التنبؤ بالآفات الزراعية
Agricultural pests forecasting

يعرف **التنبؤ بالآفة بأنه "القدرة على توقع زمان ومكان ظهور الآفة الزراعية بمستوى اقتصادي هام قبل أن يحدث ذلك بالفعل"**. ويمكن ذلك من خلال نشر وتطبيق تقنيات التنبؤ للتكهن باحتمالات الإصابات الوبائية بالمرض او الحشرة وهو على ذلك بمثابة المرشد الدقيق لإتباع الوسائل المناسبة فى الوقت المناسب فقط للسيطرة على الوباء. من المعروف أن اسلوب المكافحة الكيمياوية في السيطرة على الآفات الزراعية السائد حاليا بدرجة كبيرة في الدول النامية مقارنة بالأساليب الأخرى الموصى بها لهذا الغرض يؤدى بالتأكيد إلي تلويث البيئة و الإخلال بشكل جسيم بتوازن النظام البيئي فيها ، بالإضافة إلى التسبب بمستويات غير مقبولة من متبقيات الكيمياويات المستخدمة لهذا الغرض فى المنتجات الزراعية مما يشكل ضررا أكيدا على صحة المستهلك ، الأمر الذي يدعو بالحاح الى ترشيد هذا الأسلوب الى أقصى حد ممكن عبر تقنية التنبؤ بالآفات الزراعية و استخدام التقنيات الأخرى الملائمة للسيطرة على هذه الآفات كلما كان ذلك ممكنا و عندما تكون الآفة موضوعة البحث ذا أهمية أقتصادية حصرا ، أما استخدام تلك التقنيات دون ما مبرر علمي او أقتصادي فإن ذلك يؤدى إلي خسائر أقتصادية و صحية جسيمة لا مبرر لها على الأطلاق . بالأضافة الى ذلك فأن استخدام المبيدات الكيميائية الزراعية للقضاء على الامراض النباتية والحشرات يؤدي سنويا الى اتلاف عشرات ملايين الاطنان من الحبوب والفواكه والخضار، كما إنه يؤدي الى وفاة ملايين الاشخاص نتيجة سوء الاستعمال وعدم الوقاية ولشدة سمية هذه المبيدات لذلك فقد أطلقت المنظمات الدولية نداء ملحا لاخذ الحيطة والحذر ونشر الوعي من أجل المحافظة على البيئة وتأمين اغذية ومنتجات زراعية للمستهلكين خالية من التلوث.

وتشير الاحصاءات الى أن عدد المصابين بحالات التسمم من جراء استخدام كميات من المبيدات الزراعية يتزايد عاما بعد آخر بمعدل 12% وتتركز هذه الزيادة في الدول النامية والفقيرة.. وان مايقارب3.3 مليون شخص من مختلف الاعمار قد تعرضوا لأضرار هذه السموم خلال عام 2005 على سبيل المثال ولغرض التخفيف من وطأة هذه المشكلة والحد من الاستخدام العشوائي للمبيدات عملت وزارات الزراعة في عدد كبير من بلدان العالم الى الأعتماد على تقنية التنبؤ بالأمراض النباتية والحشرات عن طريق نصب وتشغيل منظومات الكترونية لمراقبة الضروف البيئية المهيئة لحصول الأوبئة الزراعية المختلفة ومتابعة ذلك اولا بأول وإقرانها بالملاحظات الحقلية على النباتات المستهدفة في الميدان. وبهدف تسهيل تناول هذا الموضوع المهم فسيتم التطرق اليه من خلال المحورين التاليين:

أولا: التنبؤ بالحشرات الأقتصادية

ثانيا: التنبؤ بالأمراض النباتية

أولا : التنبؤ بالحشرات الأقتصادية Economic insects predicting

1-أستخدام تقانة الكم الحراري في التنبؤ بالحشرات

Using degree days' technique in insect forecasting

حيث ان الحشرات من الحيوانات ذات الدم البارد فأن درجة الحرارة تلعب دورا رئيسا في نموها و تطورها. هناك درجة حرارة حرجة لكل نوع من انواع الحشرات و لا يحدث تطور للحشرة عندما تكون درجة الحرارة السائدة تحت درجة الحرارة الحرجة. للحشرات مدى محدد من الحرارة المثلى تتم عمليات النمو خلاله بسرعة كم أنه هناك درجة حرارة عظمى تتوقف بعدها عمليات النمو كذلك. هذه القيم من درجات الحرارة يمكن الاعتماد عليها في التنبؤ بنشاط الحشرات و ظهور أعراض الاصابة بها خلال الموسم.

تستخدم درجات الحرارة الحرجة و العظمى لحشرة معينة في حساب كم درجات الحرارة لأيام معينة. و يتم حساب اليوم لهذا الغرض عندما يكون معدل درجات الحرارة السائدة خلاله أعلى بدرجة واحدة من درجة الحرارة الحرجة. فعلى سبيل المثال تبلغ درجة الحرارة الحرجة لسوسة الجت 48 ف° فاذا ما كان معدل درجات الحرارة ليوم معين 49 ف° فأن يوم واحد سيتراكم لهذا الحساب. هذا التراكم اليومي يمكن ان يتم تجميعه لفترة من الزمن و بالتالي أستخدامه في التنبؤ بتطور الحشرة. على مستوى الاستخدام الحقلي فأن أصحاب الحقول يتطلب منهم التفتيش عن اول علامة من أعراض تغذية الحشرات على قمم النباتات و ذلك عندما تبلغ مجموع الايام المتراكمة 190 يوما اعتبارا من الاول من شهر كانون الثاني من العام.

تراكم مجاميع ايام الكم الحراري هذه يمكن ان يبدأ بواحدة من طريقتين لهذا الغرض، يمكن تتبع ايام الكم الحراري لعدة أفات بالاستناد الى تاريخ تقويمي (الاول من كانون الثاني لعدد من الآفات) هذه الطريقة بسيطة و لكن توجد فيها مساوئ هي الحاجة لتتبع درجة الحرارة لفترة طويلة قبل حصول اي تطور في الحشرة. اما الطريقة الثانية التي تستخدم للافات الاخرى فهي تبدأ اعتبارا من حصول حدث حيوي معين في الحشرة يسمى Biofix و هذا الحدث **عادة يمثل اول صيد لبالغات الحشرة في الحقل باستخدام**

المصائد المختلفة. أن استخدام Biofix كنقطة بداية يعني الاستمرار بمتابعة او حساب ايام التراكم الحراري لفترة زمنية اقل كما انها كثيرا ما تعطي نتائج ادق للتنبؤ بالآفة.

في برامج الادارة المتكاملة للآفات IPM ، تستخدم تقانة تراكم ايام الكم الحراري لتوقع احداث مهمة في دورة حياة الحشرة. فعلى سبيل المثال أوقات وضع البيض، فقس البيض، حركة زاحفات الحشرات القشرية او ظهور اعراض الأصابة . هذه الاحداث الحيوية يمكن البناء عليها لبرمجة فعاليات معينة مثل نصب المصائد أو الرش بالمبيدات الكيمياوية. و يوضح الجدول التالي درجات الحرارة الحرجة، الأحداث الحيوية، تراكم ايام الكم الحراري المستهدفة و الاحداث الناتجة لعدد من الآفات الحشرية الأعتيادية و المهمة.

Some common insects for which Degree Days may be used in management.

Insect	Threshold Temperature °F	Biofix	DD Target	Action Event
Alfalfa weevil	48	Jan 1	Several	Insect development
Black cutworm	50	Trap Catch	300	Begin Field Scouting
Codling moth	50	Trap Catch	Several	Apply IGR
European corn borer	50	Jan 1	Several	Peak of infestation
San Jose scale	51	Trap Catch	Several	Movement of scale crawlers
Western corn rootworm	52	Jan 1	380	Egg hatch

أن الطريقة الأسهل لحساب ايام الكم الحراري لتأريخ محدد هو اضافة درجة الحرارة الصغرى و العظمى اليومية و تقسيمها على 2 ثم طرح درجة الحرارة الحرجة لحشرة معينه منها فعلى سبيل المثال اذا اوضح المقياس الحراري ان درجة الحرارة الصغرى هي 45 ف° و العظمى 75 ف° اذن معدل درجات الحرارة هو 45+75/2= 60 ف° و اذا كانت درجة الحرارة الحرجة للآفة المستهدفة هي 50 ف° ففي هذه الحالة تظاف 10 ف° في حساب التراكم لهذا الغرض.

أقرأ المقياس الحراري يوميا و أعمل هذه الحسابات ثم ضف القيمة الناتجة الى القيم الكلية للأيام السابقة و هكذا تتراكم لك القيم باتجاه الرقم المستهدف. أن درجات الحرارة الصغرى و العظمى يجب ان تسجل من المقياس الحراري بنفس الوقت من اليوم.

أن الأعتماد على هذه الطريقة ستجعلك اكثر دقة في ادارة الآفات و بالتالي ستقلل من استخدام المبيدات و تحقيق مكافحة أكفأ من خلال تحديد الوقت المناسب لأجراء الرش بالمبيدات في حالة الحاجة لذلك.

2- استخدام الفورمونات الحشرية في التنبؤ و مكافحة الحشرات الأقتصادية

Using pheromones in insects predicting and control

تعرف الفورمونات بأنها مواد كيمياوية طيارة تعمل كهورمونات خارجية تطرح الى المحيط الخارجي من أحد جنسي الحشرة لتحفز الجنس الأخر عند تسلمها للأمتثال الى تصرف معين. تلعب هذه المواد دورا مهما جدا في تنظيم سلوك الحشرات الأجتماعية كالنحل و تساعد على التقاء الجنسين لغرض التزاوج في معظم الحشرات المعروفة.هناك نوعان من الفورمونات الحشرية، نوع يطلق من قبل جنس واحد و لكنها تسبب تجمع جميع أفراد النوع الواحد من كلا الجنسين و تسمى بفورمونات التجمع Aggregation pheromones. و منها ما يطلق من أحد الجنسين لغرض جلب الجنس الأخر للتزاوج و تسمى بالفورمونات الجنسية Sex pheromones. بناءا على خصائص الفورمونات هذه بدأ الباحثون بالتفكير في أمكانية أستخدام هذه الفورمونات في مقاومة الحشرات و خاصة الجنسية منها للحد من أضرار الحشرات. حيث تم أولا دراسة التراكيب الكيمياويه لعدد من هذه الفورمونات في عدد من الحشرات المختلفة بهدف تصنيعها و الحصول على مركبات مصنعة شبيهة بتلك الطبيعية المستخرجة من الحشرات سميت بالفورمونات المصنعة Synthetic pheromones. لقد نجحت بعض التطبيقات الحقلية لأستخدام الفورمونات المصنعة في التقليل من أضرار الحشرات المستهدفة بها كدودة جوز القطن القرنفلية.يمكن الأستفادة من هذه التقانة سواء الفورمونات الطبيعية أو الصناعية في مقاومة الحشرات الضارة بطريقتين هما:

1- **الطريقة غير المباشرة Indirect method:** كأستخدامها لأغراض تقدير نسبة الأصابة و الكثافة العددية في منطقة معينة حيث يمكن من خلال ذلك التعرف على الوقت الأمثل لأستخدام المبيدات الكيمياوية.

2- **الطريقة المباشرة Direct method** : يتم بموجب هذه الطريقة أستخدام الفورمونات في توجيه أفراد الحشرات المستهدفة الى مصائد فورمونية تحوي مواد سامة و غالبا ما تكون أحد المبيدات الكيمياوية لقتلها أو تستخدم كذلك لمنع التقاء الجنسين و بالتالي تقليل فرص التزاوج وتحديد الذرية بالنتيجة و ذلك من خلال رش الفورمون المصنع بالتركيز المناسب في الحقول المراد حمايتها بحيث يغطي جو تلك المنطقة بما يؤدي الى صعوبة أهتداء الذكور الى المكان الذي تتواجد به الأناث و تسمى هذه التقانة بطريقة أرباك الذكور Male Confusion Technique التي نجح أستخدامها في مقاومة دودة جوز القطن القرنفلية. أن أستخدام الفورمونات الحشرية في مقاومة الحشرات ليست بالسهولة التي قد يتصور البعض كونها عملية فنية يلزمها توافر الكثير من المعلومات المتكاملة عن الآفات المراد مقاومتها كتحديد وقت ظهور أفراد الافة، الكثافة العددية لها، مدى الطيران الذي تتمكن، مدى تكرار عملية التزاوج خلال الموسم وبالتالي كمية الفورمون المصنع اللازم للتحضير. كما يظاف الى صعوبات هذه الطريقة ما وجده الباحثون من أن الفورمونات المصنعة لا تؤدي الوظيفة المرجوه منها بنفس المستوى الذي تؤديه الفورمونات الطبيعية. أن هذه الطريقة يمكن أعتبارها من الطرق المتخصصة جدا في مقاومة الحشرات لكون الفورمون الواحد لا يعمل الا على نوع واحد من الحشرات وفي حالات نادرة جدا على عدد محدود من الحشرات.

ثانيا- التنبؤ بأمراض النبات Plant diseases forecasting

يمكن التنبؤ بالمرض بنشر وتطبيق تقنيات التنبؤ للتكهن باحتمالات الإصابات الوبائية بالمرض وهو على ذلك بمثابة المرشد الدقيق لإتباع الوسائل المناسبة فى الوقت المناسب فقط للسيطرة على الوباء.

الخصائص الوبائية للمرض كأساس للتنبؤ:

أ – توجهات عامة فى التنبؤ بالمرض:

أن الوصول إلى تنبؤ مناسب لمرض ما يعتمد على الخصائص الوبائية لذلك المرض ويمكن الأشارة الى أنواع التنبؤ تحت ثلاثة أساليب:

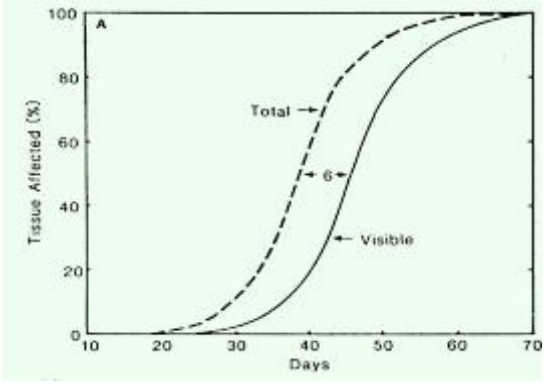
الأسلوب الأول بالأعتماد على حجم اللقاح الأولى وفعاليته ففي بعض الأمراض قد يكون مجرد معرفة حجم اللقاح الأولى أو مدى فعاليته هو المفتاح نحو تنبؤ صحيح، وعادة ما يكون ذلك فى الأمراض وحيدة الدورة كما أنه يكون من المفيد أخذه فى الاعتبار فى حالة التنبؤ بالأمراض عديدة الدورة إذا كان اللقاح الأولى غزيرا وكان عدد دورات الممرض خلال موسم النمو محدودا.

الأسلوب الثـاني بالاعتمـاد على سرعة دورات الممرض خلال الموسم أى قدرته على إنتاج لقاح ثانوى يجدد الإصابة خلال نفس موسم نمو العائل، ومن ثم تزايد شدة الإصابة والطبع فهو مفيد فى حالة الأمراض عديدة الدورات مثل أمراض اللفحة وتبقعات الأوراق.

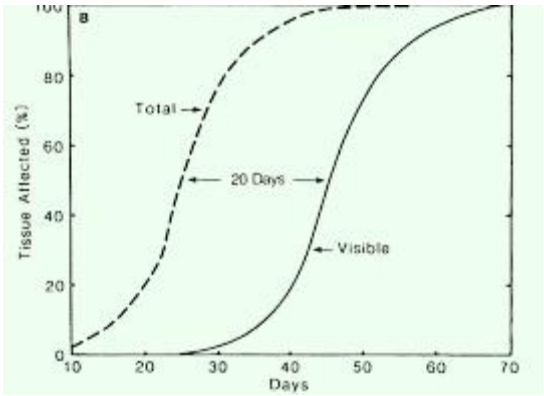
أما الأسلوب الثالث فيعتمد على كل من حجم اللقاح الأولى لممرض عديد الدورة، إذا ما كان اللقاح الأولى غزيرا وكذا على سرعة دورات الممرض كما فى أمراض الأصداء في القمح وأمراض الاصفرار الفيروسية في بنجر السكر.

ب - العلاقة بين المرض المرئي والمرض الكلى

عند تحديد حد حرج اقتصادي للمرض تبدأ عنده عملية المكافحة فإنه قد يصعب تقدير المرض تقديراُ دقيقاً حيث أن الأعراض غير المرئية للمرض تستمر لعدة أيام بعد العدوى وقبل أن تظهر الأعراض المرئية وعلى ذلك فإن تقدير المرض يغفل تلك الإصابات التى يكون فيها المرض فى مراحل غير مرئية أى فى الفترة الحضانة المحصورة بين أختراق المسبب المرضي لأنسجة العائل وإلى ما قبل ظهور الأعراض المرئية. ويبين المنحنى (1) المرض ممثلاُ في مرحلتي المرض المرئية والكلية (اي الأعراض المرئية إضافة إلى مرحلة ما قبل ظهور الأعراض المرئية) وذلك لمسبب مرضي متعدد الدورات المرضية، فإذا كانت مرحلة ما قبل ظهور الأعراض (فترة الحضانة) 6 أيام فإن المقدار الكلى للمرض يساوى تقريباً مقدار المرض المرئى بعد مرور 6 أيام وقد يكون الفرق بين المرض المرئى والكلى كبيراُ ويترتب على ذلك اتخاذ قرارات خاطئة فيما يختص المكافحة الكيماوية. وكلما ازدادت فترة ما قبل ظهور الأعراض كلما ازداد مقدار الخطأ فى تقدير المرض.



شـكل (1) المـرض المرئـي والكلـى لمسـبب مرضي ذو فترة حضانة 6 أيام



شكل (2) المرض المرئي والكلى لمسبب مرضي ذو فترة حضانة 20 يوم

ج - العوامل التى تؤدى إلى التوصل إلى توقع دقيق وقابل للتطبيق لمرض ما:

1- المعلومات عن المسبب المرضي وديناميكية المرض (اللقاح المتاح).

2- تفهم تأثير كل من البيئة والعائل على المسبب المرضي وعلى تكشف المرض.

3- التقنيات المناسبة لتقدير كل من المسبب المرضي والمرض.

4- تقدير تأثير الطور النباتي في تطور المرض.

أولا المعلومات عن المسبب المرضي وديناميكية المرض (اللقاح المتاح).

لا يمكن التوصل إلى تنبؤ صحيح للمرض ما لم تكن العلاقة بين المسبب المرضي والمرض مفهومة

بمساحات كبيرة فإن التصوير الجوى يكون مفيداً في التوصل إلى تنبؤ بالمرض. يستعان على تقدير المرض بالتصوير الجوي باستخدام الأفلام الحساسة للأطوال الموجية القريبة من تحت الحمراء –Near Infrared التى يتراوح طولها الموجى بين 700 – 1300 ميكرون ثم تحليل تلك الصور. يرجع استخدام تلك الأطوال الموجية إلى عدم صلاحية الصور المأخوذة في الأطوال الموجية للضوء المرئى إذ يمتص قدر من الأشعة الواقعة في المنطقة الزرقاء (400 –500 ميكرون) ويمتص قدر أكبر من الأشعة الواقعة فى المنطقة الحمراء (600 –700 ميكرون) بينما تنعكس الأشعة الواقعة فى المنطقة الخضراء (500 –600 ميكرون). من ناحية أخرى فإن. المجموع الخضرى للنبات السليم يعطى انعكاسا عالياً للأشعة القريبة من تحت الحمراء إذ أنه يعكس حوالي 96% من تلك الأشعة. أما النباتات التي تتعرض لأي عامل من عوامل الإجهاد سواء كان هذا الإجهاد راجع لأحد عوامل البيئة أو للإصابة بمرض أو لآفة فإن أنسجتها تمتص جزءا من تلك الأشعة، يختلف الطول الموجي الذي يحدث عنده أقصى امتصاص تبعا لعامل الإجهاد وتتوقف درجة الامتصاص تبعا لمقدار الضرر الواقع على النبات. وعلى ذلك فإن النباتات المصابة تعطى انعكاس مختلفا عن ذلك الذي تعطيه النباتات السليمة كما أن الطول الموجي الذي يحدث عنده أقصى امتصاص ودرجة الامتصاص يعبران عن المرض الذي يعاني منه النبات ودرجة المعاناة. يتم أخذ تلك الصور باستخدام الطائرات أو من خلال الأقمار الصناعية ونظراً لبعثرة الأشعة القريبة من تحت الحمراء بفعل الضباب فعند التصوير يستعان بمرشحات تحجب الأشعة التى تميل للأزرق وذلك لجعل الصورة أكثر وضوحاً

مازال الاستخدام التطبيقى للاستشعار عن بعد في التنبؤ بالأعراض محدوداً. وهو يفيد فى حالة الأمراض التى تعتمد شدتها على عوامل البيئة ولقد أصبح الآن من الضرورى الاستفادة من الاستشعار عن بعد إذ يسمح لنا بتقدير الإصابات القليلة بالمرض.

رابعاً: تقدير تأثير الطور النباتي في تطور المرض.

تتميز غالبية الأمراض النباتية بحدوث الإصابة خلال مرحلة محددة من حياة النبات فبعض الأمراض تحدث فى مرحلة البادرة دون ما سواها والبعض يحدث خلال مرحلة الشيخوخة وأهم الأمراض هي ما يحدث الإصابة في منتصف حياة النبات وخاصة مرحلة التزهير والإثمار. من ناحية أخرى فإن بعض المسببات المرضية يمكن أن تحدث الإصابة فى النبات فى أى مرحلة من مراحل النمو إلا أن بعض المراحل تعتبر حرجة ويترتب على حدوث المرض خلالها حصول خسائر اقتصادية كبيرة في المحصول، مثل تلك المراحل هى ما يجب أخذه بعين الاعتبار عند تصميم برامج التنبؤ بهذه الأمراض.

أولا: التنبؤ بالأمراض بناءً على اللقاح الأولى

هناك ثلاث أنواع من الأمراض النباتية يمكن معها التوصل إلى تنبؤ معقول لها بناء على المعلومات المستحصلة عن اللقاح الأولى لها وهي: –

- **الأمراض وحيدة الدورة المرضية.**
- **الأمراض متعددة الدورات المرضية التى يكون فيها المسبب المرضي عدداً محدوداً من الأجيال.**
- **الأمراض متعددة الدورات المرضية التى يكون فيها حجم اللقاح الأولى كبير بدرجة فعالة.**

ويعتمد التنبؤ بمثل هذه الأمراض على التقدير المباشر أو غير المباشر لحجم اللقاح الأولى وعلى بيانات الظروف الجوية التى تنبئ بمدى كفاءة اللقاح الاولى.

أ - التنبؤ بناء على التقدير غير المباشر لمقدار اللقاح الأولى:

التقدير غير المباشر للقاح الأولى

1- ذبول ستيوارت على الذرة الشامية: Stewart wilt

يتسبب هذا المرض عن بكتريا تسمى *stewartii* Erwrinia وهو من أوائل الأمراض التي أمكن إيجاد نظام تنبؤ لها وقد تم ذلك في الثلاثينات. يعتمد نظام التنبؤ هذا على إيجاد علاقة بين درجة حرارة الشتاء وشدة الإصابة في الموسم التالي. وقد لوحظ أن المرض يكون شديداً عقب الشتاء المتوسط البرودة بينما يكون أقل شدة إذا كان الشتاء شديد البرودة وعلى ذلك فقد وجد Stevans(1934) أن المرض يكون شديداً إذا كان متوسط درجات الحرارة خلال شهري ديسمبر ويناير أكثر من أو يساوى 33.3 ف (0.7°س). ويكون المرض متوسطاً إذا كان متوسط درجات الحرارة 30°ف (-1.1°س). وقد نشأ هذا التنبؤ دون معرفة أن البكتريا الممرضة تعبر الشتاء فى حشرة الخنفساء البرغوثية وأن درجة الحرارة المنخفضة إنما تؤثر تأثيراُ مباشراً على اختزال أعداد الحشرات التى تعبر الشتاء وأن البكتريا تدخل نسيج النبات عند تغذية الحشرة عليه. على ذلك إذا كان الشتاء متوسط البرودة يُنصح المزارعون بزراعة أصناف مقاومة أو بمكافحة الحشرة الحاملة باستخدام المبيدات الحشرية. وقد طور (Castor et al 1976) هذا النظام بهدف الحصول على تنبؤ دقيق وسريع وذلك من خلال تصميم برنامج يعتمد الكتروني يعتمد على الكومبيوتر. ونظراً لأن النباتات الصغيرة أكثر قابلية للإصابة وأن المسبب المرضي غالباُ ما يكون عدداُ محدوداُ من الدورات رغم أنه متعدد الدورات فإن هذا التنبؤ يفيد المزارعون كثيراً فى تجنب الإصابة بهذا المرض.

التقدير المباشر للقاح الأولى

يتم ذلك بأخذ عينة من التربة وإجراء فصل لوحدات اللقاح وعدها، ومن الأمثلة على ذلك مرض عفن الجذور والتاج Sclerotium rolfisii في بنجر السكر، أذ يكون الفطر أجساما حجرية قطرها 1-3 مليمتر يمكن فصلها من التربة باستخدام مناخل الفصل المتدرجة في سعة ثقوبها، ثم تم عد الأجسام الحجرية. كما يتم أيضا تقدير نسبة إنبات الأجسام الحجرة بوضعها على بيئة مناسبة والتحضين في درجة حرارة مناسبة للإنبات. وبمعرفة العلاقة بين عدد الأجسام الحجرية / كيلوجرام تربة يمكن معرفة

نسبة الإصابة بالمرض. فمثلا فى حالة بنجر السكر يؤدى وجود 2 جسم حجرى / كيلوجرام تربة فأن نسبة الإصابة في النباتات تكون 1%. درس (Beckman 1981) العلاقة بين عدد الأجسام الحجرية وبين حدوث المرض وبمعرفة الحد الحرج الاقتصادى للمرض يمكن اتخاذ قرار الزراعة فى هذه الأرض من عدمه. يمكن استخدام طرية التنبؤ المباشر للقاح الأولى لتقدير كتل البيض فى نيماتودا تعقد الجذور *Meloidygne* sp كذلك.

مرض جرب التفاح المتسبب عن الفطر *Venturia inaequalis*

قد يكون لقاح أحد الأمراض كثيفاً إلا أن الإصابة قد تتباين من موسم لآخر ويرجع ذلك إلى اختلاف تأثير الظروف البيئية على عملية حدوث المرض. والتنبؤ بهذه الأمراض يعتمد على تقدير تلك العوامل لتحديد مدى ملاءمتها لنشاط اللقاح الأولى. والمثل على ذلك هو التنبؤ بمرض جرب التفاح المتسبب عن الفطر *Venturia inaequalis* وهو فطر عديد الدورة إلا أن اللقاح الأولى عادة يكون موجوداً بكثافة كبيرة وهناك عدد محدود الدورات الثانوية. وعلى ذلك فإن اللقاح الأولى يكون هام جداً فى تكشف الإصابات الوبائية بالمرض. ويعطى التنبؤ المبنى على مدى ملائمة الظروف البيئية لفعالية اللقاح الأولى نتائج دقيقة ومناسبة.

اللقاح الأولى للفطر هو الجراثيم الأسكية المتكونة داخل الثمار الأسكية التى تعبر الشتاء على أوراق التفاح المتساقطة. عند نضج الجراثيم الأسكية فإنها تنطلق بقوة من الثمار الأسكية إذا ما صادف تلك الثمار درجة مناسبة من الابتلال. وتكون ثمار وأوراق التفاح قابلة للإصابة لفترة وجيزة. وعلى ذلك فإن الأنسجة الغضة فقط هي التي يجب حمايتها.

تستغرق الثمار الأسكية وقتاً طويلاً لكي تنضج وعلى ذلك فإن الجراثيم الأسكية تكون متاحة خلال شهر واحد إلى شهرين من فترة النمو السريع للشجرة عند حدوث الإصابة فإن الفطر لا يستوطن النسيج سريعاً إذا أن عملية الاختراق تستغرق فترة ويبقى الفطر عدة أيام فى طبقة الكيوتيكل وبذلك يمكن مكافحة المرض خلال هذه الفترة بالمعاملة بأحد المبيدات التى تتخلل الكيوتيكل ويعتمد التنبؤ بالمرض على فترة العدوى Infection period والتى تعتمد بدورها على فترة ابتلال الأوراق ودرجة الحرارة. فإذا كانت فترة ابتلال سطح الأوراق 20 ساعة عند درجة حرارة 56°ف فإن الإصابة تكون متوسطة، بينما إذا كانت درجة الحرارة 46°ف فقط فإن الإصابات تكون قليلة جداً. وعلى ذلك يستطيع المزارع أن يقدر مدى الحاجة إلى إجراء المعاملة بالمبيد في الوقت المناسب. وحديثاً أجريت تحسينات فى نظام التنبؤ بوضع أجهزة قياس دقيقة لتقدير فترات الابتلال وما يتخللها من جو جاف أو رطوبة أكثر من 90% وكذا درجات الحرارة وتتصل أجهزة القياس بكومبيوتر مبرمج يمكن أن يعطى التنبؤ بالإصابة بالمرض بدرجة

عالية من الدقة. وقد أصبح نظام التنبؤ بمرض جرب التفاح دقيقاً وشائعاً فى معظم المناطق التى تزرع التفاح لأهمية وخطورة هذا المرض.

ثانياُ: التنبؤ المبنى على اللقاح الثانوي:

يعتبر التنبؤ المبنى على اللقاح الثانوى هاماُ فى حالة المسببات المرضية التى يكون لها لقاح أولى قليل إلا أن الممرض له قدرة كبيرة على سرعة تكوين دورات من اللقاح الثانوي. عندئذ يكون الزارع فى حاجة إلى معرفة الوقت المناسب لكي يبدأ في مكافحة المرض، وفيما يلي أمثلة لبعض هذه التنبؤات.

أ - التنبؤ المبنى على أساس الظروف الجوية الملائمة للدورات الثانوية

1- مرض اللفحة المتأخرة فى البطاطا:

عرفت العلاقة بين الإصابات الوبائية لمرض اللفحة المتأخرة فى البطاطا وبين الجو البارد الرطب منذ أن دخل المرض أوربا وعلى ذلك فإن التنبؤ بالمرض يعتمد أساسه على التنبؤ بالظروف الجوية. وفيما يلي نناقش واحداُ من برامج التنبؤ ويعرف باسم Blitecast وقد نشأ وتطور هذا التنبؤ على أيدي علماء أمراض النبات بجامعة بنسلفانيا وقد جمع بين نظامين كبيرين للتنبؤ بلفحة البطاطا يعتمد الأول على تجميع قياسات عوامل الجو خلال فترة معينة لتحديد موعد أول رشة بالمبيد. واليوم المناسب لذلك هو عندما يكون متوسط درجات الحرارة خلال الأيام السابقة أقل من 25.6°س وإجمالي المطر خلال العشرة أيام السابقة 3 سنتيمتر أو أكثر. عندئذ يظهر المرض خلال 1-2 أسبوع من الظروف الجوية الملائمة. والطريقة الثانية التى أدخلت فى التنبؤ اعتمدت على الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة. فى هذا النظام قيم "الشدة Severity" تتحدد على أساس قيم الرطوبة النسبية (الأكثر من 90%) ودرجات الحرارة خلال فترات زمنية مختلفة كما يوضح الجدول التالي. علاقة درجات الحرارة المرتفعة وفترات الرطوبة النسبية المرتفعة (أكثر من 90%) بتكشف مرض اللفحة المتأخرة فى البطاطا مقدرا بقيم الشدة:

درجات الحرارة °س	فترات الرطوبة النسبية المرتفعة (<90%) بالساعات				
11.6-7.2	15-0	18-16	21-19	24-22	24
15.0-11.7	13-0	15-13	18-16	21-19	+22
26.6-15.1	9-0	12-10	15-13	18-16	+19
قيم الشدة	صفر	1	2	3	4

وعلى أساس هذا النظام فإن المرض يتوقع له أن يحدث بعد 1-2 أسبوع من بلوغ قيمة الشدة 18 وعندئذ يجب إجراء الرشة الأولى فورا، أما الرشات التالية فينصح بإجرائها بعد زيادة الشدة بثلاثة قيم إضافية.

يبدأ أخذ قراءات الحرارة والرطوبة النسبية عند ظهور 5% من النباتات وتوضع أجهزة أخذ القراءات فى وسط المجتمع النباتي حيث تؤثر المناخ المصغر على الممرض. وقد طور نظام التنبؤ حيث استخدم الحاسب الآلي الذي يحول قياسات الحرارة والرطوبة النسبية إلى توقعات بالمرحلة الحرجة التى يلزم عندها

إجراء المعاملة بالمبيد ويستطيع الزارعون الاتصال تليفونيا بالاخصائى الذى يعمل على الحاسب الآلى والذى يخبرهم بالإجراء اللازم.

ب ـ التنبؤ المبنى على أساس اصطياد اللقاح الثانوى:

اللفحة المبكرة فى الكرفس المتسبب عن *Cercospora apii*

يفيد اصطياد وعد كونيديات الفطر *C. apii* المسبب للفحة المبكرة فى الكرفس فى تحديد الوقت المناسب لإجراء المعاملة بالمبيد لإيقاف المرض ففى إحدى مناطق فلوريدا التى يزرع فيها الكرفس بمساحات كبيرة تكون الظروف الجوية ملائمة للإصابة بالمرض ويقوم الزراع بالرش بالمبيد 20–35 مرة خلال فترة النمو التى تبلغ 6 شهور Berger1969 . يربط التنبؤ بالمرض بين كثافة الكونيديات المصطادة وبين شدة الإصابة بالمرض وبالتالى عدد مرات الرش المطلوبة (جدول 2) وعلى سبيل المثال فإن التنبؤ بهذه الطريقة مكن المزارعون فى سنة 1968 من توفير 5–15 رشة مع مقاومة المرض مقاومة جيدة.

جدول (2) العلاقة بين عدد كونيديات *Cercospora apii* المصطاده يومياً وعدد رشات المبيد اللازمة أسبوعياً لإحباط مرض اللفحة المتأخرة فى الكرفس [1]

عدد الكونيديات/يوم [2]	عدد رشات المبيد/أسبوع اللازمة لإيقاف نشاط المرض
100-0	1
300-100	2
500-300	3
500>	7-3

1– البيانات مأخوذة عن Berger (1969) 2– عينة الهواء قدرها 17 قدم2/ساعة

ثالثاً: التنبؤ المبنى على كل من اللقاح الأولى والدورات الثانوية

يكون التنبؤ بالأمراض عديدة الدورة أكثر دقة إذا أخذ فى الاعتبار كل من اللقاح الأولى وكذا سرعة تكوين دورات ثانوية للمرض ونظراً لأن هذا النوع من التنبؤ يعتبر أكثر تعقيداً ويحتاج إلى قدر أكبر من المعلومات فإن معدل تقدمه بطيئاً بالنسبة للتنبؤات البسيطة. ومن الأمثلة على ذلك:

التنبؤ بأصداء فى القمح فى الولايات المتحدة الأمريكية.

لا تستخدم المبيدات فى مكافحة أصداء القمح فى وسط غرب الولايات المتحدة وذلك لقلة الأهمية النسبية للمحصول بها ومع ذلك فإن التنبؤ يفيد اقتصادياً فى معرفة المواسم التى قد يحتاج خلالها المحصول رشة واحدة، وقد تم عمل برنامج تنبؤ مبنى على التجارب للربط بين كثافة وجود الجراثيم فى الهواء وشدة الإصابة بالأصداء الثلاثة. واستنتجت معادلة تربط بين كثافة الجراثيم وطور النمو وشدة الإصابة باستخدام الانحدار المركب لتلك العوامل. وعند اختبار هذا النموذج وجد أنه يعطى تنبؤ دقيق

لشدة المرض خلال أسبوع قادم ولكنه أقل دقة فى التنبؤ لثلاث أسابيع قادمة. وقد أكد هذا النظام أهمية الحاجة إلى التقدير الدقيق للقاح والمرض ومنها التقدير عن البعد Remote detection.

متطلبات التنبؤ الجيد للمرض النباتى:

أن التنبؤ بالآفات الزراعية يمكن أن يكون معقولاً ومجدياً إذا توفرت له العوامل الأربعة الأتية:

1- يكون التنبؤ فعالا وهاما كلما كان المرض ذو أهمية اقتصادية كبيرة. إذ أن الوصول إلى تنبؤ جيد يحتاج إلى وقت وجهد الكثير من الباحثين وما يستنتج ذلك من نفقات. ولن يكون العائد الاقتصادى كبير إذا كان المحصول أو المرض قليل الأهمية.

2- يكون التنبؤ ضرورياً إذا كان المرض يظهر في حالات طارئة. اما إذا كان المرض خطيراً ويظهر بصفة دائمة فإن المزارعين يطبقون وسائل المكافحة دون انتظار أي تنبؤ.

3- يمكن الاستفادة من التنبؤ فى حالة تيسر تقنيات المكافحة فقط. مثل وجود المبيد الفطرى المناسب كما فى حالة جرب التفاح التي تتطلب توفر مبيد يمكنه التغلغل داخل الكيوتيكل ليقضى على أعضاء الاختراق قبل تكشف المرض.

4- ضرورة وجود وسائل الاتصال المناسبة لتحقيق الاستفادة القصوى من تشخيص المرض. فالتنبؤات عادة يجب أن يعقبها إجراء سريع لمكافحة المرض ويتطلب ذلك إمكانية الاتصال الهاتفى بين المزارع وجهة الاختصاص، أو أن تقوم جهة الاختصاص بالإبلاغ عن طريق الإذاعة أو التلفزيون أو من خلال شبكة المعلومات.

أجهزة الكترونية متطورة للتنبؤ بالامراض والحشرات

تتلخص الية عمل هذه الاجهزة واهميتها وفائدتها ونتائج استخدامها في كونها تسيطر الى حد كبيرعلى مشاكل التلوث بالمبيدات الزراعية واثرها المتبقي في المواد والحاصلات الزراعية التي تقف وراء العديد من المشاكل الصحية الخطيرة التي تنتشر في الكثير من بلدان العالم. فكما هو معروف ان الحد من الاثر المتبقي للمبيدات المستخدمة على الحاصلات الزراعية وانتاج زراعي نظيف خال من المبيدات يتطلب ترشيدا و توقيتا دقيقا لاستخدام المبيدات و القضاء نهائيا على ظاهرة الاستخدام العشوائي السائدة في اغلب الدول النامية واتباع مبدأ الادارة المتكاملة والآمنة لمختلف الآفات المرضية و الحشرية مما يتطلب المتابعة الحقلية المستمرة في مختلف الضروف و الأوقات ونظرا لصعوبة التحديد الدقيق لموعد ظهور الآفات واختلاف الظروف البيئية يتم ادخال اجهزة الكترونية متطورة لرصد المعطيات البيئية حقليا ونقل هذه المعطيات بصورة بيانات رقمية لأجهزة معالجة الية عاليا الدقة تقوم بتحليلها بناءا على المتطلبات البيئية للآفات الوبائية المستهدفة كل على حدة والتنبؤ بموعد ظهورها بمستوى عال من الثقة و الدقة.

الية عمل الجهاز:

الجهاز مزود بمجموعة من الحساسات ترصد الاحوال الجوية المختلفة:

1. حرارة الجو
2. حرارة التربة
3. الرطوبة النسبية
4. رطوبة التربة
5. فترة تبلل الاوراق
6. طول فترة الاضاءة
7. شدة الاضاءة
8. سرعة واتجاه الرياح
9. كمية الهطول المطري
10. طول فترة وشدة الإشعاع الشمسي .....وغير ذلك

ويقوم الجهاز بأخذ القراءات من كافة الحساسات كل 5 دقائق ويعطيها بشكل متوسط كل ساعة واحدة كما يحولها الى معدلات يومية كذلك.

يخزن الجهاز كافة البيانات والمعلومات على لوحته الالكترونية وله القدرة على حفظ هذه البيانات لمدة 12 شهرا. من الشركات العالمية المعروفة بأنتاج الأنواع المتطورة من هذه الأجهزة:

ADCON TELEMETRY, CAMPBELL SCIENTIFIC, CASELLA, PESSL

تحليل البيانات:

يقوم المعالج الكتروني في هذه الأجهزة بجمع المعطيات التي تقرئها الحساسات بشكل دائم وتحويلها الى بيانات على البرامج الأكترونية المحملة على الجهاز.

وبعد ذلك يقوم االجهاز بتحليل هذه المعطيات وفق التطبيقات الالكترونية الخاصة بالتنبؤ لكل آفة من الآفات المستهدفة حيث يستطيع التنبؤ بظهور الآفة وتحديد المبيد المناسب لمواجهتها او منع ظهورها وارسال هذه البيانات بموجب رسائل الكترونية تحذيرية الى الجهات والمزارعين المشمولين بهذه الخدمة على البريد اللألكتروني او الهواتف المحموله للمعنيين بهدف اتخاذ او تنفيذ التوصيات بأسرع وقت ممكن لتفادي الأصابة او تقليل ضررها الى الحد الأدنى.

وكذلك الحال بالنسبة للتنبؤ بالاصابات الحشرية عن طريق تحديد موعد ظهور الحشرة وموعد وضع البيض وفقسه بأستخدام تقانة درجات الحرارة التراكمية التي تم التطرق اليها سابقا وبالتالي تحديد المبيدات المناسبة والوقت المناسب للمعاملة بها.

مع الاشارة الى أن الجهاز يأخذ الطاقة اللازمة لعمله من بطارية تعمل وتديم عملها بالأستفادة من الطاقة الشمسية وتكفي لعمل الجهاز لمدة عام كامل وهو مصمم للعمل في عوامل الطقس القاسية من صقيع وحرارة عالية جدا او منخفضة وله القدرة على العمل في مجال حراري من – 30 م^{0} الى + 60 م^{0} ومقاوم للامطار.

وكأمثلة تطبيقية على أهمية هذه الاجهزة في تطوير مبدأ الادارة المتكاملة والحد من الاستخدام العشوائي للمبيدات قامت وزارة الزراعة السورية باستيراد ونصب 3 أجهزة من هذا النوع في مناطق زراعة التفاحيات في حمص من أجل التنبؤ بمرض جرب التفاح المتسبب عن الفطر *Venturia inaequalis* وتم تشغيلها واستخدامها لهذا الغرض خلال موسم 2005 وكانت نتائج استخدام هذا الجهاز كالأتي:

1. التنبؤ بموعد ظهور الاصابة
2. تحديد الموعد المناسب للرش
3. تحديد نوع المبيد المراد استخدامه
4. خفض عدد الرشات الى رشتين فقط
5. نسبة الاصابة بالجرب تقريبا مماثلة للحقول المجاورة التي رشت أكثر من 4 – 6 رشات كما وتم استخدام هذا الجهاز في التنبؤ بمرض اللفحة على البطاطا واعطى نتائج ممتازة واستخدم كذلك لرصد وظهور دودة ثمار العنب من حيث تحديد فترة ظهور الحشرة وعدد الاجيال وتاريخ بدء المكافحة واختيار المبيد المناسب واعطى نتائج ممتازة وذلك من خلال البيانات الحرارية التراكمية الخاصة بالحشرة.