الفصل الرابع

المعالجات البيئية التقليدية والجينية

obeikandl.com

obeikandl.com

سنوضح فى هذا الفصل من الكتاب كيفية مقاومة حدوث الاختلال فى النظام البيئى المتزن، وسنتعرض أيضًا لاستخدام العديد من المعالجات، التى تؤدى إلى إزالة الاختلال القائم فى النظام البيئى، ومن ثم فعمليات المقاومة تهدف إلى منع حدوث الاختلال فى النظام البيئى قبل أن يقع، بينما تهدف عمليات المعالجة إلى إزالة الخلل فى النظام البيئى بعد حدوثه.

تزيد عمليات المقاومة على عمليات المعالجة فى الأهمية النسبية للحفاظ على نظام بيئى متزن، إذ يمكننا من خلالها منع حدوث الاختلال قبل وقوعه، ومن ثم نتلافى العديد من الأضرار المحتملة، كما أن عمليات المقاومة أقل تكلفة وتعقيدًا وأكثر انتشارًا من عمليات المعالجة، وهذا لا يقلل من الأهمية الحيوية للمعالجات البيئية؛ فهى تمثل الوسيلة الأساسية للتخلص من الاختلال البيئى بعد حدوثه.

يمكننا تصنيف المعالجات البيئية إلى «معالجات بيئية تقليدية» والتى نستخدم فيها وسائل تقليدية للحفاظ على النظام البيئى المتزن كاستخدام المركبات الكيميائية الدوائية والأعشاب الطبية لتخليص المنظومة الحياتية ـ المشتملة على العديد من الكائنات الحية غير المرضية ـ من الكائنات الحية المرضية، واستخدام مواد كيمياوية لإعادة لحام طبقة الأوزون، وعمليات الغسيل للأراضى الملحية والقلوية لتخليصها من آثار الملوحة والقلوية الزائدة، مما يجعلها صالحة لعمليات الإنبات والنمو والتزهير والنضج، واستخدام الوسائل الزراعية الحديثة فى مجال الرى، كالرى بالتنقيط والرش فى البيئة الجافة، والتى تقل فيها كمية المياه.

النوع الآخر من المعالجات هو «المعالجات الجينية» والتى تعتمد على استخدام

بعض أنظمة التحوير الجينى للأطقم الوراثية لتعديل الخلل القائم فى الاتزان الموجود فى النظام البيئى، وبخاصة فى المنظومة الحياتية.

كما يمكن استخدام بعض الكائنات المحورة جينيًا لإزالة التلوث النفطى لمياه البحر، وتلوث المياه فى مواسير التغذية المائية للمناطق السكانية، كما يمكن استخدام بعض الكائنات المحورة جينيًا فى إزالة التراكمات داخل مواسير حمل مخلفات الصرف الصحى، واستخدام أنواع بكتيرية لإزالة نواتج الاحتراق غير الكامل من السيارات والمصانع، والملوثات الكيمياوية الموجودة بالهواء.

لقد أضافت المعالجات الجينية حلولاً مُثلى للاختلال فى النظام البيئى القائم، لكنها عمليات معقدة وتحتاج إلى تكاليف عالية وأطقم بحثية مدربة بكفاءة لتنفيذ تلك التقنيات.

يمكننا المقارنة بين النوعين من المعالجات كما فى الجدول التالى:

المعالجات التقليدية	المعالجات الجينية
ـ أقل تعقيدًا.	ـ أكثر تعقيدًا.
ـ ذات تكلفة غير عالية.	ـ ذات تكلفة عالية.
ـ تحتاج إلى خبرة فنية جيدة.	ـ تحتاج إلى خبرات فنية عالية.
ـ ذات كفاءة علاجية جيدة.	ـ ذات كفاءة علاجية مُثلى.

من المعالجات التقليدية ما يلى:

١ ـ استخدام المعالجات الكيمياوية:

يتم استخدام المواد الكيميائية المخلقة لتدمير مسببات الاختلال فى النظام البيئى على المستوى الحياتى، وغير الحياتى.

توجد العديد من المواد الدوائية المستخدمة لعلاج العديد من الأمراض، مما

يساعد على إعادة وضع الاتزان للنظام البيولوجى القائم، وقد يؤدى استخدام المواد الدوائية إلى آثار جانبية بجانب فوائدها فى ضبط النظام البيئى القائم.

توجد اتجاهات بحثية جادة فى العديد من مراكز الأبحاث الكيمو بيئية ـ والتى تركز أبحاثها على استخدام المعالجات الكيميائية لإعادة التوازن البيئى إلى وضعه الطبيعى ـ لاستخدام بعض المواد الكيمياوية لتتفاعل مع الملوثات الكيمياوية الموجودة فى الجو، والتى تمثل مسببات اختلال سيئة للنظام البيئى.

تتفاعل المواد الكيمياوية مع المواد الكيميائية الخطرة بيئيًا، حيث تتحد معها مكونة مواد كيميائية جديدة غير خطرة على النظام البيئى، مما يعطينا الأمل فى أن نعيش فى جو خالٍ من الغازات الكيمياوية، والتى تمثل خطورة على صحة الكائنات الحية، وبخاصة الإنسان.

رغم أن استخدام المعالجات الكيمياوية من أجل إزالة التلوث الكيمياوى فى الجو ما زال فى مرحلة التجارب الأولية، وما يزال أمامه الكثير من الوقت لتعميمه، لكن الأمل معقود عليه للتخلص من الملوثات الكيمياوية.

لقد أصبح استخدام المعالجات الكيمياوية يمثل الركيزة الأساسية فى معامل البحوث الكيمو بيئية، ويحاول الباحثون فى تلك المعامل تطوير أبحاثهم للوصول إلى تقنيات كيمو بيئية جديدة لمعالجة الاختلال فى النظام البيئى.

من أحدث الدراسات الكيمو بيئية المقترح تنفيذها بعد نجاح التجارب الأولية لها: استخدام المواد الكيميائية لإعادة لحام الثقوب المتكونة بطبقة الأوزون، والتى كانت سببًا مباشرًا فى اختراق الأشعة فوق البنفسجية لجو الأرض وإحداثها لسرطان الجلد، ورفع درجة الحرارة على سطح الأرض.

يتم إعداد الخلطات الكيميائية اللاحمة فى المعامل الكيمو بيئية، ثم يتم تحميلها على رؤوس صاروخية مصممة هندسيًا كحوامل لتلك المواد، ثم يتم إطلاق تلك الصواريخ بما تحمله من الخلطات الكيميائية اللاحمة، من منصات إطلاق تعمل عن

طريق وحدات تحكم حاسوبية، حيث يساعد ذلك فى وضع الحمولات الكيمياوية على الصواريخ المنطلقة فى مكان الثقوب الأوزونية الحادثة، من خلال برامج توجيه حاسوبية معدة سلفًا، ومشفر بها المسافات التى ستتحركها الصواريخ، وموضع ثقب الأوزون، ومساحته، وعدد الثقوب الموجودة.

يتم متابعة انطلاق الصواريخ وإفراغ حمولتها فى المكان الصحيح الذى تم التوجيه إليه، من خلال أجهزة رقابة إلكترونية فائقة العمل، منعًا لحدوث أخطاء فى عمليات ومراحل تنفيذ عملية اللحام الأوزونى باستخدام المواد الكيمياوية.

يراعى فى الخلطات الكيميائية المعدة فى المعامل الكيمو بيئية ألا تتفاعل مع أى مركب كيميائى فى الطبقة الأوزونية، وأن تكون ذات كفاءة بنائية عالية، مما يسمح ببناء وترميم الثقوب الأوزونية المتكونة بما يتلاءم مع التركيب الكيميائى لتلك الثقوب، ويمكننا إيضاح تلك التقنية فى الشكل التخطيطى التالى:

تصنيع الخلطات الكيمياوية معمليًا

↓

إجراء التجارب الأولية
لاختبار فاعلية الخلطات الكيمياوية
من خلال عمليات المضاهاة الأوزونية

↓

تحميل الخلطات الكيمياوية على
رؤوس صاروخية تعمل من خلال
وحدات تحكم وفقًا لبرامج معدة من قبل

↓

إطلاق الصواريخ المحملة بالخلطات الكيمياوية

↓

متابعة عمليات الإطلاق
وما بعد عمليات الإطلاق
من خلال أجهزة رقابة عالية المستوى

↓

وضع الخلطات الكيمياوية فى مكانها
الصحيح من طبقة الأوزون

↓

التحام الرقع الكيمياوية «الخلطات» مع باقى
مكونات الطبقة الأوزونية فى موضع الثقب

↓

اكتمال ترميم الثقوب الأوزونية

٢ ـ استخدام الأعشاب الطبية كمعالجات مرضية:

منذ أن نزل الإنسان إلى الأرض، وهو يكابد ويعانى، ويصارع لكى يعيش فى النظام البيئى الذى يحتوى على العديد من الموجودات الحية وغير الحية، والتى تتفاعل جميعها معًا لتشكل فى النهاية منظومة بيئية مستقرة، لكن وضع الاستقرار لهذه المنظومة لا يستمر، حيث تتفاوت عناصر النظام البيئى فى قدراتها، ومن ثم تختلف فى تأثيرها على دائرة التفاعل البيئى المستمرة بين مختلف عناصر البيئة.

لقد تعرَّض الإنسان للعديد من الأمراض التى تسببها العديد من الميكروبات التى تعيش معه فى النظام البيئى.

لذلك لجأ الإنسان إلى استخدام الأعشاب الطبية فى عملية المداواة، وتتميز الأعشاب الطبية بانخفاض الآثار الجانبية لها، مما شجع كثيراً على العودة مرة أخرى لاستخدام الأعشاب الطبية، وبخاصة بعد أن ثبت وجود تأثيرات جانبية عديدة سيئة لاستخدام المواد الكيمياوية الدوائية.

ومن الأعشاب الطبية المستخدمة لعلاج العديد من الأمراض ما يلى:

العشب الطبى	الاستخدام العلاجى له
* عين القط «الفينكاروزا»	ـ علاج مرض اللوكيميا، وورم ويلم وليمفوما بيركت.
* الكورارى	ـ ارتخاء العضلات أثناء الجراحة.
* الديجتالس	ـ علاج هبوط القلب الاحتشائى.
* الراوليثيا الثعبانية	ـ علاج ضغط الدم المرتفع.
* الدحلاج	ـ علاج مرض النقرس.
* لوبيا كلابار	ـ علاج أمراض العيون.
* السواك	ـ علاج تسوس الأسنان. ـ علاج أمراض السرطان. ـ حماية اللثة من الالتهاب.
* البازيلا	ـ منظم للنسل.
* الأفدار الصينى «ماهوانغ»	ـ علاج الربو.
* نبات عرق الذهب «الأبيكاك»	ـ تنظيف الرئتين والقصبات الهوائية.
* جذور نبات العرقسوس	ـ علاج القرحة المعدية.
* الطرفة	ـ علاج التهابات الحالب.
* اللصف	ـ مدر للبول، ويستخدم أيضًا فى علاج حالات الحمى والآلام الصدرية.

* الجعدة	ـ علاج الاضطرابات المعوية والمعدية. ـ مضاد للجدرى. ـ مقوٍّ للجسم عند الإصابة بالجروح.
* هاندكواك	ـ ملين عام.
* العتر	ـ علاج اضطرابات القناة الهضمية.
* ريبجان	ـ مضاد لسم العقرب. ـ مفيد فى حالات النزلات المعوية. ـ مسكن للآلام المعوية.
* السكران	ـ مسكن لآلام المثانة. ـ علاج الكحة.
* رتم	ـ غسيل لالتهابات العين. ـ علاج الإسهال.
* لبيد	ـ علاج الالتهابات.
* شوك الجمل	ـ مدر للبول. ـ مسهل فى الولادة. ـ علاج ضغط الدم. ـ علاج أمراض الكبد.
* الكركديه	ـ علاج ارتفاع ضغط الدم.

٣ ـ استبدال الطبقة الأوزونية بطبقات صناعية مشابهة:

يدرس العلماء حاليًا ـ وبجدية ـ تصنيع طبقات مشابهة فى تركيبها لطبقة الأوزون، حيث سيتم الدفع بهذه الطبقات كوسائل حماية إضافية، لكى تمنع اختراق الأشعة فوق البنفسجية لجو الأرض.

ستوفر الطبقات الأوزونية الصناعية مزيدًا من الحماية لجو الأرض، مما يزيد من معامل الأمان لكل الكائنات الحية التى تعيش على سطح الأرض.

تحتاج الطبقات الأوزونية المصنعة إلى عمليات أقلمة دقيقة، حتى لا تؤدى إضافة هذه الطبقات الصناعية إلى حدوث كارثة بيئية، تتمثل فى تفاعل المكونات الكيميائية للطبقات الصناعية مع مكونات الطبقة الأوزونية الأصلية، أو مع غيرها من مكونات طبقات الغلاف الجوى.

تمثل الطبقات الصناعية الأوزونية حلولاً مُثلى للتغلب على مشكلة الثقوب الأوزونية.

٤ ـ عمليات الغسيل للأراضى الملحية:

تزيد درجة الملوحة فى الأراضى الملحية على (٤ مللى موز) مما لا يسمح بنمو النباتات وإتمام عملياتها الحيوية من نمو وتزهير وإثمار ونضج، حيث لا تستطيع امتصاص ما تريده من احتياجات مائية.

ولذلك لابد من التخلص من الملوحة الزائدة حتى لا تتعرض الأرض للبوار، وتتم عمليات إزالة الملوحة الزائدة من الأرض بغسيلها جيدًا عن طريق غمرها بالماء ثم تركها لتجف، ثم يعاد غمرها بالماء مرة ثانية، وهكذا دواليك.

يتم أخذ عينات من الأرض بعد إجراء عدد محدد من مرات الغسيل، حيث تجرى تحليلات كيميائية لمكونات تلك العينات، مع مراعاة التقدير الكمى للأملاح الموجودة بالعينة، ومقارنة تلك الكميات بالكميات المقاسة والمسجلة فى جداول كقياسات مثالية يؤدى تجاوزها إلى إصابة الأرض بالتملح (زيادة درجة ملوحتها).

قد تضاف مواد كيميائية مع مياه الغسيل لتتفاعل مع الأملاح الموجودة فى الأرض، مما يقلل من كمية الأملاح بالأرض، وتحويلها إلى أرض صالحة للزراعة.

٥ ـ عمليات الغسيل المكربن للأراضى القلوية:

تتميز الأرض القلوية بزيادة نسبة الصوديوم عن (١٥٪) من النسبة الكلية لباقى المكونات العنصرية فى التربة.

لا تصلح الأراضى القلوية للزراعة، لتأثير الزيادة من عنصر الصوديوم على كفاءة العمليات الحيوية داخل النبات، مما يسبب خسارة فادحة للمحاصيل الزراعية.

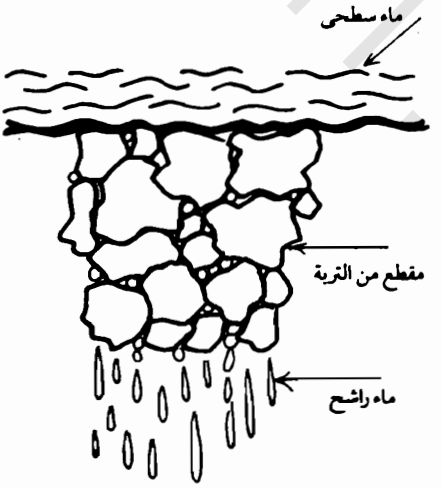
لذلك لابد من إعادة الأرض لوضعها الطبيعى بإزالة القلويات الزائدة فى الأرض، ويتم ذلك عن طريق غمر الأرض بالمياه مع إضافة كربونات الكالسيوم مع مياه الغسيل، حيث تتفاعل الكربونات كشق أنيونى مع الصوديوم كشق كاتيونى، ليتكون ملح جديد، ومن ثم نمنع الوجود المفرد لعنصر الصوديوم فى التربة، ويعاد النظام البيئى للأرض إلى وضع الاتزان، وتصبح الأرض صالحة للزراعة.

٦ ـ استخدام وسائل الرى الحديثة:

تتعرض بعض أنواع الأراضى للجفاف، مما يجعلها غير صالحة للزراعة، ويُحدث ذلك اختلالاً فى النظام البيئى القائم، مما يؤثر على المنظومة الحياتية الموجودة فى النظام البيئى.

ولكى تستمر عمليات الزراعة فى الأراضى الجافة لابد من رعايتها بطريقة خاصة، ولاسيما فى الاحتياجات المائية لها.

من أهم جوانب تلك الرعاية: تقليل الفاقد من كميات المياه، وذلك عن طريق استخدام وسائل رى حديثة تكفل للنبات أن يأخذ احتياجاته المائية فقط، مع توفير كميات المياه التى تضيع وتنجرف على سطح الأرض، وكميات المياه التى تهبط إلى أسفل كماء راشح، كما يتضح من الشكل التالى:



يبقى بعض الماء فى المقطع المأخوذ من التربة، والذى يمثلها تمامًا بعد الماء الراشح الذى يهبط إلى أسفل بتأثير الجاذبية الأرضية.

لا يكون جميع الماء الموجود فى التربة بعد الماء الراشح ممسوكًا بنفس القوة، حيث يكون الماء الملامس للحبيبات المكونة للتربة ممسوكًا بقوة كبيرة، ويُعرف «بالماء الهيجروسكوبى»، ولا يستطيع النبات الاستفادة من هذا الماء نتيجة لارتباطه بقوة كبيرة تفوق قوة شد الماء له.

يلى الماء الهيجروسكوبى: «الماء الشعرى» الذى يرتبط بقوة أقل من القوة المرتبط بها الماء الهيجروسكوبى، ويرتفع الماء الشعرى خلال المسافات الشعرية ليصل إلى مستوى الماء الشعرى حيث يتم امتصاصه والاستفادة منه.

يقل «الماء الميسر» للنبات لكى يمتصه، والذى يمثل كمية الماء عند السعة الحقلية مطروحًا منه كمية الماء عند نقطة الذبول، كما فى المعادلة التالية:

الماء الميسر = الماء عند السعة الحقلية ـ الماء عند نقطة الذبول

ونتيجة لعدم توافر الاحتياجات المائية بالقدر الكافى الذى يلزم لنمو النباتات بالصورة الطبيعية نلجأ إلى استخدام طرق رى حديثة توفر كميات كبيرة من مياه الرى، ومن تلك الطرق ما يلى:

ـ طريقة الرى بالرش:

تعتمد طريقة الرى بالرش على مرور الماء فى شبكة من المواسير تنتهى برشاشات لرش المياه على النباتات النامية، ويتم التصميم الهندسى لشبكة الرى بالرش بحيث تكون المسافات منتظمة بين الرشاشات بما يضمن التوزيع العادل للمياه على كل أجزاء الحقل، وقد يكون الرشاش ثابتًا، وقد يكون متحركًا على عجل، أو أى وسيلة أخرى.

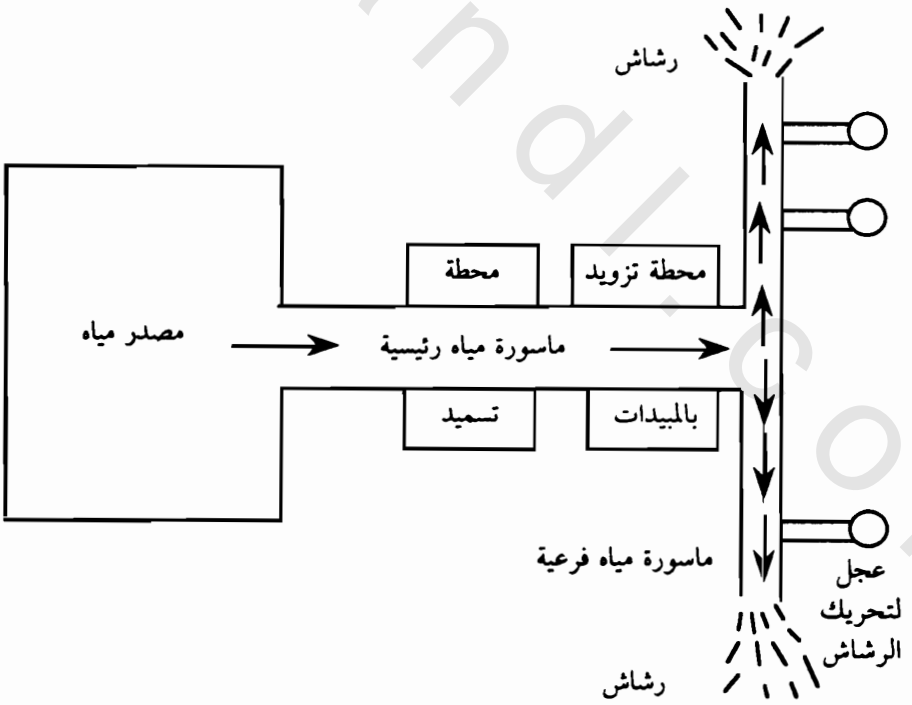
تساعد طريقة الرى بالرش على التخلص من الحشائش حيث لا تأخذ احتياجاتها الكافية من المياه بما يسمح لها بالنمو، كما تنتظم عمليات الإنبات لانتظام توزيع المياه على جميع النباتات الموجودة فى الحقل.

يمكن إضافة الأسمدة بأنواعها المختلفة والمبيدات الكيمياوية مع ماء الرى ليتم توزيعها على جميع النباتات، مما يساعدنا كثيرًا على زيادة خصوبة التربة ومقاومة انتشار الآفات بسهولة.

تتم عمليات التغذية بالأسمدة عن طريق مرور المياه على محطة تسميد، حيث يضاف السماد بكميات محددة ومحسوبة، أما عمليات إضافة المبيدات الكيمياوية فتتم بمرور المياه على محطة تزويد للمبيدات، حيث تتم إضافة النسب المحددة من المبيدات المناسبة للمحاصيل المزروعة والآفات التى تهاجمها.

من سلبيات استخدام نظام الرى بالرش تشبع جو المزرعة بالرطوبة مما يؤدى إلى إصابة النباتات بالعديد من الأمراض الفطرية، كما تتعرض الرشاشات كثيرًا للانسداد.

توجد نماذج تصميمية عديدة لشبكات الرى بالرش، لكن كلها تشترك فى ملامح تصميمية معينة نوضحها فى النموذج التالى:



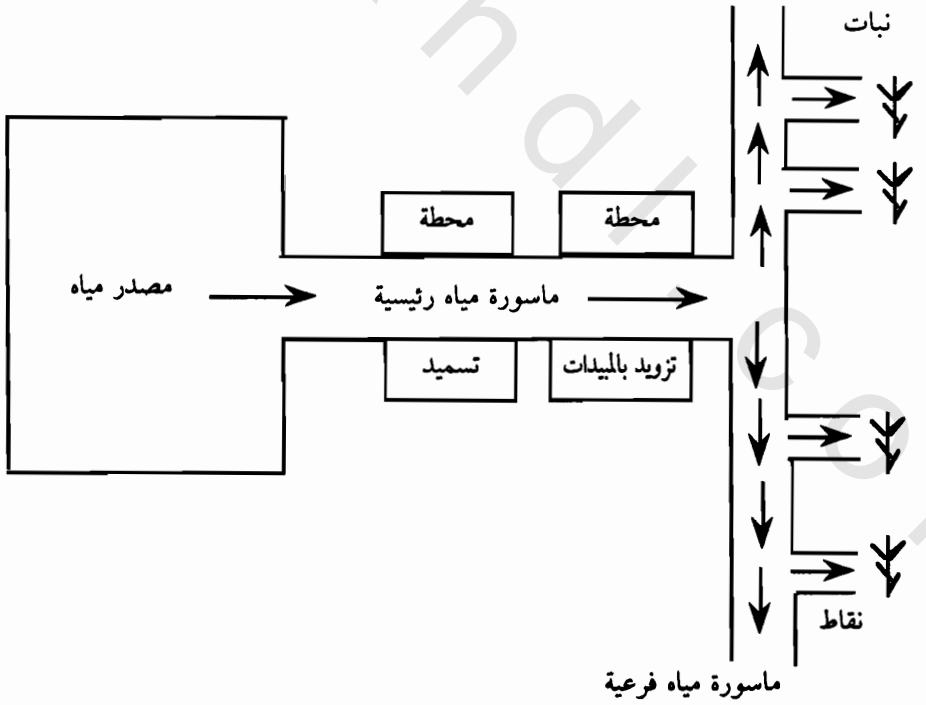
ـ طريقة الرى بالتنقيط:

يصل الماء إلى كل نبات على حدة من خلال شبكة معدة لذلك تُعرف «بشبكة الرى بالتنقيط» حيث يأخذ كل نبات احتياجاته المائية من «نَقَّاط» خاص به، ويتم توزيع «النقّاطات» بانتظام على مسافات ثابتة، تمثل نفس المسافات التى تفصل بين النباتات فى المزرعة.

يتم غلق وفتح «النقّاطات» ـ وبخاصة فى الدول المتقدمة ـ عن طريق أجهزة تحكم ذاتية، بواسطة برامج حاسوبية محمَّل عليها كل المعلومات الخاصة بعدد الريَّات ومواعيدها وكمية المياه التى يحتاجها كل نبات.

تزوَّد شبكة الرى بالتنقيط بمحطة تسميد لتزويد المياه بالأسمدة اللازمة لزيادة نمو النباتات، كما تزوَّد الشبكة بمحطة تزويد للمبيدات الحشرية، والتى يمكن عن طريقها مقاومة الآفات التى تصيب النباتات.

يمكننا إيضاح تركيب شبكة الرى بالتنقيط فى الشكل التخطيطى التالى:



من الإيجابيات الموجودة فى طريقة الرى بالتنقيط: التخلص من الرطوبة الزائدة فى جو المزرعة، مما يساعدنا كثيراً على التخلص من الأمراض الفطرية، والتى كان انتشارها أحد عيوب طريقة الرى بالرش.

ويمكن إضافة المبيدات والأسمدة إلى المياه، مما يساعد كثيراً فى انتظام توزيع هذه المواد على النباتات.

توفر طريقتا الرى بالرش والرى بالتنقيط كميات كبيرة من المياه، تتيح الزراعة فى الأراضى الجافة حيث يأخذ كل نبات احتياجاته فقط.

٧ ـ تحلية مياه البحار:

لقد أصبحت مشكلة المياه تمثل أخطر المشكلات التى يواجهها العالم اليوم، فحصص العديد من الدول من مياه الأنهار لا تكفيها، مما أصبح يتهدد الكثير من الأراضى بالبوار، وللحيلولة دون بوار الأراضى كان لابد من حلول بديلة لتوفير المياه.

استعانت بعض الدول بالمياه الجوفية والموجودة فى شكل تجمعات مائية أسفل سطح التربة، لكن المياه الجوفية لا تكفى لزراعة مساحات كبيرة تكفى لإطعام ملايين الجوعى فى العالم.

لذلك اتجه العلماء إلى استغلال المخزون المائى الموجود فى البحار والمحيطات، والذى يمثل ما يقرب من (٩٠٪) من مجموع المياه الموجودة على سطح الكرة الأرضية، والتى تمثل (٧٥٪) من مساحة الأرض.

لا يمكن فى الحالة الطبيعية استخدام مياه البحار والمحيطات فى رى النباتات، حيث تتميز بملوحتها العالية، رغم وفرتها الكبيرة، لذلك كان الاتجاه البحثى لتحلية مياه البحار والمحيطات، والذى نقصد به نزع الأملاح من المياه ليتم تحويلها من مياه مالحة إلى مياه عذبة يمكن استخدامها فى عمليات الرى.

تتم عمليات التحلية للمياه عن طريق استخدام خلايا تحليلية حيث يتم فصل

الأملاح بواسطة بعض التقنيات التى تعتمد على تجاذب الشقوق الكيميائية للأقطاب المخالفة لها فى الشحنة، ويُعرف ذلك «بتقنية التحليل الكهربى» والذى تُستخدم فيه خلايا تحليل كهربى تتركب من «كاثود» ذى شحنة موجبة و«آنود» ذى شحنة سالبة، حيث ينجذب الكاتيون للآنود، والأنيون للكاثود، مما يؤدى إلى فصل الأملاح عن السائل المائى وتخليصه من الملوحة الزائدة.

تطورت الدراسات البحثية بعد ذلك ليتم استخدام الطاقة الشمسية فى تحلية مياه البحر، حيث سيوفر ذلك طاقة كبيرة ورخيصة فى نفس الوقت، لكنها تحتاج إلى تقنيات عالية المستوى لاستخدامها على نطاق واسع، وتكاليف باهظة لا تستطيع الدول النامية توفيرها.

إن تحلية مياه البحر ستوفر لنا كميات كبيرة من المياه، مما سيتيح لنا زيادة المساحة الزراعية، واستغلال العديد من الأراضى الجافة، مما سيعيد الاتزان للمنظومة البيئية الزراعية.

٨ ـ زراعة النباتات المقاومة للظروف البيئية السيئة:

يؤدى الاختلال فى النظام البيئى القائم فى التربة الزراعية إلى حدوث اختلال مماثل فى نمو النباتات، مما قد يصيب الأرض الموجودة فى النظام البيئى بالبوار.

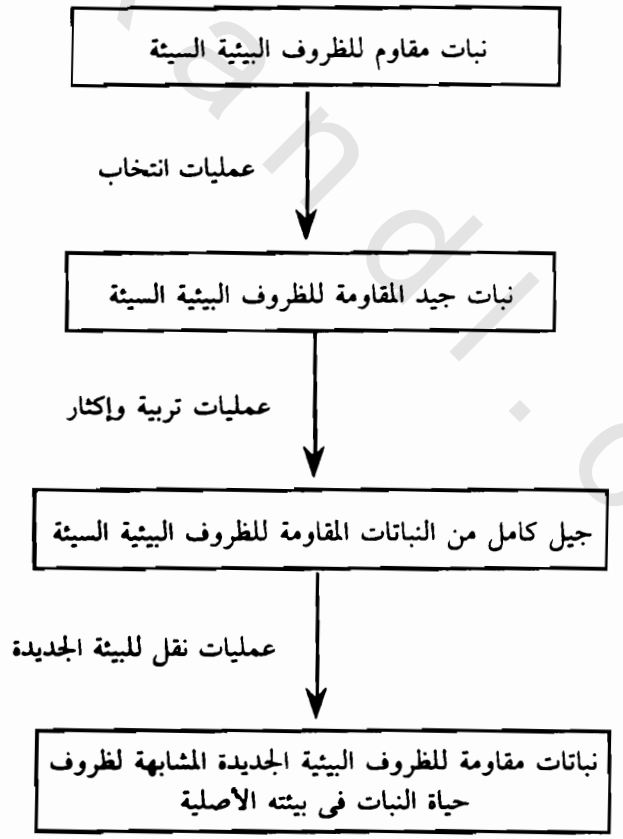
وقد لاحظ العلماء وجود قدرات معينة لدى بعض النباتات تمكّنها من تحمُّل الظروف القاسية، فبعض النباتات تستطيع النمو فى بيئة ملحية شديدة الملوحة، وتقوم شعيراتها الجذرية بامتصاص الماء من التربة رغم أن الضغط الأسموزى خارج الشعيرات الجذرية يبلغ أضعاف الضغط الأسموزى داخل الشعيرات الجذرية، ومن ثم يستحيل ـ طبقًا للتدرج الأسموزى ـ انتقال الماء من التربة إلى النبات، لكن امتلاك النبات لقدرات غير عادية يمكّنه من الحياة فى تلك البيئة شديدة الملوحة.

تتميز بعض النباتات بقدرتها على الحياة فى الأوساط شديدة القلوية أو شديدة الحموضة، حيث يمكنها أن تفرز مواد معينة تعادل بها القلوية أو الحموضة الموجودة فى الوسط، مما يساعدها على استكمال نموها الطبيعى.

تستطيع بعض النباتات الحياة فى البيئات شديدة الجفاف، حيث تتميز بامتلاكها مجموعة من القدرات تمكّنها من مقاومة الجفاف، كقدرتها على استهلاك كميات قليلة من الماء، أو قدرتها على تخزين الماء فى أجزاء مختلفة من أجزائها ـ كما أوضحنا سابقًا ـ مما يجعلها تستمر فى الحياة رغم ظروف الجفاف القاسية المحيطة بها.

يمكن ـ عن طريق انتخاب تلك النباتات وأقلمتها مع الظروف الجديدة وتربيتها ـ الحصول على أجيال عديدة مقاومة للظروف البيئية السيئة، حيث يمكن من خلال ذلك الحفاظ على المنظومة الحياتية رغم سوء ظروف النظام البيئى القائم.

ويمكننا إجمال خطوات الاستعانة بالنباتات المقاومة للظروف البيئية السيئة فى نظام بيئى ذى ظروف قاسية فيما يلى:



٩ ـ استخدام معالجات الأمراض الوظيفية للنبات:

يصاب النبات بالعديد من الأمراض الوظيفية «الفسيولوجية» نتيجة لنقص عنصر أو أكثر من العناصر المغذية له سواء كانت مغذيات كبرى أو صغرى.

قد يكون السبب فى إصابة النبات بالمرض الوظيفى «الفسيولوجى» حدوث نقص فى كمية وجود العناصر الغذائية الموجودة بالتربة، ولذلك تُعرف هذه الأمراض «بأمراض نقص التغذية»، وقد أوضحنا ـ فيما سبق ـ التأثير المرضى الناتج عن غياب عنصر أو أكثر من هذه العناصر، وسنركز حديثنا فى هذا الموضع على كيفية علاج النقص العنصرى الذى يصيب الأراضى، ومن طرق المعالجة العنصرية ما يلى:

ـ إزالة عمليات التثبيت العنصرى فى الأرض:

تتعرض بعض العناصر الموجودة فى التربة للتثبيت من بعض العناصر الأخرى، حيث تصبح هذه العناصر غير صالحة لامتصاص النبات لها، رغم وجودها بوفرة فى التربة.

من العناصر المثبتة فى التربة عنصر الفوسفور، والذى يعمل على تثبيت عنصر الكالسيوم فى التربة.

تتم إزالة عمليات التثبيت العنصرى بإضافة عناصر كيميائية تتفاعل مع العناصر المثبتة مما يطلق العناصر التى تم تثبيتها فى التربة، وييسر عمليات امتصاص العناصر من التربة.

ـ إضافة العناصر جاهزةً:

تتم إضافة العناصر الغذائية جاهزةً إلى التربة فى حالة نقص العناصر فى التربة، مما يوجب إضافة تلك العناصر جاهزةً إلى التربة فى صورة أسمدة تتم إضافتها مع ماء الرى.

قد يكون السماد المضاف سماداً بسيطاً يحتوى على عنصر سمادى واحد، وقد

يكون سمادًا مركبًا يحتوى على أكثر من عنصر سمادى، ويُعرف هذا النوع من السماد «بالسماد المركَّب».

تتم إضافة السماد بناء على نوع العنصر الناقص فى التربة، والذى يتم عن طريق العديد من التحليلات، والتى تشتمل على:

ـ تحليل عينة من التربة:

يتم أخذ عينات من التربة، وتحليل مكوناتها لإثبات وجود نقص عنصرى من عدمه، حيث يتم التحليل معمليًا عن طريق أجهزة تحليل دقيقة، ومزودة بأنظمة برمجة حاسوبية تتيح لها إخراج نتائج التحليل مطبوعة.

ـ تحليل عينات نباتية:

تتمثل هذه العينات فى العديد من الأجزاء النباتية، ولكن تُفضَّل الورقة كعينة جيدة للتحليل، وذلك للتركيز العالى للعناصر الغذائية فى الورقة، فهى تمثل المصنع الحيوى للعناصر الغذائية فى النبات.

يتم قياس الكميات العنصرية لكل العناصر فى الورقة، ومقارنتها بالكميات القياسية الموجودة فى جداول قياسية، تعبر عن القيم المثالية لوجود العناصر فى النبات، ويمكن الحكم على تعرض النبات لحالة نقص عنصرى إذا ما انخفضت كمية الوجود العنصرى عن القيم المثالية.

تعتمد المعالجات «الجينو بيئية» ـ والتى نعنى بها استخدام التقنيات الجينية لعلاج الخلل القائم فى الاتزان البيئى ـ على توظيف المادة الوراثية لبعض الكائنات الحية للتخلص التام من الحالات المرضية، أو إفراز مواد كيميائية تعيد الاتزان البيئى إلى وضعه الطبيعى.

تحمل المادة الوراثية أهم وأخطر المعلومات، والتى نعنى بها: «المعلومات الوراثية» والتى توجه جميع العمليات الحيوية داخل الخلية الحية.

تتكون المادة الوراثية من تتابع آزوتى يتمثل فى أربع قواعد آزوتية هى:

الأدنين (A)، والجوانين (G)، والسيتوزين (C)، والثايمين (T)، وهيكل السكر فوسفات المتمثل فى سكر خماسى دى أكسى ريبوزى، ومجموعة فوسفات.

ويطلق على التركيب المتكون من قاعدة آزوتية وسكر ومجموعة فوسفات «النيوتيدة».

يكوِّن التسلسل النيوتيدى الجينات على طول شريط الدنا الوراثى (D.N.A).

يعتمد استخدام التقنيات الجينية لعلاج التلوث البيئى على مدى إمكاناتنا الدقيقة لاستخدام المعلومات الوراثية المحمولة على شريط الدنا الوراثى.

وتعتبر التقنيات الجينو بيئية (استخدام التقنيات الجينية لعلاج جوانب الاختلال البيئى) من التقنيات الجينية الفائقة، والتى تدخل ضمن البرامج القومية للدول الكبرى.

لقد أمكن استخدام التقنيات الجينية فى التخلص من المخلفات العضوية، واستخدامها فيما يُعرف «بالتسميد الجينى»، والمكافحة الجينية للآفات التى تهاجم المحاصيل وتسبب خسارة فادحة فى الإنتاج كبديل للمبيدات، وكذلك فى لحام طبقة الأوزون، كما سنرى من خلال عرضنا التالى لتلك التقنيات:

١ ـ تقنية استخدام الجينات للتخلص من المخلفات العضوية:

يستخدم الدنا المطعَّم كتقنية مهمة وآمنة بيئيًا فى التخلص من المخلفات العضوية على اختلاف مصادرها وأنواعها، ولقد أجريت العديد من الدراسات والتجارب، وبخاصة فى الدول الصناعية الكبرى بهدف التخلص الآمن من هذه المخلفات التى أصبحت تمثل خطرًا على صحة الإنسان، باعتبارها ملوثات جديدة تضاف إلى قائمة الملوثات المدمرة لصحة الإنسان.

تعتمد تقنية الدنا المطعَّم للتخلص من المخلفات العضوية على تحضير مواد محلِّلة لهذه المخلفات، ويمكن إنتاج هذه المواد بتصنيع أو نسخ الجينات الموجهة لتكوينها، ولزيادة أعداد هذه الجينات تُحمل على دنا بكتيرى دائرى «البلازميد» حيث تتكاثر مع البلازميد بتكاثر البكتيريا، ثم يتم استخلاص هذه الجينات وإزالة

المعطوب منها، ثم تحميلها على الدنا البكتيرى الخطى، والذى يوجه البكتيريا لإنتاج المواد المحلِّلة للمخلفات العضوية، ويمكن استخدام نفس التقنية مع خلايا الخميرة أو أى كائن دقيق آخر، وتفضل البكتيريا لأسباب عديدة منها:

(أ) السرعة الفائقة فى تكاثرها.

(ب) استطاعتها الحياة فى بيئات مختلفة.

(ج) سهولة تطعيم الدنا البكتيرى أكثر من غيره من الكائنات الأخرى.

ويمكن إطلاق هذه البكتيريا فى البحار الملوثة ببقع النفط فتعمل على تحليلها، وقد استخدمت هذه التقنية فى تنقية مياه الخليج العربى من آثار النفط عقب انتهاء حرب الخليج، وتجرى الآن أبحاث عديدة لإعداد مخازن البكتيريا ذات الدنا المطعَّم فى السفن الحاملة للبترول، حيث يتم إطلاق هذه البكتيريا عند تسرب النفط من السفينة، كما يمكن بنفس الطريقة التخلص من مخلفات المصانع قبل أن تصل إلى المجارى المائية كالأنهار والبحيرات، وتستخدم نفس الطريقة للتخلص من المخلفات بعد وصولها إلى مياه المجارى المائية.

وقد نجحت نفس التقنية عند تطبيقها فى مواسير الصرف الصحى للتخلص من المواد المتراكمة والتى تعوق حركة الصرف إلى محطات الترسيب عبر مواسير الصرف، وكان قبل تطبيق هذه التقنية لابد من إزالة المواسير المتراكم بها تلك المواد، أو إضافة أحماض عضوية تعمل على تآكل هذه المواد، وهذا يعرِّض (المادة المصنَّعة من إعادة استخدام الصرف) للتلوث، إلا إذا تمت لها عملية تنقية من تلك الملوثات؛ وهذا يرفع من تكلفة المنتجات.

يتم استخدام هذه التقنية بإطلاق البكتيريا المفرزة لمواد التحلل العضوى، حيث تقوم بتحليل الرواسب والتخلص منها، وتنظيف مجرى مواسير الصرف الصحى دون إضافة أى ملوثات للمواد المصنَّعة منه.

وتزداد أهمية استخدام هذه البكتيريا فى حالة انسداد مواسير المياه، وصعوبة تسليك هذه المواسير، واستحالة إضافة مواد كيمياوية لخطورة ذلك مباشرة على

صحة الإنسان بسبب شرب هذه المياه المحملة بالمواد الكيمياوية مما قد ينتج عنه العديد من الأمراض.

ويمكن لهذه البكتيريا الحياة داخل مواسير الصرف الصحى، أو مواسير المياه دون مشاكل، وكأن هذه المواسير تمثل أنابيب اختبار لها، ويمكن استخدام نفس البكتيريا فى محطات غسيل السيارات للتخلص من المواد المتخلفة عن عمليات التشحيم والتزييت المختلفة، كما يمكن التخلص من بقايا البنزين وعمليات التشحيم بالسيارة عن طريق نفس التقنية.

بل ويوجد مؤشر لاستخدام تقنية البكتيريا المفرزة للمواد المحللة فى عمليات الغسيل المنزلى للتخلص من الدهون، وتزداد أهميتها ـ فى هذه الحالة ـ فى الفنادق والمطاعم الكبرى، حيث يتم الغسيل آليًا ويكون التخلص من الترسيبات الدهنية على الأطباق صعبًا جدًا.

قد تقوم البكتيريا المستخدمة فى تلك التقنية بتحليل المادة العضوية إلى مكوناتها وجعلها وجبة جاهزة لغيرها من الكائنات الحية الأخرى، أو تحليلها والتغذى على نواتج التحلل.

وقد يتم استخدام نفس التقنية مع بعض النباتات، وذلك بتطعيم الدنا الخاص بها ببعض الجينات الموجهة لتكوين المواد المحلِّلة، ومن الممكن إجراء هذه التقنية على خلايا الأجنة فى البذرة، والتى تتم زراعتها فى الأماكن المتراكم بها مخلفات عضوية، أو فى قنوات صرف مخلفات المصانع، حيث تقوم تلك النباتات بإفراز مواد محلِّلة للمواد العضوية الموجودة، والتغذية على نواتج التحلل، وبذلك يحقق استخدام هذه التقنية فائدتين:

أولاً: التخلص من المخلفات العضوية كملوثات للبيئة.

ثانيًا: زراعة نباتات ذات صفات معينة يمكن الاستفادة من ثمارها أو تحميلها بجينات أخرى موجهة لتكوين بروتينات علاجية يمكن استخدامها فى نواحٍ طبية عديدة.

إن ثمة اتجاهًا للعديد من باحثى تقنية الدنا المطعَّم إلى إنتاج مكعبات من المواد المحلِّلة للمخلفات العضوية جاهزة للاستخدام مباشرة.

ويمكن الاستفادة من الجينات المكونة لمواد التحلل فى تطعيم جينات خاصة بخلايا جذور النباتات الضارة، مما يعمل على تكوين مواد تقوم بتحليل هذه الجذور، ومن ثم التخلص من تلك النباتات الضارة، وهذا يتطلب إعداد خريطة كاملة للجينات المسئولة عن تكوين تلك المواد، ونسخها وحفظها بعد ذلك فى بنوك الجينات.

وقد يتم تطعيم تلك الجينات على جينوم المجموع الخضرى للنباتات عديمة الجذور كنبات «الهالوك» المتطفل على نبات «الفول» ويسبب خسارة كبيرة فى المحصول. وعند تطعيم المجموع الخضرى بالجينات المكونة للمواد المحلِّلة، تعمل هذه المواد على تحليل جسم النبات وذبوله وموته، ومن ثم التخلص من الأضرار التى يسببها لنبات الفول، ولقد تم تعميم هذه التقنية على العديد من النباتات الضارة، ويعقد العلماء آمالاً عريضة لتحقيق نتائج جيدة من خلال هذه التقنية.

ورغم أهمية تقنية الدنا المطعَّم فى إنتاج المواد المحلِّلة، إلا أنها لا تخلو من الخطورة، فقد تنتج بطريق الخطأ من أحد معامل الهندسة الوراثية المنتشرة بالدول المتقدمة بكتيريا تحمل فى الجينوم الخاص بها جينات مكونة لمواد التحلل، وتكمن الخطورة فى إفراز هذه البكتيريا لمواد محلِّلة للأنسجة البشرية، مما يهدد حياة الإنسان على سطح الأرض، ويعرضه للإبادة.

وما زلنا نذكر البكتيريا التى انتشرت فى عام ١٩٩٤م، والتى كانت تحمل بالفعل مواد موجِّهة لتكوين إفرازات محلِّلة للأنسجة البشرية، وقد سبَّب انتشار هذه البكتيريا ضجة فى الأوساط العلمية لمحاولة الوصول إلى تفسير حقيقى لهذه الظاهرة، وكان من تلك التفسيرات العلمية التى ذُكرت حدوث تحرر أحد أنواع البكتيريا من أحد معامل هندسة الجينات، والتى كان الدنا المطعَّم الخاص بها يحمل جينات موجهة لتكوين مواد محلِّلة للأنسجة الحيوانية الثديية، للتخلص من بقايا

الحيوانات النافقة، وبقايا الحيوانات البحرية فى أعماق البحار والمحيطات، وهذا ما يجعلنا ننادى بفرض رقابة صارمة على تجارب «تقننة الجينوم» لمنع تكرار الأخطاء المهددة لحياة البشر.

٢ ـ تقنية استخدام التسميد الجينى:

تحتاج النباتات إلى عمليات تسميد دورية حتى تواصل نموها، وتدخل إلى مرحلة التكوين الزهرى والثمرى، وتمثل عمليات التسميد هذه تكلفة عالية، وقد يؤدى التصنيع غير الآمن بيئيًا لهذه الأسمدة إلى تلويث التربة وخفض نسبة صلاحيتها للزراعة.

وتوجد بعض النباتات «البقوليات» والتى تستضيف جذورها بكتيريا العقد الجذرية، التى تعمل على تثبيت النيتروجين الجوى ليستفيد منه النبات البقولى كسماد آزوتى.

وقد استطاع العلماء كشف التتابع الوراثى الذى يشفِّر لبكتيريا التأزت المسئولة عن تثبيت النيتروجين من الجو، ومن ثم صناعة الجينات الخاصة بهذه التتابعات وتطعيمها فى دنا العديد من النباتات التى تحتاج إلى سماد آزوتى لتنشيط نموها، ومن الممكن فصل الجينات الطبيعية الموجهة لتثبيت النيتروجين أو نسخها والتطعيم بها أيضًا.

إن ثمة مشروعًا قائمًا بين كبرى شركات التسميد فى العالم وشركات الهندسة الوراثية لكشف الشفرات الوراثية الخاصة بكل مكوِّن سمادى لكل النباتات المعروفة، وذات الأهمية الاقتصادية، ثم تصنيع الجينات الخاصة بتلك الشفرات، أو استئصالها وحفظها كأصول وراثية فى «بنوك الجينات» لحين استخدامها بعد ذلك، أو استنساخها وحفظها أيضًا.

يُجرى بعد ذلك تطعيم هذه الجينات على الدنا الخاص بكل نبات فى حاجة إلى سماد معين، فيعمل الجين المولج فى جينوم النبات على توجيه بعض الأنسجة إلى تكوين السماد اللازم لنمو النبات.

ورغم أهمية هذه التقنية فى إنتاج المخصبات الذاتية، إلا أن تطبيقها على مساحات شاسعة ما زال متعثرًا، ويأمل العلماء فى التغلب على المشاكل التى تواجههم عند تطبيقها فى المستقبل خفضًا لتكلفة تصنيع المخصبات الكيمياوية، وإزالة للتلوث البيئى الناتج عن إضافة تلك المخصبات للتربة.

قد يتم تطعيم جينات المواد المخصبة فى دنا الكائنات الدقيقة التى تعيش فى الطبقة السطحية بالتربة، والتى توجه هذه الكائنات إلى تكوين المواد المخصبة للتربة، وفى هذه التقنية سيتم إخصاب التربة سواء وُجدت بها نباتات أم لا، وهذا يستلزم توفير المواد الغذائية التى تحفظ حياة هذه الكائنات الدقيقة الحية.

٣ ـ استخدام تقنية المكافحة الجينية للآفات:

أصبحت الآفات التى تهاجم النباتات من المشكلات التى تواجه الفلاح، وهى تدمر أحيانًا نباتات المحاصيل والفواكه ـ وغيرها من النباتات ـ تدميرًا كاملاً، إما بالتهام النبات وهو فى طور البادرة، أو التهامه فى مراحل تالية لذلك، وقد تؤدى الآفات إلى التهام الجزء الخضرى، وبخاصة البراعم الطرفية والإبطية، وغالبًا ما تؤدى الإصابة بالآفات إلى التهام الجزء الثمرى فى المراحل المختلفة للتكوين والنمو الثمرى.

وقد تهاجم بعض الآفات جذور النباتات، حيث توجد الشعيرات الجذرية التى تمتص الماء والأملاح، وتتركز بها نسبة عالية من الغذاء مثل الآفات النيماتودية، والتى أصبحت تهدد العديد من النباتات المصرية، وبخاصة فى أراضى الاستصلاح.

وللتغلب على هذه المشكلة: لجأ الباحثون إلى استنباط العديد من المواد الكيمياوية للقضاء على هذه الآفات عن طريق رش هذه المواد الكيمياوية المبيدة للآفات النباتية على أجزاء النبات فى مراحله العمرية المختلفة، ورغم الفائدة التى حققتها هذه المبيدات فى القضاء على العديد من الآفات، إلا أن هذه المبيدات قد أحدثت خسارة فادحة للنباتات نفسها، حيث لوثت هذه المبيدات أنسجة الثمار،

وفى بعض الأحيان تؤدى إلى تغير التركيب الكيميائى للثمرة، مما يؤدى إلى إحداث تلوث خطير، قد يسبب العديد من حالات الوفاة عند تناول هذه الثمار.

لذا كان لابد من محاولة طرق أساليب ووسائل جديدة لمكافحة تلك الآفات، بحيث لا تؤدى هذه الوسائل إلى التأثير على تركيب النبات أو ثماره، أو إضافة سموم «توكسينات» إلى أنسجته.

لقد تحقق هذا مع التقدم السريع والمتلاحق فى تقنيات الهندسة الوراثية وتقنية الجينوم، فمن خلال دراسات عديدة وجد العلماء أن بعض النباتات تفرز من غدد معينة بأنسجتها مواد كيميائية قاتلة للآفات، أو منفرة للآفات وطاردة لها، وهذه المواد تتكون تحت توجيه من جينات محددة تشفِّر لهذه المواد الكيميائية.

وفى مراحل تالية استطاع العلماء كشف هذه الشفرات والتعرف عليها، واستنساخها، وتطعيم الجينات المستنسخة فى جينوم النبات الذى يستلزم وجود هذا الجين لتكوين مواد قاتلة للآفات التى تهاجمه.

إن ثمة مشروعًا قائمًا لكشف كل الشفرات الخاصة بتكوين المواد الكيميائية المضادة للآفات، واستنساخها، وحفظها لحين استخدامها بعد ذلك، وإن كانت تجارب المكافحة الجينية للآفات النباتية قد حققت نتائج جيدة فى المعمل، إلا أنه من المتوقع وجود مشاكل عند التجريب فى الحقل.

٤ ـ تقنية استخدام الكائنات المحورة وراثيًا للحام طبقة الأوزون:

تمثل طبقة الأوزون فى الغلاف الجوى منطقة حماية للحياة على سطح الأرض، وتتكون هذه الطبقة من غاز الأوزون (O_3) وبعض الأيونات الأخرى، وتعمل هذه الطبقة على وقاية سطح الأرض من وصول الأشعة فوق البنفسجية، والتى تعمل على إصابة الجلد ببعض أنواع سرطان الجلد.

ورغم أهمية هذه الطبقة إلا أنها بدأت تتآكل بفعل الملوثات الكيمياوية المتصاعدة من سطح الأرض، وعوادم الصواريخ الحاملة للأقمار الصناعية، واختراق الطائرات النفاثة لها.

لقد بدأت كمية الأشعة فوق البنفسجية فى الزيادة المضطردة بعد تعرض طبقة الأوزون للتآكل، وبدأت تأثيرات اختراق الأشعة فوق البنفسجية للغلاف الجوى تزداد حدة، وقد ظهر ذلك فى صورة ارتفاع لدرجة حرارة الأرض، وذوبان بعض ثلوج القطبين (الشمالى والجنوبى).

لقد أصبح بحث علاج طبقة الأوزون من الأبحاث ذات الأهمية الكبيرة فى العديد من مراكز الأبحاث الكيمياوية، بل وأصبح لطبقة الأوزون مراكز أبحاث خاصة بها «مراكز أبحاث الأوزون»، والتى تركزت أبحاثها على إطلاق صواريخ محملة بمواد كيمياوية بهدف ترقيع طبقة الأوزون، وقد حققت تلك الأبحاث بعض النجاح، لكنها لم تنجح فى تقديم حلول جذرية لمشكلة الأوزون.

ولأهمية طبقة الأوزون بدأ علماء «جينوميا الفضاء» تركيز أبحاثهم على هذه الطبقة، لمحاولة إيجاد حلول جذرية باستخدام تقننة الجينوم حيث استطاع فريق علمى تحوير جينوم سلالة بكتيرية بحيث تستطيع الحياة الدائمة فى طبقة الأوزون، وتعمل على تحليل المواد الكيمياوية المسببة لتآكل طبقة الأوزون، ويتم تحوير جينوم هذه البكتيريا عن طريق تطعيم الدنا الخطى لها بجينات يمكنها توجيه البكتيريا للحياة فى منطقة الأوزون، وجينات أخرى تمكّن للبكتيريا من تكوين المواد المحلِّلة لمسببات تآكل طبقة الأوزون، ويأمل علماء جينوميا الفضاء فى تحوير العديد من الكائنات الدقيقة للحياة فى طبقة الأوزون، بحيث يمكنها تحليل الكيمياويات المسببة لتآكل طبقة الأوزون.