المبيدات التقليدية والنباتات المعدلة وراثياً.

لمزيد من المعلومات تجدها متاحة على الموقع: http://epa/gov/oppttintr/biotech/index.html أو على الموقع: http://www.colostate.edu/programs/lifescience/TransgenicCrops?.

إدارة الغذاء والدواء Food and Drug Administration (FDA)

هذه الإدارة، وبموجب القانون الفيدرالي المختص بالغذاء والدواء ومواد التجميل)، لها سلطة تنظيم كل أنواع الأغذية المشتقة من المحاصيل الغذائية الجديدة سواءً كان اشتقاقها بالطرق التقليدية أو المعدلة وراثياً أو من

خلال التقنيات الحديثة الأخرى. كما يُحرّم القانون الفيدرالي المختص بالغذاء والدواء ومواد التجميل أي نوع من أنواع الغش للغذاء، ويقوم بإتباع خطوات خاصة لتنظيم أي مواد تضاف للغذاء. وقد حددت إدارة الغذاء والدواء (في إحدى مراسيمها لعام ١٩٩٢م) أن أي من المواد الجديدة غير السامة التي تدخل في الغذاء بطرق الإكثار فإنها تعامل كمضاف غذائي إذا لم تعتبر تلك المادة آمنة صحياً بشكل عام. وإذا كان هناك أي شك بأن النبات المعدل وراثياً به أي اختلاف عن نظيره التقليدي، فمن الممكن أن يعتبر النبات الجديد غير آمن (بشكل عام) من الناحية الصحية. وإذا كان من المحتمل أنه غير آمن صحياً، فإن إدارة الغذاء والدواء تجري مراجعة لمخاطر هذا النبات لتحديد احتوائه على سموم، مواد مسببة للحساسية، أو أي مواد غذائية أخرى من المفترض مراقبتها وتنظيم تداولها.

وحيث إن إدارة الغذاء والدواء لا تراقب المنتجات الجديدة في معامل الأبحاث، إلا أن تلك الإدارة يتم استشاراتها في مراحل الأبحاث الأولية لتطوير منتج جديد معدل وراثياً.

وتقدم إدارة الغذاء والدواء إرشادات خاصة للمطبقين يمكن مشاهدتها على الموقع .http://vm.cfsan.fda.gov. ولأن الطريقة التي تتبعها إدارة الغذاء والدواء جرى انتقادها بدرجة كبيرة بسبب طبيعتها التطوعية والاستشارية فإن تلك الطريقة تمت مراجعتها وزودت بالمقترحات بهدف تقويتها وتدعيمها وذلك في عام ٢٠٠١م.

وبالرغم من وجود السياسات والتطبيقات السابقة للأجهزة التنظيمية الفيدرالية إلا أن كثير من المنتقدين يعتقدون أنها غير كافية. وقد جرت عدة مراجعات داخل وخارج الإدارة لمراجعة وتنقيح التطبيقات التنظيمية الحالية. في أبريل من عام ٢٠٠٠م، قدمت الهيئة التابعة للأكاديمية الوطنية للعلوم تقريراً بعدة توصيات لتغييرات في التطبيقات تم تنفيذها. ومع أن تلك الهيئة خلصت إلى أن منتجات التقنيات الوراثية (المعدلة) آمنة ومفيدة، إلا أنها دعت إلى تنسيق أفضل مع الإدارة وإلى لوائح صارمة في بعض المجالات (http://books.nap.edu/catalog/9795.html).

ومع أن الولايات المتحدة الأمريكية هي الممون الأكبر لتقنية النباتات المعدلة وراثياً فإنها تتعاون وتتشارك مع الدول الأخرى التي تُنظم أو أحياناً تستخدم منتجات التقنية الحيوية. وقد وافقت منظمة التجارة العالمية والتي تُعتبر الولايات المتحدة عضواً فيها على العديد من السياسات الحرة التي أثرت أو ربما تؤثر في القدرة على بيع الأغذية أو الأعلاف المعدلة وراثياً عبر الحدود الدولية. بالإضافة إلى ذلك، فإن المعاهدة الدولية للسلامة الحيوية هي محاولة لتنظيم تدفق المنتجات المُعدلة وراثياً عبر دول العالم المختلفة. سيتم مناقشة تأثيراتها السياسية والتجارية على الولايات المتحدة لاحقاً. ومن المتوقع أن عمق اللوائح ومدتها سوف تمضي قُدماً مع التقدم والتوسع في الوسائل التقنية وظهور منتجات جديدة منها ذات مواصفات أكثر تقدماً.

التفاعل الشعبي والسياسات العالمية

التفاعلات الشعبية، المخاطر والاهتمامات. إن حداثة التقنية الحيوية الزراعية، والمعدل السريع في الإنتاج التجاري، وحقيقة أنها تمس مواد أساسية للحياة وهي الغذاء– كل هذا ولّدَ اهتماماً بين أولئك الجماعات المهتمين بالبيئة وكذلك بعض العامة.

ومع أن الغالبية العظمى من الأمريكيين يتعامل مع هذه التقنية الحديثة على أنها حدث غير هام إلا أن نظراؤهم من الأوروبيين في الغالب غير متقبلين لها: ومسيرات التجمهر ضدها ربما ينجم عنه بعض العنف والتخريب لحقول التجارب الخاصة بهذه التقنية.

وفيما يلي ملخص بالمخاطر المقلقة المتعلقة بذلك:

- التأثيرات على صحة الإنسان (بروتينات جديدة تحتوي على مُهيجات للحساسية، تزيد من المقاومة للمضادات الحيوية (تقلل فعاليتها) بسبب استخدام الدلائل الجينية) لتلك المضادات الحيوية، ظهور سموم جديدة أو تغييرات في الأنماط الغذائية).
- الأضرار بالبيئة (التأثير غير المستهدف على اللافقاريات مثل الفراشة الملكية، انتقال الجين المحور وراثياً إلى الأفراد الطبيعية (غير المحورة) مما قد يسبب أضراراً للبيئة الطبيعية، الاستخدام الزائد لأنواع قليلة من مبيدات الآفات، ... إلخ.
- الأضرار بالزراعة التقليدية وبالذات في الدول النامية حيث قد يُحدث إخلالاً بانتقال الجين من الأصناف المحورة وراثياً إلى الأصناف الطبيعية (http://colostate.edu/programs/lifesciences/TransgenicCrops/).

المناقشة السابقة المتعلقة بحالة منتجات التقنية الحيوية تشير إلى أن هذه القضايا يتم التطرق إليها عند مراجعة التطبيقات الخاصة للمنتجات الجديدة. وبوجه خاص، فإن المراجعات السابقة لم تشير إلى أن المحاصيل المعدلة وراثياً أو الأطعمة المشتقة منها تشكل خطورة أعلى أو أقل من نظائرها من الأصناف التقليدية. ومما فاقم الوضع هو استخدام ذلك الصنف المبدل (ستارلنك) من الذرة والذي من المحتمل أن يكون مثيراً للحساسية وانضمامه إلى إمدادات الغذاء العام حيث لم تجد وكالة حماية البيئة الأمريكية، حتى بعد المراجعات المستفيضة، أي دليل على وجود المادة المثيرة للحساسية في الذرة. وفي الحقيقة، فإن البحث في الوقت الحاضر مُوجه لإنتاج محاصيل غذائية لا تسبب الحساسية ومن أمثلتها الفول السوداني. ومع أن الأبحاث في هذا المجال متناثرة، فإن خطورة انتقال المضادات الحيوية أفقياً لأفراد من خارج سلسلة الآباء إلى الذرية قد يكون محتملة الحدوث إلا أنها غير متوقعة. وبالمثل، فإن المخاطر من التغذية على الحامض النووي (DNA) من أغذية معدلة وراثياً حتى الآن لا يعتبره المسئولون مختلفاً عن تناوله من الأغذية التقليدية التي يتم تناولها. أيضاً، لا يوجد دليل واضح حتى الآن يبين حدوث تغيرات في المستوى

التغذوي ناتجة عن الأغذية المعدلة وراثياً. وبالرغم من عدم وجود الأدلة ، فإن الكثير من الناس يعبرون عن قلقهم، ليس ربما بسبب وجود المخاطر ولكن لخوفهم من عدم التحقق والتأكد من سلامة تلك المنتجات. نفس المعضلة تنطبق على الأدوية التقليدية، مبيدات الآفات وكل أنواع المواد الكيماوية أيضاً ؛ إلا أنه يبدو أننا قد ألفنا المنتجات القديمة.

أما فيما يتعلق بالمخاطر البيئية، فقد أوضح البحث أن انتقال الجين المحور وراثياً يمكن أن يتم من المحاصيل إلى الحشائش. ومع ذلك، فإن عدم وجود سلالات برية من الذرة والفول السوداني في الولايات المتحدة وأوروبا قريبة من تلك المحاصيل فإن ذلك يقلل من تلك الخطورة. إن جزء من العملية التنظيمية هو تقييم الخطورة من انتقال جينات المحاصيل المعدلة وراثياً التي يتم إطلاقها. هناك اهتمام قليل فيما يتعلق بانتقال الجينات الخاصة بمقاومة المضادات الحيوية وذلك لأن الكثير من الكائنات الدقيقة في التربة لديها مقاومة طبيعية (فطرية) مسبقة من ذلك النوع. ومرة أخرى، فإن العبء سوف يبقى على الوكالات المُنظمة لدراسة وإجراء المسح للمشاكل المتوقعة من ذلك.

القلق الفعلي الأكبر يأتي من إمكانية حدوث تهجين بين تلك المحاصيل المعدلة وراثياً وتلك الطبيعية (التقليدية) التي قد توجد بالقرب منها. ومع أن انتقال الجين قد لا يكون بالضرورة ضاراً إلا انه من المحتمل أن يهدد المحافظة على التركيبات الوراثية الداخلية لأصناف المحاصيل ونباتات الزينة الأكثر استخداماً أو النادرة منها. هذه القضية المتعلقة بانتهاك الحرمة الوراثية تطفو الآن على السطح وتثير الكثير من التساؤلات المستقبلية. ويمكن الإطلاع على ملخص جيد للمخاطر والقلق المتعلقان بالنباتات المعدلة وراثياً على الموقع http://colostate.edu/programs/lifesciences/TransgenicCrops/.

السياسات والتجارة العالمية

مع أن الأغذية المعدلة وراثياً تلاقي نوعاً ما من القبول في أمريكا الشمالية إلا أنها غير مقبولة في أوروبا. الجماعات الأوروبية من بين أكثر الجماعات المناوئة لهذه التقنية. عدم رغبة الأوروبيين في هذه التقنية أدى إلى مناقشات تجارية مستفيضة بين أوروبا والولايات المتحدة. ومع زيادة إنتاج الأغذية من المحاصيل المعدلة وراثياً فإن الولايات المتحدة غير قادرة بسهولة على فصل تلك المنتجات المعدلة عن التقليدية وهي بنفس الوقت غير قادرة أيضاً على إقناع الأوروبيين بسلامة تلك الأغذية. ولذلك فإن الصادرات الأمريكية من تلك المنتجات إلى أوروبا وبعض الدول الأخرى آخذ في التناقص وقد شكلت الزراعة الأمريكية ضغوطاً على الحكومة لكي تقوم بالجهود اللازمة لاسترداد تلك الخسائر.

أسباب رفض الأوروبيين للمنتجات المعدلة وراثياً معقدة ومن الصعب تفسيرها. وقد ذكر كارلس في كتابه لعام ٢٠٠١م أن الجدل يعزى بدرجة اكبر إلى التفاصيل أكثر من أن يعزى إلى إدانات أساسية. الكثير من الناس يعتقدون أن التقنيات الحديثة تؤثر على الزراعة المستدامة بطرق لا يعرفون تحديدها. وقد كتب كارلس أن قضية التقنية الحيوية ربما تكمن في وسط الألغاز الفلسفية القديمة المحيرة: استخدام العازقات مقابل استخدام الكيماويات، قوة الإنسان مقابل الآلات الميكانيكية، المجتمعات الريفية والمزارع الصغيرة مقابل المزارع الصناعية الحديثة. عندما نفذ تكتل صغير من الدول الأوروبية التعليق والحظر المفروض على منتجات التقنية الحيوية في عام ١٩٩٨م كلف ذلك المزارعين الأمريكيين ما يزيد عن ٢٠٠ مليون دولار؛ بسبب إيقاف صادرات الذرة إلى تلك الدول.

مستقبل التقنية الحيوية الزراعية

هناك العشرات من الشركات المهتمة بالتقنية الحيوية الزراعية. من بين المصنعين الرئيسيين لمبيدات الآفات وشركات إنتاج البذور المهتمة بإنتاج المحاصيل المعدلة وراثياً: مونسانتو، سينجنتا، ديوبونت، باير (وهي الآن متحدة مع أفينتز) و داو للعلوم الزراعية/مايكوجن.

كان التركيز في بداية الأمر في تجارة التقنية الحيوية الجديدة لحماية المحاصيل هو التزويد بالصفات والخصائص المرغوبة: أي تغيير صفات المحصول من خلال التعديل الوراثي بحيث يكون مرغوباً من طرفي المنتج أو المستهلك.

فمثلاً؛ في حالة فول الصويا المُتَحَمل لمبيد الحشائش الراوندأبْ، هذه الصفة تمنح فول الصويا القدرة على تحمل سوائل الرش (لمبيد الحشائش الجلايفوسيت) بطريقة كافية لمكافحة الحشائش داخل حقول ذلك المحصول دون أن يصاب بأذى من ذلك المبيد. الصفات المُدخلة أيضاً ربما تحسن من صفات الحصاد، كما تحسن من صفات التحمل لمبيدات الحشائش، والآفات الحشرية ومسببات الأمراض للكثير من المحاصيل. وفي المستقبل سيكون هناك رغبة لتحسين صفات المُخرجات للمحاصيل المعدلة وراثياً. هذه الصفات الأخيرة تشمل تغيرات داخلية في طبيعة المحصول مما يجعله أكثر تفضيلاً للمُنتج أو المستهلك. الأمثلة تشمل: زيادة المنتجات التصنيعية للمحصول (المحتوي من الزيت، النشا، البروتين)، تحسين مواصفات النقل والتخزين أو تخليق مواد جديدة مرغوبة من قبل المستهلك اللذين يرغبون الحصول على غذاء صحي (مثلاً، ستيرولات نباتية أو أيزوفلافونات والتي ربما تخفض الكولسيترول). ولسوء الحظ، معظم صفات المُخرجات أو الناتجة للمحاصيل المعدلة وراثياً ليس لها علاقة مباشرة بـ أو فائدة لما يختص بمكافحة الآفة.

هناك مجموعة جديدة من المنتجات المحصولية الجديدة المُتحملة لمبيدات الحشائش أو الحشرات وهي في انتظار تسجيلها أو تحت التطوير. بعضها يعتمد على فكرة التراكم الجيني لتحسين المحاصيل المعدلة وراثياً الموجودة أو لتطوير أصناف جديدة أخرى. الصفات الخاصة التي أُجيزت ولم تُسوّق بعد أو تلك التي يُنتظر الموافقة عليها يمكن

متابعتها على قاعدتي البيانات لكل من: التقنية الحيوية الزراعية (http://www.agbios.com/-synopsis.asp)، أو منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية (http://webdomino1.oecd.org/ehs/bioprod.nef).

بعض المحاصيل التي يمكن أن تقدمها الولايات المتحدة في المستقبل تشمل ما يلي:

- الكانولا (متحمل لمبيدات الحشائش والحشرات، بعض الأصناف المعدلة وراثياً تُسوّق حالياً في كندا).
- الطماطم (تحسين المحتوى من الايكوبين Lycopene، تأخير/إبطاء النضج، زيادة النكهة، تحمل الملوحة).
- الأرز ("الأرز الذهبي"، المحتوي من فيتامين أ (A).
- الكانولا (تحسينات في صفات الزيت، توازن الأحماض الدهنية، المحتوى من فيتامين ᵃ (E).
- بنجر السكر (التحمل لمبيدات الحشائش: أُجيز لكنه لم يُسوّق بعد في الولايات المتحدة).
- دوّار الشمس (مقاوم للحشرات ومتحمل لمبيدات الحشائش).
- الأعناب والنبيذ (مقاومة للأمراض).
- القمح (متحمل لمبيدات الحشائش).
- النجيل (الثيل) (بطيئ النمو، متحمل للجفاف، متحمل لمبيدات الحشائش).
- الأشجار (الصمغ الحلو، الخور العادي، الخور الزجزاج، صنوبر اليسية: تحسين صفة التصنيع، مقاومة الحشرات، التحمل لمبيدات الحشائش).
- اللقاحات النباتية (لمقاومة مسببات الأمراض النباتية).

من بين أكثر صفات المُخرجات للمحاصيل المعدلة وراثياً المرغوبة والتي يجري استكشافها هي ما يسمى أحياناً "بالأغذية الفعّالة" أو محاصيل الفارم "pharm". هذه المحاصيل معدلة وراثياً لكي تنتج كيماويات صناعية ومستحضرات دوائية (صيدلانية) (Anonymons, 2003). المستثمرون في هذا المجال يعتقدون أن المحاصيل المحتوية على كميات كافية من المواد الغذائية الفعالة و / أو الدوائية سوف تكون إضافة ربحية لخطوط منتجاتهم المستقبلية وسوف تكون مرغوبة أكثر للمستهلكين.

وقد ذكر في السابق كيف أن بعض المحاصيل المعدلة وراثياً جرى تبنيها بسرعة. كما أشير أيضاً إلى عدد من تلك المحاصيل التي أخفقت في ذلك. وكما في أي تقنية جديدة لا تزال في بدايتها، فإن هذا المنهج سوف يستمر لسنوات قادمة. وبالرغم من المحاذير التي نجمت من التقنية الجديدة فإن أنواع التقدم التي تم تحقيقها في العقد الأخير فيما يتعلق بوراثة النبات أثبتت أنها مفيدة جداً للمزارعين. وباختصار فإنه من المتوقع أن كثيراً من المنتجات التي تم تطويرها وذكرت سابقاً جرى تبنيها بسرعة، وفي نفس الوقت فإنه من المتوقع أن انتشار تلك المنتجات التي لها تلك الصفات سوف ينمو بطريقة مشابهه كما حدث في العقد الماضي. وقد قدرّت المصلحة العالمية لامتلاك تطبيقات

التقنية الحيوية الزراعية (ISAAA) مبيعات البذور المحاصيل المعدلة وراثياً بما يعادل ١.٥ بليون دولار أمريكي في عام ١٩٩٨م والذي قد يصل إلى ٢٥ بليون دولار أمريكي في عام ٢٠١٠م (Anonymous, 1999).

ذكر مقالاً لوكالة رويترز نشر في موقع المصلحة السابق ذكرها (ISAAA) (http://www.isaaa-africenter.org/) بتاريخ ١٥ يناير، ٢٠٠٣م أن المبيعات العالمية للمحاصيل المعدلة وراثياً تجاوزت ٤ بلايين دولار أمريكي في عام ٢٠٠٣م، بينما قَدَّرَ فليبس مكدوجال (وهو مستشار رسمي وناشر) تلك المبيعات لعام ٢٠٠٦م بأكثر من ٥ بلايين دولار أمريكي. وباختصار، فأن الزخم الموجود والمدعم بالعديد من المركبات الجديدة المُعدة للتسويق، من شأنه أن يضع الكائنات المعدلة وراثياً في مجال النشاط الزراعي الرئيسي في السنوات القليلة القادمة. إن مبيدات الآفات النباتية، والمحاصيل المتحملة لمبيدات الحشائش والنواتج النهائية الأخرى التي لم تظهر حتى الآن سوف تكون جميعها جزء من هذا المشهد.

علم المكنونات الوراثية ربما يصبح أيضاً في المستقبل أداة للمتابعة التنظيمية. ففي منتصف عام ٢٠٠٢م أعلنت وكالة حماية البيئة الأمريكية أنها سوف تبدأ في قبول المعلومات/البيانات المتعلقة بالمكنونات الوراثية وذلك للمساعدة في تقرير المخاطر المتعلقة بالكيماويات. ومع أن وكالة حماية البيئة الأمريكية تخطط للاعتماد بصورة أكبر على الطرق والمعلومات التقليدية، فإن هذه الخطوة تُنبه إلى هذه التقنية الجديدة تستحق التقييم وأنها في الغالب سوف تلاقي قبولاً واستخداماً أكبر كلما زاد تقدمها (Anonymous, 2002).

إن مشهد النجاح المنظور على المدى الطويل في نجاح صناعة مبيدات الآفات قد تغير بحد ذاته وذلك بسبب "الثورة في التقنية الحيوية". زيادة على ذلك، فإن برامج النجاح المستقبلي في هذة الصناعة لديها خط إمداد قوي من التقنية الحيوية، امتلاك الأصول اللازمة، عروض لمنتجات إضافية والمصادر التمويلية اللازمة للاستثمار المكثف في هذه التقنية الجديدة.