# الفصل التاسع
# أحدث الوسائل فى تكنولوجيا المكافحة

بتقدمه التكنولوجى واكتشافاته وقفزاته العلمية المتلاحقة وبخاصة فى العقدين الماضيين، فكر الإنسان فى استغلال عناصر ذلك التقدم بتجريبها كأسلحة فى حربه ضد الحشائش الضارة علها تيسر له مهمته وتحقق له هدفه. من هذه الأسلحة ما يسهل له رصد تجمعات الحشائش فى المساحات الشاسعة وتحديد أنواعها، وما يبين له مجتمعات الحشائش المغمورة تحت الماء دون اللجوء إلى الغوص وسَبْر الأعماق، أو معالجة بعض أنواع الحشائش بالأشعة المخلقة فى محاولة للتخلص منها، أو تطوير مبيدات الحشائش لتكون أكثر تواؤمًا مع الغرض عند معاملتها، أو تطوير تقنية تَقَفّى أثر المبيدات فى البيئة وغير ذلك من سبل.

## الاستشعار من بعد

تمامًا كالمعارك الحربية الحديثة، لجأ الإنسان إلى وسائل التصوير الجوى العادى، ووسائل التصوير الجوى بالأشعة تحت الحمراء infrared، التى تعكس أطيافًا مختلفة باختلاف النوع النباتى، وكذلك الرصد بالموجة الصغرى microwave بالاستعانة ببرامج الحاسبات الإلكترونية، لتحديد مواقع تجمعات الحشائش فى المساحات الهائلة وتحديد كثافتها قبل الحرب، ومتابعة حشودها خلال مراحل القتال. وتطور الأمر حتى وصل إلى استخدام الأقمار الصناعية. ويمثل هذا تصعيدًا جوهريًا وفر على الإنسان الوقت والجهد، ومشقة التوغل فى المناطق الوعرة وتلك التى يصعب اقتحامها وسَبْر أغوارها كأعماق البحيرات والخلجان والأنهار.

## • التصوير الجوى العادى

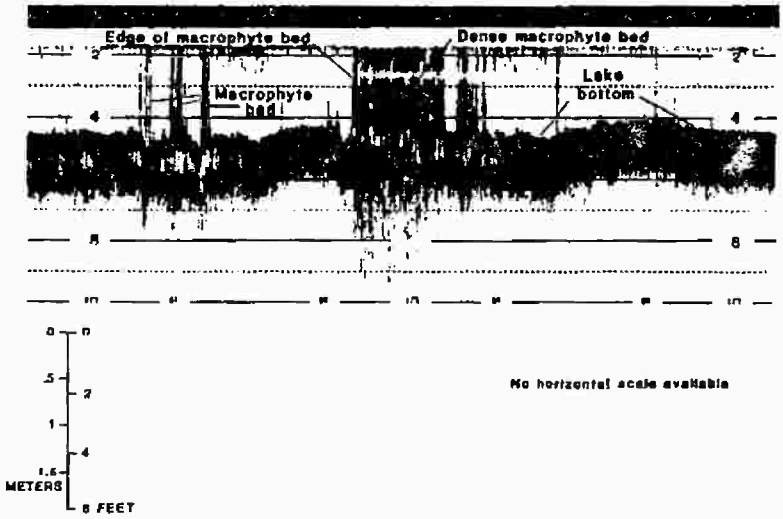
استخدم التصوير الجوى العادى بنجاح كأداة للتعرف على أنواع النباتات الضارة فى البرارى. وقد أظهرت تحليلات الطيف للأفلام الموجبة والمعتمدة على الحواسب الآلية أن غزو بعض الأنواع النباتية يمكن تحديده كميًا وسط الأنواع النباتية الأخرى المصاحبة. ويمكن بهذه التقنية تقدير نسبة المساحة الموبوءة بالأنواع الضارة فى تلك المناطق وتحديد المساحات التى يحتاج فيها إلى مكافحة (٧٤، ٨٣، ٨٨، ١٢٦، ١٤٠).

## • التصوير الجوى بالأشعة تحت الحمراء

تبين أيضًا من الدراسات فعالية وكفاءة التصوير الجوى بالأشعة تحت الحمراء مصاحبًا بالملاحظات الأرضية البسيطة فى التقدير الحقلى وتوثيق التغيرات فى مجتمعات الحشائش الأرضية (٨٢، ١٧١) (شكل ١٢ ب الملحق الملون). وقد طبقت هذه التقنية فى عديد من التقديرات للحشائش المائية منها تقييم التغيرات فى نموات حشيشة الهَيْدريللا خلال عملية مكافحتها حيويًا لمدة أربع سنوات باستخدام سمك الشَبّوط العشبى grass carp بإحدى الخزانات المائية التى يصل سعتها إلى أكثر من ٨,٠٠٠ هكتار بالولايات المتحدة (١٢٨) (شكل ١٢ أ الملحق الملون).

## • التحديد الآلى باستخدام الميكروويف

أثبت التحديد الآلى لموقع الحشائش المائية باستخدام الميكروويف نجاحًا عاليًا فى التعرف على حدود ومواقع تجمعات تلك الحشائش فى البحيرات. ويعد مثل هذا الأمر ضروريًا وحيويًا للتخطيط الفاعل ولتنفيذ برامج صيانة الأجسام المائية من غزو الحشائش الضارة (شكل ١٣) (٩٩).




شكل ١٣: خريطة شريطية من مسجل جهاز سَبْر الأعماق باستخدام موجات الميكروويف تبين مساحات من النموات الخضرية الكثيفة للأعشاب المائية تحت الماء.

## ● الأقمار الصناعية

دلت الدراسات باستخدام الأقمار الصناعية على إمكانية تلك الوسيلة فى تحديد وتمييز الأنواع النباتية والحشائش الضارة منها (٧١، ١٥٥) (شكل ١٤ب الملحق الملون). بل وبالاستعانة بنظم الحاسب الآلى أمكن بجانب تحديد المناطق الموبوءة التعرف أيضًا على المناطق المتاخمة التى يحتمل غزوها أو المعرضة للغزو من نوع معين من الحشائش، وذلك بدراسة حاجة الحشيشة لنوع معين من التربة أو لمناخ معين لكى تنمو وتزدهر (شكل ١٤ أ الملحق الملون).

## أشعة الليزر

طرق الإنسان بأشعة الليزر العديد من المجالات الحيوية، لعل أهمها تلك المتعلقة بعلاج الأمراض وتطوير أداء العمليات الجراحية بغرض سرعة الإنجاز

والتعجيل بالشفاء ولتجنب الآثار الجانبية للطرق التقليدية، وذلك مرورًا بعلاج ضعف الإبصار حتى الإنزلاق الغضروفى. كما استخدمت فى عديد من الأغراض الصناعية خاصة تلك التى تتطلب دقة متناهية ومهارة عالية فى تقنية أدائها مثل عمليات القص واللحام وغيرها. وقد تُوّجَت تلك التطبيقات برؤية تفاعل الجزيئات والذرات وهو ما ساهم فى حصول العالم المصرى أحمد زويل على جائزة نوبل فى العلوم.

وفى صراعه مع الحشائش الضارة، حاول الإنسان استخدام تلك الأشعة كأداة للقضاء على الحشائش المائية الطافية الخطيرة وبخاصة حشيشة ياسنت الماء (٦٨، ١٢٤). وخلال تلك المحاولات تم القضاء الجزئى على تلك الحشيشة عند معالجتها بإشعاع ليزر طوله ١٠,٦ نانومتر. وقد أثرت مستويات الإشعاع الأقل من ١ جول لكل سنتيمتر مربع على نباتات الحشيشة الفردية، ومستويات ٩٦ جول لكل سنتيمتر مربع على تجمعات النبات بصورة فاعلة، كما انخفضت عملية البناء الضوئى فى الأوراق إلى قرابة النصف عند تعريض النبات إلى ٤ جول لكل سنتيمتر مربع.

وقد أظهر الإشعاع تأثيرًا فوريًا على حشيشة الياسنت فى صورة بلزمة للخلايا أعقبها أثر حارق، ثم تحول لون النبات إلى اللون البنى. وفى غضون أسبوعين، بدأت أجزاء النبات التى تعرضت للإشعاع فى التحلل. وفى خلال ذلك، بدأت نموات جديدة تظهر من القمة النامية للنبات الواقعة تحت سطح الماء مباشرة. وقد كانت هذه النموات الجديدة أقل من المعتاد كما كانت أكثر شحوبًا فى لونها.

## الاستنبات الإجبارى لبذور الحشائش

تحتوى التربة الزراعية فى مساحة المتر المربع الواحد عادة على الآلاف من بذور الحشائش الكامنة، التى تنتظر الظروف الملائمة لإنباتها وظهور بادراتها فوق سطح التربة. مثل هذه البذور قد تنبت خلال عام واحد بعد انفصالها عن الحشيشة الأم، وقد تظل حية كامنة فى التربة لسنوات قد تصل إلى أكثر من

عقدين. ولا تشكل هذه البذور خطرًا على المحصول النامى، إلا إذا توافرت العوامل المواتية لإنباتها، كوجودها مثلاً على عمق ملائم أو درجة إضاءة معينة، وذلك فى حالة الحشائش التى تعتمد على نفسها فى الحصول على الغذاء، حيث تستمد بعضه من التربة وتكون البعض الآخر من غازات الهواء الجوى. أما الحشائش الطفيلية، وهى التى تنهل غذاءها من النبات العائل عبر ممصات خاصة، فلا تستطيع بذورها التيقظ والإنبات إلا عند وجودها على مقربة من عائلها، حيث تتعرف عليه وتحس بوجوده بلغة كيميائية خاصة يلعب النبات العائل دورًا فى المبادأة بها. لهذا فمن الضرورى وجود النبات العائل بقرب حثيث من تلك البذور الكامنة. وهذه العلاقة تبدو بوضوح، على سبيل المثال، بين حشيشة الهالوك ونباتى الفول والبسلة، وكذلك بين حشيشة العراف witchweed ونباتات الذرة الشامية. ولهذا فإن البذور الكامنة لأنواع الحشائش تشكل خطرًا موقوتًا يظهر عند توافر الظروف الموافقة وحال بقاء بذور تلك الحشائش حية حتى حلول هذه الظروف.

وتمثل ظاهرة كمون بذور الحشائش «عدم إنبات البذور رغم وجودها حية» – والتى يبدو أن الحشيشة تلجأ إليها كنوع من المراوغة والصمود لكى تنبت بذورها حال توافر الظروف التى تسمح بنمو طبيعى لنباتاتها – تمثل عقبة كئودًا فى برامج المكافحة، نظرًا لأن القليل عادة من هذه البذور هو الذى ينبت خلال عام واحد، لأن وسائل المكافحة التقليدية لا تتسبب عادة فى قتل بذور الحشائش غير النابتة.

وفى سعى الإنسان فى حربه مع الحشائش الخطيرة، اعتبر أن استخدام منبهات الإنبات لإنضاب التربة من بذور الحشائش سيشكل نقطة تحول كبرى فى حربه ضد تلك الأنواع الضارة. وتوصل إلى بعض الوسائل للتغلب على ظاهرة الكُمون فى عدد من أنواع الحشائش. فعرف مركبات ليست قاتلة فى جوهرها، بل على النقيض، محفزة لبذور بعض أنواع الحشائش – وبخاصة الطفيلية – على الإنبات والظهور، فيدفعها للإنبات فى التوقيت الذى يريده ويبتغيه (٦٠). ويبدو

ذلك كضرب من ضروب الحرب الوقائية، وذلك بإجهاض قدرة البذور على الإنبات فى التوقيت الذى تريده تلك البذور والذى غالبًا ما يتوافق مع وجود المحصول المسترزع، وبالتالى يُؤْمَن شرها وخطرها قبل ظهور قواتها واستفحال ضررها (٧٧، ٧٩).

وفى ذلك، ظهر أن الإيثيلين - أحد الهرمونات النباتية المعروفة - يستطيع أن يحاكى تأثير فعل المنبه المنطلق من النبات العائل، وأن بقدرته تنبيه إنبات بذور مجموعة متباينة من أنواع الحشائش الضارة (٧٨، ١٦١)، وذلك بعد أن تبين أن هذا الهرمون ينتج طبيعيًا فى كثير من أنواع التربة بتركيزات كافية لحفز بذور الحشائش على الإنبات. وقد اسْتُغِل ذلك بالإنتاج التجارى لهذا الهرمون، وأضحى أداة هامة فى مكافحة حشيشة العراف الطفيلية فى الولايات المتحدة خلال دوره فى تنبيه بذور تلك الحشيشة المدمرة وخفض أعدادها الكامنة فى التربة، حيث يعامل هذا الهرمون قبل زراعة الذرة الشامية ويؤدى فى النهاية إلى موت البادرات المنبثقة للحشيشة لغياب عائلها. وتبين أن استخدامه بمعدل ١,٧ كيلو جرام لكل هكتار قد تسبب فى خفض البذور الكامنة لتلك الحشيشة بنسبة ٩٠ فى المائة فى حقول الذرة الموبوءة بها فى ولايتى شمال وجنوب كارولينا (٨١).

## تحسين فاعلية مبيد الحشائش

أدت البحوث والدراسات إلى ظهور صور غير تقليدية من مبيدات الحشائش لها مميزاتها التى تنفرد بها عن تلك التقليدية التى استخدمت لعشرات السنين، ومن الصور الحديثة ما يلى :

### ● المبيدات ضئيلة الجرعة

منذ أن بدأ إنتاج واستخدام مبيدات الحشائش، لم تتدن جرعتها الحقلية الفاعلة عادة عن حدود الكيلو جرام للفدان من الأرض. ونظرًا لشكوى الإنسان المتصاعدة من أسباب التلوث وعزمه على الحد من استخدام المبيدات الكيميائية لآثارها الجانبية الضارة على البيئة، فقد اتجهت بعض الدراسات الحديثة إلى البحث عن مركبات يمكن معاملتها بجرعات ضئيلة. وقد وصل الأمر إلى إنتاج

مركب يمكن أن يفى بالغرض المطلوب على الحشائش بجرعة لا تتجاوز ١٧ جرامًا للهكتار، ويستخدم فى الوقت الحالى لكافحة حشائش محاصيل الحبوب، ويعطى نتائج مماثلة فى التأثير على الحشائش مقارنة بنظائره عالية الجرعة، بل ويتفوق عليها بضعف سميته على الثدييات (٤٩)، حيث تتدنى سميته عليها فى بعض الأحوال إلى العُشر. وعلى رغم أن التكلفة عند استخدام المبيدات ضئيلة الجرعة قد لا تنخفض كثيرًا، إلا أنه من المتوقع أن تكون لمثل هذه المبيدات أثار حميدة على الإنسان ومكونات البيئة.

## ● مبيدات الحشائش المتحكم فى إطلاقها

باستعراض صور تجهيزات المبيدات المُعَدَّة للاستخدام الحقلى يتبين أن أغلبها ينحصر فيما يسمى بالمُركّزات القابلة للاستحلاب، أى التى يمكن لجزيئات المبيد بها أن تتحول من الصورة الزيتية المخلقة إلى صورة يمكنها التجانس مع الماء، والمساحيق القابلة للبلل، أى التى يمكن لجزيئاتها الدقيقة الصلبة أن تختلط بالماء عند إعدادها للمعاملة الحقلية. ويستخدم لذلك فى الحالتين مواد إضافية تخلط بالمبيد عند تجهيزه فى مصانع الإنتاج للوصول إلى الصورة المرجوة، بالإضافة إلى مواد مُحَسِّنَة لأداء المبيد كالمواد الناشرة واللاصقة وغيرها، ولا تؤثر هذه الإضافات على فاعلية المبيد لكونها عادة مواد خاملة.

والصور المذكورة من المُركّزات والمساحيق قد ينتج عنها فقد غير مرغوب فيه خلال تطايرها فى الهواء أو وجود غير مستحب للمبيد فى بقايا المحصول المنزرع. وقد سعى الإنسان فى محاولة الوصول إلى تقنية التحكم فى إطلاق المبيد، وذلك بغرض تحسين أداء المبيد وخفض نسبة الفاقد منه والوصول بمخاطر التلوث البيئى إلى الحد الأدنى (٥٨، ٥٩، ٦٦، ٦٧، ٩٧، ١٢٩، ١٥٧).

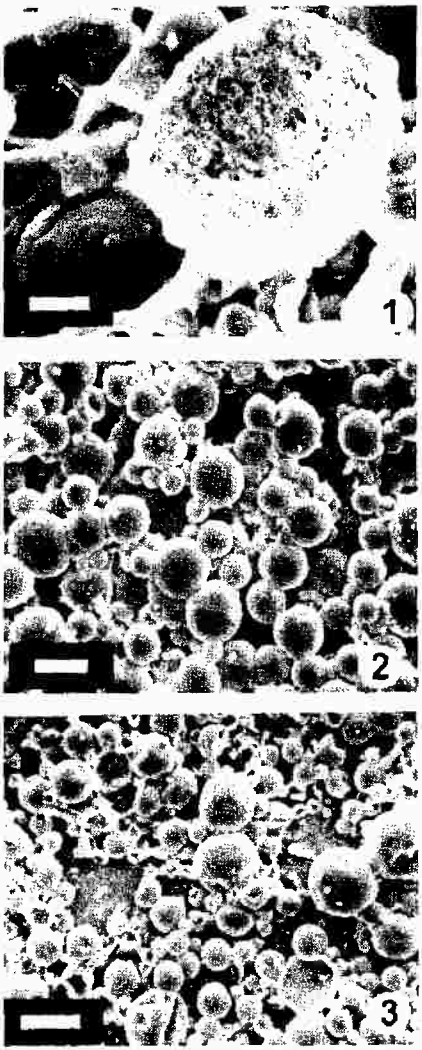
## ● الكبسلة الدقيقة للمبيد

تمثل الكبسلة الدقيقة micro- encapsulation لمبيد الحشائش إحدى التطويرات الحديثة فى صور تجهيز المبيد للتحكم فى إطلاقه. وتعنى وضع المبيد فى

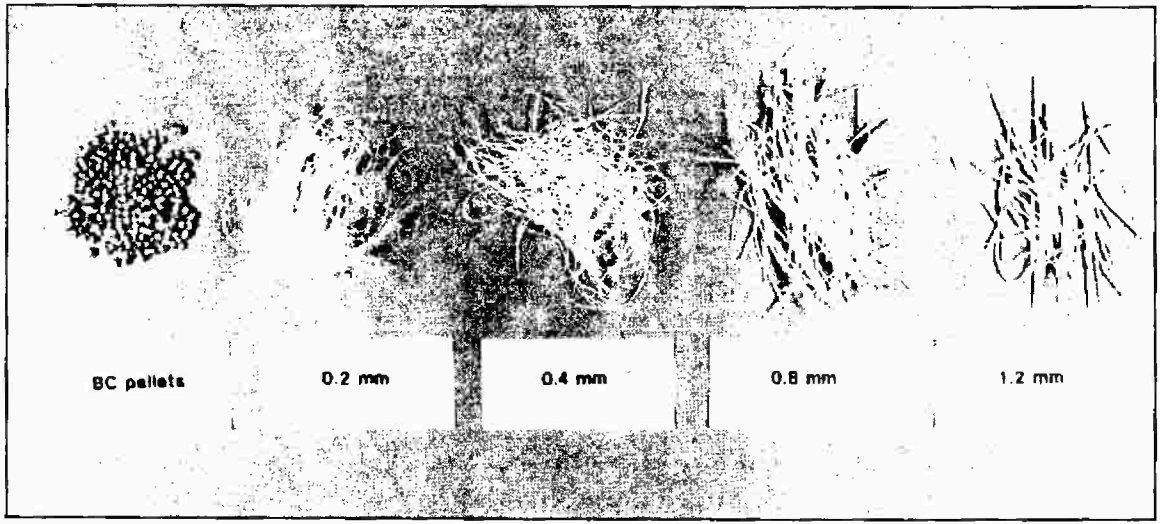
كبسولات فائقة الصغر «لا تتجاوز ٥ ميكرون» من مواد مأمونة مثل الجيلاتين والألبيومين والنشا (٥٥، ١٨١). وتتسع مميزات هذه الصورة (شكل ١٥) لتشمل سهولة وأمان التعامل مع المبيد، وضمان إطلاقه عبر مدة زمنية، وخفض درجة فقده بالتطاير وتكسيره بالضوء، بجانب خفض الفقد بالانجراف السطحى أو الرشح لأسفل التربة.

## ● ألياف مبيد الحشائش

استخدم عادة فى المكافحة الكيميائية للحشائش المائية وبخاصة الأنواع المغمورة، صور من المبيدات على هيئة سائلة أو كأقراص أو محببات. ومن نقاط الضعف فى مثل تلك الصور انجراف المبيدات السائلة أو المعدة كأقراص مع التيار أو تغطية محببات المبيد برواسب القاع، مما يقلل من فاعليتها ويحد من تأثيرها. وقد تم حديثًا وبتقنيات متعددة تطوير صور تلك المبيدات باستخدام عدد من البوليمرات الخاملة، بغرض الوصول إلى تحكم فى الإطلاق لمدة زمنية، وبالتالى يمكن تعريض الحشيشة المستهدفة لتركيز معلوم من المبيد لمدد طويلة. وتم إنتاج المبيد فى شكل ألياف صناعية من تلك المواد (شكل ١٦) عند معاملتها على العشب المائى المغمور فإنها تلتف متشابكة عليه، الأمر الذى يعوق انجرافها مع التيار أو هبوطها إلى القاع (٧٦). وقد أظهرت بعض البوليمرات القابلة للتحلل البيولوجى كالبولى كابرولاكتون نجاحًا كبيرًا فى تصنيع المبيدات على هذا النحو. وقد تمكنت هذه الصورة والمعدة بقطر ٠,٨ - ١,٢ ملليمترًا من إطلاق بعض المبيدات لمدة وصلت إلى ٥٠ يومًا معطية مكافحة فاعلة لحشيشة الهَيْدِريللا فى المياه الجارية، بينما لم تثبت الصورة السائلة التقليدية نجاحًا، وأعطت الأقراص مكافحة هامشية محدودة (١٦٨).




شكل ١٥: كبسولات ميكرونية «مكبرة بالميكروسكوب الإلكترونى الماسح» من مبيد الألاكلور:
١ – قطاع عرضى فى كبسولة «الشرطة البيضاء = ٢ ميكرون»، ٢ – الكبسولات بعد ٧٢ ساعة فى محلول مائى «تخفيف ١: ١٠»، ٣ – الكبسولات بعد ٧٢ ساعة فى محلول مائى «تخفيف ١: ١٠٠٠».




شكل ١٦ : أقراص مُعدّة من مبيد الفلوريدون «إلى اليسار». وألياف من مخاليط المبيد مع البولى كـاربولاكتون مجـهزة فـى أربعـة أقطـار مختلفة «بالملليمتر» للحصول على معدلات انطلاق مختلفة للمبيد.

## • حاميات المحصول

نشأت فكرة البحث عن حاميات للمحصول من أثر المبيد ضعيف التخصص، بسبب توافر الكثير من مبيدات الحشائش المتخصصة لمكافحة الحشائش عريضة الأوراق فى محاصيل الحبوب مثل الذرة الرفيعة والشامية وقلة عدد المبيدات التى يمكنها القضاء على الحشائش النجيلية دون التسبب فى إيذاء تلك المحاصيل. فمبيد الألاكلور alachlor مثلاً من المبيدات الفاعلة فى مكافحة الحشائش النجيلية ولكنه يلحق الضرر بالذرة الرفيعة عند المعاملة.

وعلى رغم أن التأثير الإيجابى لإضافة الواقيات الكيميائية كمضادات السموم antidotes والمؤمِّنات safeners إلى تجهيزات مبيدات الحشائش معروف منذ أكثر من ٢٠ عاما، إلا أنه قد تجدد الاهتمام بتلك الواقيات حديثًا بدرجة واسعة لتحسين ورفع درجة تخصص المبيد. ويمكن لكثير من مُؤمِّنات البذرة الكيميائية أن تحمى بنجاح عددًا كبيرًا من المحاصيل من الأثر الضار لطائفة من مبيدات الحشائش (٤٧، ٥١، ٦٢، ٧٠، ٨٠، ٩١، ٩٢، ٩٨، ١٠٣، ١٢١، ١٥٢، ١٨٢). وقد وجد مثلاً أن مضادات السموم المعروفة بالسيومترينيل والفلورازول توفر وقاية للذرة الرفيعة ضد أضرار مبيدات الآلاكلور والأسيتوكلور. كما يستخدم عدد آخر من الكيميائيات لمنع الأضرار التى تحدث من المبيدات على القمح دون التأثير على فاعلية تلك المبيدات على حشيشة الزُّمَير wild oats الضارة. ويعزى علميًا فعل مضاد السموم هنا إلى التحسين الجوهرى لعملية أيض مبيد الحشائش فى نباتات المحصول التى هى فى الأصل حساسة لأثر المبيد.

## مبيدات الحشائش الفطرية

مبيدات الحشيشة الفطرية mycoherbicides هى طائفة معاصرة من المبيدات عبارة عن منتجات حية دقيقة من الفطريات المتخصصة تستطيع مكافحة حشائش معينة بدرجة مكافئة للمبيدات الكيميائية (١٦٢، ١٦٣، ١٦٤، ١٦٥، ١٦٧). وتعامل هذه المبيدات الحيوية فى صورة رش فى محلول مائى تمامًا كالمبيدات الكيميائية التى تعامل رشًا. ومثلها مثل مبيدات الآفات الميكروبية التجارية، تعد فى ذاتها مكافحة حيوية يتم إنجازها بسبب مرضى متوطن وليس بكائنات

مدخلة من خارج المنطقة كوسيلة مكافحة بيولوجية كلاسيكية كما سبق ذكره فى فصل المكافحة الحيوية.

وعلى الرغم من تطبيق الإنسان للوسائل البيولوجية ضد الحشائش الضارة بإطلاق الحشرات المتخصصة فى غذائها على عوائل محددة ونجاحه فى السيطرة بهذه الوسيلة على بعض الأنواع النباتية، فإنه لم ينجح فى التطبيق العريض لاستخدام الأعداء الحيوية من الفطريات والتى تمثل إحدى الأعداء الطبيعية الرئيسية للحشائش، إلا فى مطلع العقد الماضى.

وكان لنجاح أول مبيدين متخصصين للحشائش من أصل فطرى، وهما «ديفين» و «كوليجو» صدى واسع بإمكانية تطبيق هذا الاتجاه كتقنية متخصصة عالية الأداء فى التعامل مع الحشائش الضارة. ويستخدم المبيد الأول فى مكافحة حشيشة طفيلية خطيرة فى الموالح تعرف بكرمة حشيشة اللبن milkweed vine ويحتوى على المسبب المرضى *Phytophthora palmivora*، أما الثانى فيستخدم ضد حشيشة البيقة العقدية Jointvetch فى الأرز وفول الصويا ويحتوى على الجراثيم الحية للفطر *Collectotrichum gloeosrioides*، ويستخدم كلا المبيدين فى الولايات المتحدة (١٥٨، ١٦٦).

وبمعاملة الفطر على مجتمع الحشيشة العائل، يتم التغلب على معوقات انتشار الفطر ضعيف الانتشار طبيعيًا. وبعد اختفاء الحشيشة، يعود مستوى الفطر الممرض إلى مستوياته الأصلية بسبب معوقات الانتشار الطبيعية.

وللنجاح الكبير فى هذه الوسائل يأمل الباحثون فى الولايات المتحدة وحدها إنتاج ما لا يقل عن ٣٠ نوعا من الفطريات القاتلة للحشائش خلال هذه السنوات، للمساهمة فى حل مشكلة بقية الحشائش الخطرة. فهناك ميزات إضافية فى إنتاج مبيد الحشائش الفطرى منها: قصر الوقت المطلوب للبحث ولتطوير المسبب المرضى الفاعل وفى مراحل التسجيل والإنتاج، وكذلك قلة الاستثمارات المطلوبة لإنتاج هذا المبيد، فهى لا تتجاوز مليونًا ونصف المليون من الدولارات، مقارنة بالمبيد الكيميائى الذى قد تصل تكلفة إنتاجه إلى أكثر من

عشرين مليونًا. وتعد مبيدات الحشائش الفطرية من الاتجاهات التطبيقية فى المكافحة الحيوية للحشائش فى المحاصيل الحولية كما يتوقع أن تكون لها فاعلية فى المستقبل لمكافحة حشائش المروج والقنوات المائية وغيرها.

## الطاقة الشمسية

يعتبر استغلال السبل الطبيعية التى تعتمد على بخار الماء أو الهواء الساخن من الطرق الفاعلة فى السيطرة على نمو الحشائش الضارة. ويطلق تعبير تشميس التربة soil solarization على الاستخدام الموجه للطاقة الشمسية فى التربة. وفى هذه الطريقة، يتم تشميس التربة المجهزة للزراعة عقب ترطيبها بالماء بقدر معلوم «أكثر من ٧٠ فى المائة رطوبة»، وذلك بتغطيتها بطبقة أو أكثر من رقائق البلاستيك بولى إيثلين الشفاف الذى يتراوح سمكه عادة بين ٤٠ و ٥٠ ميكرون والمعالج ضد الإشعاع الشمسى. وتتم التغطية عادة لمدة شهر ونصف فى فصل الصيف، مما ينتج عنه ارتفاع فى درجة حرارة التربة يصل إلى ٧ درجات فى التربة الطينية وإلى ١٥ درجة فى الأراضى الرملية عن درجة حرارة الجو العادية، وذلك على عمق ١٥ سنتيمترًا (١٥).

ويعتبر تشميس التربة مناسبًا للمساحات الصغيرة والكبيرة وذلك باستخدام البلاستيك الشفاف المذكور الذى يمكن وضعه يدويًا أو باستخدام الآلات. وتوضح النتائج المتحصل عليها فى أماكن مختلفة من العالم أن هذه الطريقة فاعلة فى الحصول على مكافحة جيدة لآفات التربة المختلفة من الفطريات والنيماتودا والحشائش إلى جانب بعض أطوار الآفات الحشرية الموجودة بالتربة.

وتشميس التربة فى جوهره عملية حرارية، حيث تمتص التربة الرطبة إشعاع الشمس أسفل البلاستيك الشفاف. وقد ثبت أن التشميس عملية معقدة تتضمن تأثيرات حيوية biotic وغير حيوية abiotic. وتؤثر التأثيرات الحيوية فى التربة فتحدث تغيرات ملحوظة فى أعداد الكائنات الحية الدقيقة والتى تتضمن الكائنات المرضة فتخفضها بدرجة كبيرة، وكذلك القضاء على أنواع عديدة من

الحشائش كمعظم الحوليات عريضة وضيقة الأوراق - باستثناء حشيشتى السعد والنجيل - وكذلك التأثير على حشيشة الهالوك بدرجة هائلة. كما تزيد المعاملة من النشاط البيولوجى لبعض الكائنات الدقيقة المفيدة التى تعمل على صلاحية وتيسر العناصر الغذائية مثل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنيسيوم وكذلك الأمونيوم والنيترات للنبات، كما تغير فى بناء وتركيب التربة فتزيد من المادة العضوية، ويساعد على ذلك بكتيريا الباسيللس *Bacillus* spp التى يشجعها التشميس، ويؤدى هذا مجتمعًا إلى تحسين نمو وتطور المحصول المنزرع.

وفى ذات المجال، طرحت إحدى الشركات اليابانية فى أسواقها فى الأعوام الأخيرة غطاء مبتكرًا لتشميس التربة يتكون من السيليكون يتميز بقدرته على إنفاذ الماء إلى التربة ويمنع فى نفس الوقت وبصفة نهائية نمو بذور الحشائش (١١١)، الأمر الذى يتوقع معه حدوث تطور كبير فى هذه التقنية.

ويوصى العلماء بأن طريقة تشميس التربة يجب أن تنال حظها من الاهتمام، نظرًا لأن الآفات أصبحت تمثل خطورة على المزروعات خاصة مع زيادة الطلب على الغذاء وفى الزراعة الكثيفة، وأن إنتاج أصناف مقاومة للآفات أمر من الصعوبة بمكان ويحتاج إلى وقت، كذلك فإن استخدام المبيدات بأنواعها المختلفة أمر مكلف وله عادة آثاره السلبية على البيئة وقد يكون متاحًا فقط فى بعض البلدان.

## الحد من إثارة التربة

يعد تجهيز الأرض للزراعة بما يشمله بعملياته المتنوعة من حراثة التربة وتقليبها وتنعيمها وتزحيفها من الأمور المألوفة لزراعة المحاصيل التقليدية وغير التقليدية. وهذه الخدمة بلاشك هامة خاصة فى التربة الطينية الثقيلة لتوفير مهد هَشّ وثير لاستقبال بادرات المحصول أو فسائله. كما تعد نافعة لتقليب بقايا المحصول السابق فى داخل التربة وبالتالى الإسراع من تحللها مما يعود عادة بالنفع على المحصول المنزرع، إلى جانب زيادة قدرة التربة على تشرب الماء وغير ذلك.

غير أنه، على الطرف الآخر، فإن تقليب التربة وإثارتها يعمل بدوره أيضًا على تغيير كثافة بذور الحشائش فى مستويات التربة المختلفة، ويساعد على استقدام بذور الحشائش الكامنة الموجودة فى طبقات التربة الأكثر عمقًا - والتى لم

تنبت لعدم توافر مقومات إنباتها فى تلك الطبقات - إلى مستويات التربة السطحية، رافعًا بدرجة عالية إمكانية إنباتها وكسر سكونها، الأمر الذى يساعد فى معظم الأحوال على زيادة كثافة الحشائش النامية فى الحقل المنزرع.

ويعتبر تجهيز الأرض وخدمتها من الأمور التى لا مناص منها فى الأراضى الثقيلة. إلا أن الأمر يختلف جوهريًا فى التربة التى ينخفض فيها نسبة حبيبات الطين كالتربة الخفيفة أو السلتية أو التى لا يملك بناؤها هذه الحبيبات كالتربة الرملية، حيث تتسم التربة كلما اتجه بناؤها إلى الرمل، بتفكك حبيباتها وهشاشة بنائها. وفى مثل هذه الأحوال، وبخاصة عند اعتماد الري على ماء المطر أو عند الرى بالرش، فإن تقليل عمليات إثارة التربة إلى الحد الأدنى، مع ترك بقايا المحصول السابق كما هى فوق سطح التربة، يؤدى عادة إلى العديد من المنافع أهمها مساعدة التربة على حفظ رطوبتها والحد من عمليات نحر وانجراف التربة وزيادة نسبة المادة العضوية التى ترفع من خصوبة الأرض.

وحينما يكون مخزون التربة من بذور الحشائش عاليًا، أو تغزوه حشائش خطرة تتميز بذورها بإمكانية الكُمُون لسنوات طويلة، يظهر لأسلوب الزراعة بدون أو بالحد الأدنى من عمليات إثارة التربة أهمية خاصة. حيث عادة ما تنبت جميع بذور الحشائش الموجودة فى طبقات التربة السطحية وينضب معينها خلال سنوات قليلة، وتظل البذور الكامنة الموجودة فى طبقات التربة الأكثر عمقًا فى مكانها دون إنبات حتى تفقد حيويتها وتفقد بالتالى قدرتها على الإنبات. ونظرًا للفائدة العميمة لهذا الأسلوب فى الزراعة، فقد اتجهت إلى تطبيقه بعض البلدان التى تتميز بخفة أراضيها مثل الولايات المتحدة، التى بدأت منذ عدة سنوات فى تطبيقه وتزرع حاليًا أكثر من ٨٠ فى المائة من مساحتها تحت هذا النظام (١١٤)، وتخطط لكى ترفع هذه النسبة إلى ٩٥ فى المائة بحلول عام ٢٠١٠ م (١٣١).

## الكشف السريع عن متبقيات المبيدات

نظرًا للوعى البيئى المتزايد بقضايا البيئة، فإن المصير الذى تؤول إليه الملوثات الصناعية والزراعية وأخطار التعرض لهذه الكيميائيات يعد من الاهتمامات السائدة فى الوقت الحالى. وكلما تزايد اهتمام الأفراد ووعيهم بقضايا المبيدات،

تزايدت الضغوط على الحكومات والصناعات لتقديم معلومات وبيانات جديدة عن مصير تلك المبيدات فى البيئة. وعلى سبيل المثال، يُطلب من الصناعة فى كندا والولايات المتحدة معلومات تفصيلية كثيرة عند تسجيل المبيد. كما تقوم الحكومة والمؤسسات الجامعية بتقديم التقييمات الهامة عن مصير المبيدات فى التربة وماء الشرب ومكونات الغذاء.

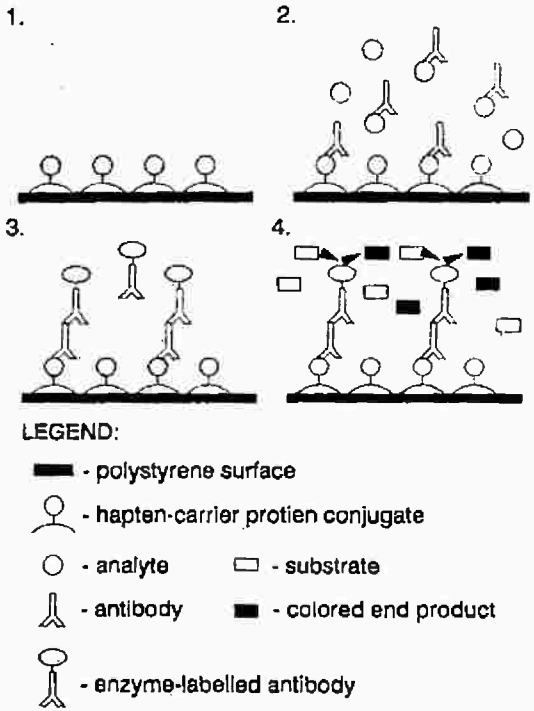
وتقوم الدول المتقدمة فى الوقت الحالى وبصورة دورية بتقدير وتقييم مستوى متبقيات مبيدات الآفات فى مختلف مكونات البيئة. وفى المؤتمر الدولى للحشائش المائية الذى عقد فى أوبسالا عام ١٩٩٠ م مثلاً، تم تقديم أوراق بحثية تتضمن تقييمًا تفصيليًا شاملاً عن المستويات الشهرية لمتبقيات المبيدات فى المياه السويدية. أجرى لمدة ثلاث سنوات متعاقبة شاملاً جميع أنحاء البلاد، بغرض معرفة درجة التلوث بمبيدات الآفات «الحشائش والحشرات والفطريات» فى الأنهار والقنوات المائية والمياه الجوفية وحتى فى مياه الأمطار (١١٦).

وقد اعتمدت طرق الكشف عن المبيدات حتى وقت قريب وبصورة رئيسية على الطرق الكلاسيكية مثل التقديرات اللونية والفصل الكروماتوجرافى الورقى والغازى. وعلى رغم أن هذه الطرق تعد من الطرق الدقيقة والحساسة كما ذكر فى الفصل السادس؛ إلا أن لها عيوبا عدة أهمها: استهلاكها لوقت طويل فى التقدير كما أنها مكلفة إلى حد بعيد.

وقد ظهرت حديثًا طرق أكثر تطورًا، منها ما يعرف بالإليزا enzyme linkage immunosorbent assay "ELISA" ، وهى طرق تعتمد على القواعد المعروفة لعلم المناعة فى الحيوان. وترتكز فكرة هذه الطريقة على القاعدة الأساسية أن الأجسام المضادة التى يعدها الحيوان تستطيع أن تتعرف وتلتصق بدرجة تخصص منقطعة النظير على تركيبات كيميائية معينة موجودة على سطح جزيئات بسيطة أو معقدة. وفى بعض الحالات، فإن درجة تخصص هذا الالتحام يمكن أن يكون عظيمًا لدرجة أن الأجسام المضادة المتخصصة لمركب البارانيتروفينول مثلاً لا تستطيع الالتحام بمركب الأرثونيتروفينول، على رغم أن التركيب الكيميائى الإجمالى لكلا المركبين

واحد لا تباين فيه. ولا يقع الاختلاف بينهما إلا فى وضع مجموعة كيميائية بالنسبة إلى باقى مكونات المركبين (٩٦).

ولهذا فإنه عند خلط أجسام مضادة معينة بنظام دال مناسب، فإنه يمكن استخدام الالتحام المتخصص المذكور للتعرف على وجود مادة كيميائية معينة على مستويات تقدير تصل إلى جزء واحد فى البليون أو أقل من ذلك، دون تداخل مع المركبات الأخرى حتى ولو تشابهت بشدة مع تلك المادة (شكل ١٧).




شكل ١٧: إليزا غير مباشرة: ١ – تغطية سطح بولى سترين بالهابتن الذى تم ربطه ببروتين حامل، ٢ – الهابتن المسوك يتنافس مع المركب المراد تقديره على الارتباط بالجسم المضاد، ٣ – جسم مضاد ثان معلم بأحد الإنزيمات يرتبط بالجسم المضاد الأول. ٤ – تضاف المادة التى يعمل عليها الإنزيم فيتكون ناتج ملون يقدر بطريقة سبكتروفوتومترية.

وتوفر هذه الطرق سبلاً سهلة وسريعة غير مكلفة لاكتشاف وجود المبيد وتقديره كميًا فى نوعيات مختلفة من الماء والتربة والنبات ومنتجاته (٩٤، ٩٥، ١٣٩، ١٧٣). وقد بدأ بالفعل تسويق إمكانات تنفيذ هذه الطرق لكثير من مبيدات الآفات تشمل عددًا من مبيدات الحشائش.

## التقنية الحيوية

تتسع محاولات تطبيق سبل التقنية الحيوية biotechnology بشقيها الهندسة الوراثية وزراعة الأنسجة باضطراد لخدمة الإنسان فى مجالات متعددة، لعل أهمها ما يتعلق بالصحة وإنتاج مواد طبية بكميات عظيمة كالإنسولين، وإنتاج أصناف نباتية محسنة وغزيرة الإنتاج لتواكب الحاجة المتزايدة إلى الغذاء.

وقد اقتحم هذا المجال علم الحشائش فى السنوات الأخيرة. وعلى رغم أنه قد أمكن من قبل بالوسائل التقليدية لتربية النبات نقل صفة المقاومة لضرر المبيد من بعض أنواع الحشائش إلى نباتات اقتصادية قريبة الصلة، وبالتالى إضفاء صفة المقاومة هذه على نبات اقتصادى كان حساسًا لأثر ذلك المبيد (٥٠، ٨٤)، إلا أن هذه التقنية لا تستطيع بأدائها فصل العامل الوراثى «الجين» المسئول عن هذه المقاومة فى الحشيشة.

وقد أضافت السبل الجديدة للتقنية الحيوية الكثير من التطور لإنتاج أصناف محاصيل مقاومة لأثر مبيد الحشائش عليها، كما يتزايد الاهتمام بالقدرة المتطورة خاصة فى استخدام الهندسة الوراثية لإنتاج نباتات من المحصول مقاومة لمبيدات الحشائش. وتمثل المحاصيل المقاومة أو ذات التحمل الناتجة بهذه السبل توسيعًا للاستخدام المباشر للمبيد على المحاصيل كما ترفع من درجة الأمان عند زراعتها كمحصول لاحق وذلك فى مواجهة مخاطر استمرار وجود مُتَبق من المبيد بالتربة.

ولمعرفة الجينات المسئولة عن المقاومة لتلك المبيدات وللتمكن من استخدامها، من الضرورى تفهم الآليات التى تعمل بها هذه المبيدات فى الخلايا النباتية. ومن

حسن الحظ أن أسلوب تأثير معظمها على النباتات معروف جيدًا، كتأثيرها على تخليق الأحماض الأمينية وعملية البناء الضوئى وغيرها.

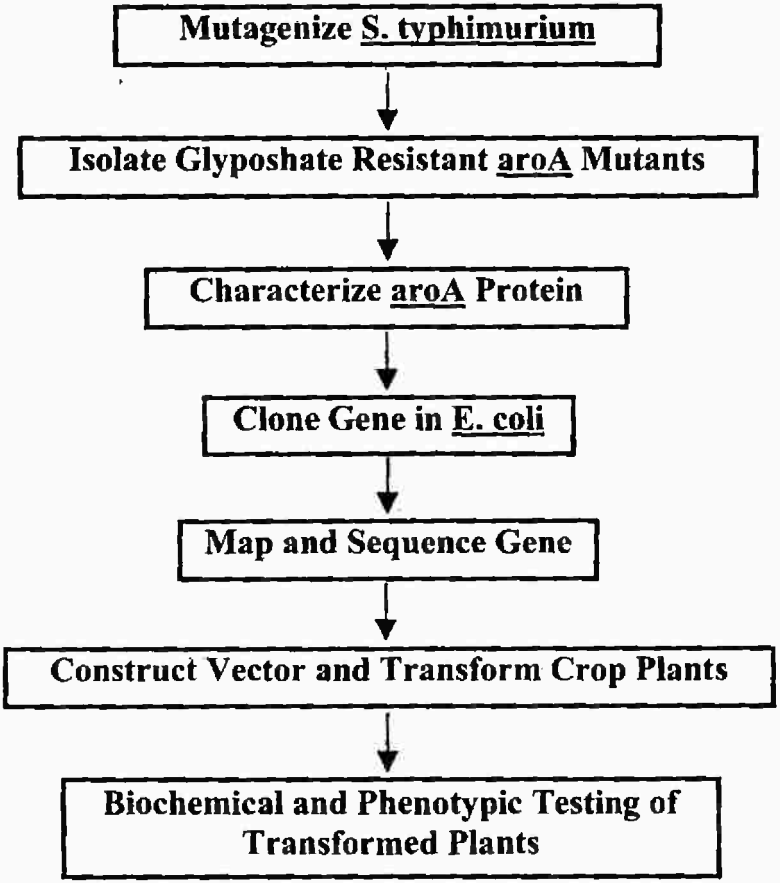
## ● الهندسة الوراثية

تعد الهندسة الوراثية تقنية جديدة ذات أبعاد قوية، ومن المتوقع أن يكون لها أثر عظيم على الزراعة فى العقود القليلة القادمة (٨٩). ويبدو أن من أولى المنتجات التى ستدخل الزراعة سيكون أصنافًا نباتية ذات تحمل غير مألوف لمبيدات الحشائش (١١٨). وأسباب هذا التوقع عديدة، أهمها وبصفة أساسية أنه يمكن - بل أمكن بالفعل - الحصول على الجينات الفردية من كائنات دقيقة والتى عند وضعها فى النبات تنتج الطراز النباتى المرغوب فيه.

فبالاعتماد على أن موضع التأثير التثبيطى لمبيد الحشائش الجليفوسات glyphosate واحد فى كل من النبات والبكتيريا، وهى إنزيمات تعرف بالإنول بيروفيل شيكمات فوسفات، أمكن من سلالات بكتيريا السالمونيللا المنتجة بالإطفار الحصول على الجين المسئول عن وجود إنزيم من تلك الإنزيمات ضعيف الحساسية والتأثر بالمبيد المذكور. وقد أمكن إدخال هذا الجين إلى DNA بكتيريا الأجروباكتريوم *Agrobacterium* كناقل، ثم أدخل الـ DNA بدوره إلى نباتات الدخان. وقد عبر الجين المنقول عن نفسه بالفعل فى صورة تحمل تلك النباتات لتأثير ذلك المبيد (شكل ١٨) (١٧٠).

## ● زراعة الأنسجة

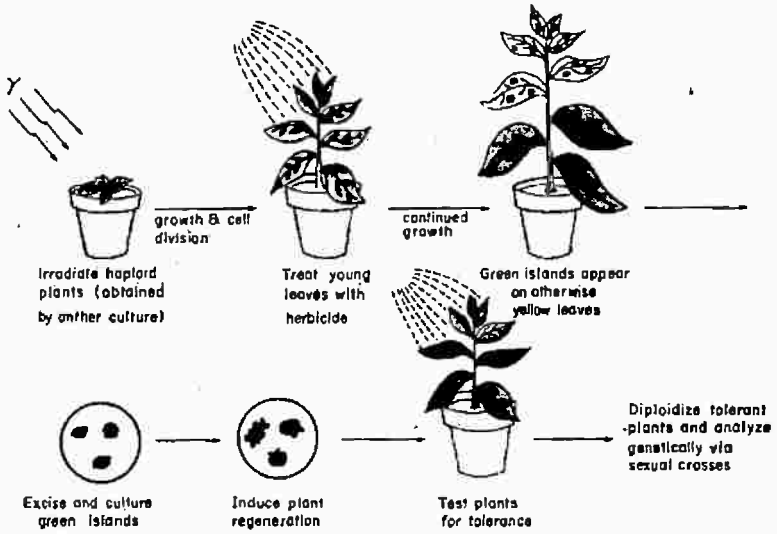
من الثابت علميًا أن الخلايا النباتية المزروعة يمكن توجيهها بطرق شتى تحت ظروف متحكم فيها بعناية، كالخلايا المستخدمة فى الدراسات البيوكيميائية والتطورية والجينية. وكثير من الدراسات الرائدة فى زراعة الأنسجة النباتية أجريت على نبات الدخان. وقد برهنت بعض تلك الدراسات على أن تقنيات زراعة الأنسجة يمكن استغلالها بالفعل فى الحصول على طفرات ذات تحمل لمبيد الحشائش (١٣٣).



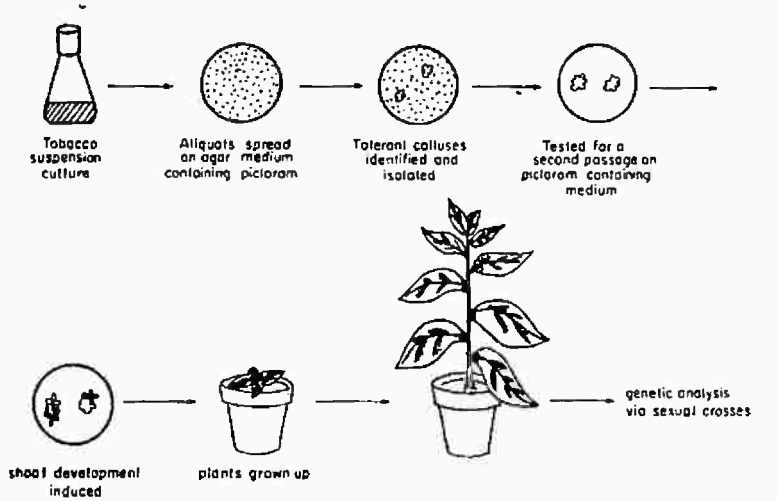

شكل ١٨ : الخطوات المتبعة فى استنساخ وإدخال جين المقاومة لمبيد الجليفوسات من بكتيريا *Salmonella typhimurium* إلى النباتات.

فبينما يؤثر المبيد بنتازون bentazon على نباتات الدخان ويضر بها، فإن بعض الأنسجة كتلك المتكونة على جروح هذا النبات والمحتوية على مادة الكلوروفيل لا تتأثر بهذا المبيد. وقد أمكن الحصول على نباتات دخان مقاومة للأثر الضار لهذا المبيد عن طريق زراعة الأنسجة. فتم معاملة المبيد على أوراق دخان غير ناضجة وحيدة الكروموسومات منتجة بالإطفار (شكل١٩). وقد ترتب على ذلك ظهور أجزاء خضراء صغيرة على الأوراق التى أصفر لونها نتيجة المعاملة بالمبيد. وقد عزلت تلك الأجزاء ووضعت فى بيئة إنماء خاصة معروفة بقدرتها على حَثّ نمو الساق. وقد ظهرت نباتات من معظم الأجزاء المنماة، تبين أن رُبعها تقريبًا مقاوم لأثر المبيد الضار. كما أمكن أيضًا إنتاج طفرات نبات دخان متحملة لمبيد البيكلورام picloram عن طريق تجهيز مُعَلّق من نبات الدخان ونشره تنقيطًا على بيئة آجار تحتوى على المبيد (شكل ٢٠)، ثم تعريف الكالوس المتحمل للمبيد وعزله واختباره مرة أخرى على بيئة من المبيد، تلى ذلك حَثّ نمو الساق وترك النباتات لتنمو، ثم إجراء تحليل للجينات عن طريق التهجينات الجنسية (١٤٩).

وعلى رغم كل تلك المحاولات العلمية، التى يلجأ إليها الإنسان فى خضم صراعه مع الحشائش الضارة، فإن سبل التقنية الحيوية، شأنها شأن أية تقنية بيولوجية حديثة، يواجهها مجاهل مستقبلية، والتى قد يكون بعضها غير مرغوب فيه.




شكل ١٩ : إحدى الطرق المتبعة لانتخاب طفرات فى نبات الدخان متحملة لمبيدى البنتازون والفنميديفام.




شكل ٢٠ : إحدى الطرق المتبعة لانتخاب طفرات فى نبات الدخان متحملة لمبيد البيكلورام.