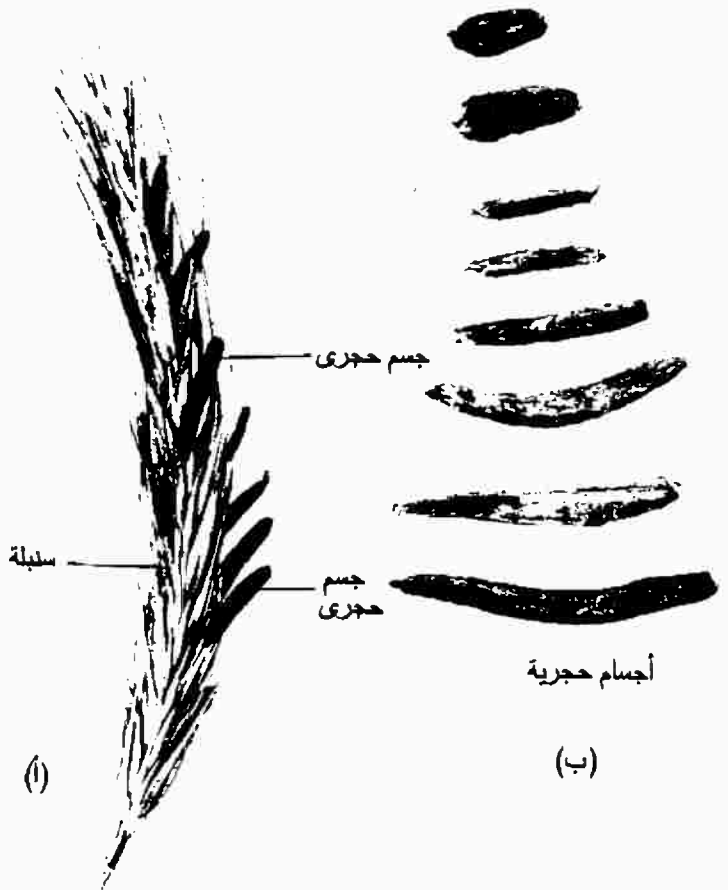
الباب الحادى العاشر

الأوبئة النباتية

نبذة تاريخية عن الأوبئة النباتية :

لقد سببت الأوبئة النباتية أضرار جسيمة للبشرية على مر السنين ويوجد أمثلة كثيرة لذلك وفيما يلى بعض منها.

يعتبر مرض الأرجوت ergot فى الراى من الأوبئة النباتيه الخطيرة فى القرون الوسطى حيث أن الفطر *Claviceps purpurea* المسبب للمرض يكون فى مكان الحبة جسم حجرى (شكل ٦٥) sclerotium غامق اللون يحتوى على مركبات القلويدات alkaloids وهى شديدة السميه للانسان والحيوان ومنها مركب ergotamine ومركب ergometrine . وقد سبب هذا المرض عذاباً أليماً للجنس البشرى فعند صناعة الخبز من حبوب الراى يختلط معها الأجسام الحجريه وبذلك يصبح الخبز ملوث بالمركبات السامه فعند تغذية الانسان على هذا الخبز يصاب بمرض ergotism الأرجوتزم. وأعراض هذا المرض فى الانسان هى فساد وتحلل الأنسجة العصبية وينتج عنها الشلل وضعف الدورة الدموية بدرجة شديدة مما ينتج عنه حدوث الغرغرينا لأصابع اليدين والقدمين وتموت وتسقط وقد يسقط الذراع كله وقد يصبح الانسان كسيح وقد يؤدى ذلك إلى موت الانسان والحيوان. وشكراً لله لأن هذا الوباء الرهيب الذى كان منتشراً فى القرون الوسطى أصبح نادر الحدوث الآن بعد تقدم علم أمراض النبات ومعرفة دورة حياة مسبب المرض وبالتالى أمكن تلافى ضرره ومقاومته. ومما هو جدير بالذكر أن هذا المرض كان سبب مباشر فى هزيمة الروس أمام الأتراك سنة ١٧٧٢ فقد تقدم الجيش الروسى صوب الجنوب لإحتلال مضيق الدردنيل لإجبار الأتراك للسماح للروس



(شكل ٦٥) : مرض الأرجوت

(أ) سنبلة نبات راى مصابه بمرض الأرجوت وبها أجسام حجرية.

(ب) أجسام حجرية مختلفة الأشكال والأحجام.

للمرور عبر المضيق والخروج إلى البحر الأبيض المتوسط وفى أثناء مرور الجيش الروسى فى دلتا نهر الفولجا عند استراخان فقد قام الجنود بصنع الخبز من الراى النامى فى هذه المنطقة ولسوء الحظ كان الراى مصاب بمرض الأرجوت وعند تغذية الجنود على هذا الخبز حدث للكثير منهم مرض الأرجوتزم وعند تغذية الجياد على قش الراى المصاب فقد أصيبت ونفق كثير من الجياد وبذلك تأثر الجيش كما ساد روح اليأس والهزيمة فى أفراد الجيش الغير المصابون الأصحاء وهكذا خسر بيتر Peter الكبير قائد الجيش الروسى المعركة فى ربيع سنة ١٧٧٢ وذلك نتيجة لجهل أفراد الجيش بهذا المرض وتقهقر الجيش الروسى إلى قواعده وفشل فى إحتلال الدردنيل.

يعتبر مرض اللفحة المتأخرة فى البطاطس من الأمراض الوبائية الهامة فقد أثر كثيراً فى دخل الفرد فى دول أوربا مثل فرنسا وايطاليا والنمسا والمجر وذلك فى السنوات من ١٨٤٠ حتى ١٨٤٥ إلا أن تأثير ذلك كان مخيف فى إيرلنده حيث سبب هذا المرض المجاعه الشهيره وقد نتج عنها موت حوالى ٤/٣ مليون مواطن إيرلندى فى سنة ١٨٤٥ كما أن مليونا آخرين ماتوا نتيجة المجاعة وسوء التغذية خلال خمسة عشر عاماً تالية وفى خلال تلك الفترة هاجر ما يقرب من مليونى إيرلندى إلى الولايات المتحدة الأمريكية. وفى روسيا أثر المرض كثيراً على دخل المواطنين وزاد من فقرهم وبؤسهم وكان له دور فى تشجيع ظهور أنظمة وأفكار جديدة للحكم فقد كان ذلك بيئة مناسبه لظهور وتشجيع إنجلز Engels وكارل ماركس. وسبب ذلك الوضع الاقتصادى المتدهور سقوط لويس فيليب فى فرنسا وتشكيل حكومات جديدة فى كل من ايطاليا والنمسا والمجر وذلك فى سنة واحدة ١٨٤٨.

وفى العصر الحديث يعتبر مرض البقعة البنية فى الأرز من الأمراض الوبائية التى سببت مجاعة البنغال سنة ١٩٤٣ وموت سكانها. فقد وصف المراسلون أن كثير من السكان ومنهم الأطفال يعانون من نقص حاد فى التغذية وأنهم فى حالة ضعف تام وغير قادرين على الحركة وقد ينتهى الأمر بهم إلى الموت وذلك على جوانب الطرقات ولم يمكن إنقاذهم من المجاعة حيث أن ذلك كان أثناء الحرب العالمية الثانية ولم يمكن إمدادهم عن طريق بورما لأنها كانت تحت سيطرة الجيش اليابانى. كما أن الجيش الانجليزى كان يحارب وخلفه سور

الصين العظيم لذلك كان التموين الغذائى صعب أو متوقف وذلك مما ساعد فى زيادة عدد الضحايا. إلا أنه لحسن الحظ لم تتعد المجاعة سنة ١٩٤٣ حيث أن الظروف الجوية فى سنة ١٩٤٤ لم تكن ملائمة لحدوث المرض وكان إنتاج الأرز وفير فى سنة ١٩٤٤ وبذلك فقد أنقذ شعب البنغال من المجاعة فى هذه السنة نتيجة للظروف البيئية الغير ملائمة للمرض.

حركيات إنتشار الجراثيم فى الهواء Kinetics of spore dispersal by air :

تنتشر الغالبية العظمى من جراثيم الفطريات بالهواء. تفيد دراسة حركيات إنتشار هذه الجراثيم فى دراسة الأوبئة النباتيه. تحتوى بعض عينات من الهواء على مائة ألف جرثومه لكل متر مكعب وأحياناً يكون عدد الجراثيم مائتى ألف جرثومه لكل متر مكعب. يتذبذب عدد الجراثيم فى الهواء تبعاً للظروف البيئية ولكن عادة يكون كبير بعد سقوط الأمطار.

يمكن عد وفحص الجراثيم فى الهواء بواسطة استعمال مصيدة هيرست للجراثيم Hirst automatic volumetric suction trap . يمكن عن طريقها شفط كمية ذات حجم معلوم من الهواء ويمرر على شريحة زجاجية مغطاه بطبقة لزجه من الجلسرين أو جيلى بترولىpetroleum jelly . تلتصق الجراثيم على الشريحة وتفحص وتعد بإستعمال الميكروسكوب. يمكن استعمال طرق أخرى أقل دقة وذلك بتعريض شريحة زجاجية مغطاه بماده لزجه للهواء لمدة معينه قد تكون يوم كامل ثم تفحص وتعد الجراثيم بإستعمال الميكروسكوب. وفى طريقه أخرى يمكن استعمال طبق بترى مكشوف به بيئة مغذية وبعد فترة يمكن فحص الطبق وعد الجراثيم أو المستعمرات الفطرية الناتجة. تعتبر الطريقتين الأخيرتين غير دقيقتين حيث يجرى عد الجراثيم الساقطة فقط وليست الجراثيم الموجودة فى حيز معين.

تسقط الجرثومه من أعلى إلى أسفل فى حالة الهواء الساكن تماماً still air تحت تأثير الجاذبية الأرضية. يمكن حساب سرعة سقوط الجرثومة بواسطة قانون ستوكس Stokes'law وهو يستعمل لحساب سرعة سقوط الأجسام الكروية الصغيرة فى سائل لزج. وفيما يلى شرح لقانون ستوكس.

$$V = \frac{2}{9} \cdot \frac{o - P}{u} \cdot gr^2$$

V= سرعة السقوط سم لكل ثانيه.

o = الكثافة وهى عبارة جم لكل سم٣ وهى ١ للماء وتعتبر تقريباً ككثافة الجراثيم هى ١ .

P = كثافة الوسط أى الهواء وهى ١,٢٧ × ١٠-٣ جم/سم٣.

g = قوة الجاذبية الأرضية وهى ٩٨١سم/ثانية٢ .

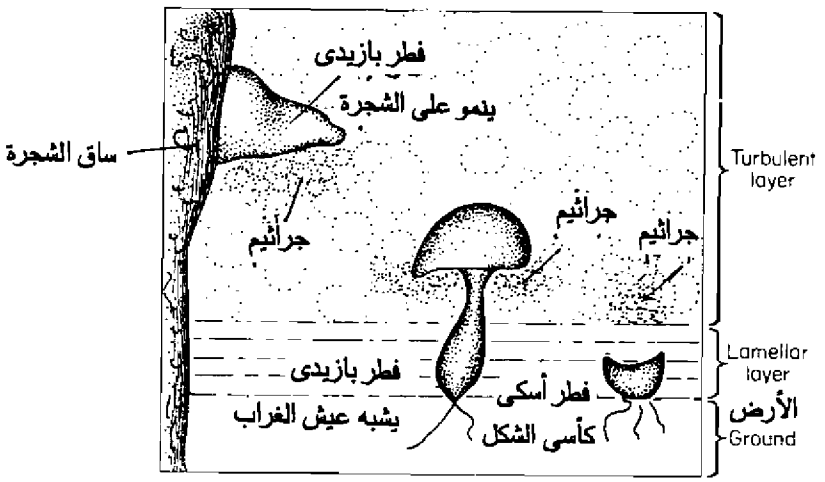
u = لزوجه الوسط أى الهواء وهى ١,٨ × ١٠-٤ جرام/سم٢ فى درجة حرارة ١٨° مئوية.

r = طول نصف القطر للجرثومه بالسم.

وجد أن سرعة سقوط الجراثيم تتراوح بين ٣, إلى ٢,٧٨ سم لكل ثانية وعادة تكون حوالى ١سم لكل ثانيه. تؤثر خشونة سطح الجرثومة وعدم تماثلها فى الشكل ووزنها ورطوبة الجو النسبية على سرعة السقوط.

يعتبر وجود طبقة من الهواء الساكن تماماً still air غير موجود فى الطبيعة ولكن يمكن أن توجد طبقة رفيعة جداً منه على سطح التربة. يوجد أعلى هذه الطبقة طبقة أخرى من الهواء سمكها حوالى ١مم وهى متحركة وموازية فى حركتها لسطح التربه وتسمى بالطبقة المسطحة lamellar layer . يمكن أن يتغير سمك هذه الطبقة تبعاً لسرعة الهواء وطبوغرافية سطح التربة فتكون رفيعة فى حالة زيادة سرعة الهواء وتكون سميكه فى الهواء الهادئ. يوجد طبقة الهواء المتحرك turbulent layer أعلى الطبقة السابقة وهى طبقة متحركة غير مستقرة ويمكن أن تكون حركتها فى إتجاهات عديدة أو مختلفة وهى تشمل الطبقة الرئيسية من الهواء (شكل ٦٦) .

سرعة السقوط الحقيقية للجراثيم وسرعة إنتقالها من مكان إلى آخر يتوقف على مدى ودرجة تأثير الجاذبية الأرضية عليها وعلى سرعة واتجاه الهواء أو الريح. تتوقف سرعة سقوط الجرثومة من أعلى إلى أسفل فى الطبقة المسطحة من الهواء على مقدار الجاذبية الأرضية ولكن تتوقف سرعة إنتقالها من مكان إلى آخر على سرعة سقوطها وسرعة هواء الطبقة المسطحة. يمكن أن تحمل الجرثومة إلى أعلى وجانبياً وذلك بواسطة تيارات الهواء فى طبقة الهواء المتحرك يمكن أن تبقى الجرثومة معلقة فى هذه الطبقة لمدد كبيرة أو إلى الأبد.



(شكل ٦٦) : إنتشار وانتشار جراثيم الفطريات المختلفة فى طبقات الهواء المختلفة .

إنتشار الجرثومة فى الهواء المتحرك قد يستمر ساعات أو أيام أو سنين ويمكن أن تتحرك لمسافات كبيرة قد تصل إلى مئات الأميال . وجد فى دراسة على إنتشار مرض صدأ القمح فى أمريكا أنه قد تتجمع سحابه من جراثيم يوريديه للفطر المسبب للمرض فوق حقول قمح مصابه فى جنوب المسكيك فتحملها الرياح شمالاً فإذا سقطت أثناء ذلك على نباتات قمح قابلة للإصابة فإنها تحدث عدوى وينتج عن ذلك تضاعف لأعداد الجراثيم وتنتقل هذه الجراثيم

بواسطة الرياح شمالاً ويتكرر ذلك أثناء الموسم حتى تصل الجراثيم اليوريديه إلى مناطق زراعة القمح فى كندا فتصيبها بمرض الصدأ. وجد أن هذه الرحلة من جنوب المكسيك إلى كندا ومسافتها حوالى ثلاث آلاف كيلو متر تستغرق ما يقرب من شهرين. تحدث هذه الحالة سنوياً بواسطة الرياح وينتج عنها إصابة محصول القمح ونقص محصوله فى جميع أنحاء القارة الأمريكية. وجدت أيضاً جراثيم صدأ الساق على إرتفاع ١٤ ألف قدم فى الحقول المصابة. وجدت جراثيم فطريات أخرى على إرتفاع كبير فوق سطح البحر على مسافة ٦٠٠ ميل من الشاطئ. وقد أجريت دراسة فى هذا الصدد فى مصر خلال شهر مارس فوجد أن الجراثيم اليوريديه للصدأ توجد بكثرة فى منطقة الوجه البحرى على إرتفاع يزيد على ألف قدم. تستخدم الطائرات المزودة بشرائح زجاجيه عليها مادة لزجه أو بمصائد للجراثيم لتحديد مدى إنتشار الجراثيم فى الارتفاعات المختلفة.

وفى عائلة الإصداء pucciniaccae فإن الجراثيم الأسيدية تتبادل مع خلايا عادية فاصلة تتكون فى ترتيب دقيق فى سلاسل داخل الوعاء الأسيدى وبعد تحلل الخلايا الفاصلة فإن الجراثيم الأسيدية تصبح متصلة معاً بواسطة البقايا اللزجه. وتكون الجراثيم معبأة فى زحام شديد وكل منها تكون مضلعه نظراً لتعرضها للضغط نتيجة التزاحم. وفى الجو الرطب تمتص الجراثيم الماء وتصبح بيضاوية خصوصاً فى الأجزاء الخارجية من الوعاء الأسيدى وهذه الجراثيم تصبح كروية فجأة وتقذف خارج الوعاء الأسيدى فرادى أو فى مجموعات ومن ثم تنتشر بواسطة الرياح التى هى العامل المحلى لنشر الجراثيم الأسيدية لفطريات الإصداء والتى تتكون على العائل المتبادل من نباتات ذات الفلقتين وفى النهاية تنتقل لتحدث العدوى لنباتات القمح الصغيرة.

تنتشر الجراثيم اليوريدية الناضجة للفطر بكسينيا جراميئيس *Puccinia graminis* بواسطة الرياح التى تعمل على نشرها محلياً مثلها فى ذلك مثل أنواع أخرى من جراثيم الفطريات الممرضة للنباتات وكما سنبين فيما بعد فأن الظروف البيئية تكون ملائمة فى أمريكا حيث تنتشر الجراثيم اليوريدية إلى مسافة ٦٠٠ ميلاً بواسطة الرياح.

وقد درست المسافة التى تقطعها الجراثيم اليوريدية للفطر بكسينيا جراميتيس بواسطة العالمين ستاكمان وهرار عام ١٩٥٧ . وقد أثبتا أن اللقاح المعدى للإصابة الأولية لمرض صدأ الساق فى القمح قد يكون عبارة عن جراثيم يوريدية بقيت حية بعد قضاء فترة الشتاء أو جراثيم أسيدية من أشجار نباتات الباربرى القريبة. ويكون الفطر جراثيمه التيليتية فى بعض الأماكن القريبة من كندا ويتبع ذلك أن بعض نباتات الباربرى تكون اصابتها ضعيفة وينتج عنها كميات ضئيلة نسبياً من الجراثيم الأسيدية. وفى مناطق عديدة من نطاق زراعة القمح فى شمال أمريكا وحيث تم القضاء تقريباً على نباتات الباربرى يكون هناك عدداً بسيطاً نسبياً من الجراثيم اليوريدية التى يمكنها أن تقاوم انخفاض حرارة الشتاء فى المناطق الشمالية ولذلك يظهر بوضوح أهمية الجراثيم اليوريدية التى تأتى من المناطق الجنوبية لنطاق زراعة القمح حيث يظهر أنها هى المصدر الرئيسى للقاح المعدى وهذه النظرية صحيحة ومؤيدة بالأدلة القوية. ففى عام ١٩٣٤، ١٩٣٥ ظهر التأثير الواضح والأهمية الكبرى لدور الرياح كعامل مهم فى انتشار مرض صدأ الساق فى القمح. وقد عزى الانتشار الفجائى الوبائى للمرض عام ١٩٣٥ إلى تحركات من الشمال إلى الجنوب للجراثيم اليوريدية فى فصل الخريف فى عام ١٩٣٤ وحيث أن الجراثيم اليوريدية شديدة الحساسية للحرارة والجفاف فى فصل الصيف فى مكسيكو وتكساس فقد تحدث إصابة بسيطة للقمح الشتوى فى الخريف ولكن أحياناً كما حدث فى عام ١٩٣٤ فإن الرياح الآتية من الشمال حملت اللقاح المعدى من الجراثيم اليوريدية إلى تكساس ومكسيكو حيث أصيبت نباتات القمح الشتوى الصغيرة السن ثم حدث سقوط للأمطار غير عادى فى شهر مايو ١٩٣٥ فى تكساس أدى إلى تأخر فى نضج المحصول وإلى إصابة غير عادية من الصدأ، وفى يومى ١١، ١٢ مايو ١٩٣٥ تحركت كتلة هائلة من الهواء شمالاً من جنوب تكساس ويوم ١٣ مايو كانت هناك تحركات لكتل هوائية فى الاتجاه الشمالى الشرقى من غرب تكساس إلى ميسورى وفى اليوم التالى أمكن الحصول على الجراثيم فى مصائد الجراثيم (شرائح زجاجية مغطاة بالفازلين) فى نبراسكا. وأوضح ظهور وتقدم الإصابة بالمرض بعد ذلك أن الجراثيم سقطت فى ذلك الوقت تقريباً فى كل من أوكلاهوما وكانساس. ومن يوم ٢٤ مايو إلى ٢٦ مايو كانت هناك تحركات لكتل الهواء الضخمة من تكساس إلى الشمال وأمكن اصطياد الجراثيم فى ذلك الوقت فى north داكوتا

على بعد ألف ميل من مناطق عديدة من شمال ووسط الولايات المتحدة مما أتاح لمرض صدأ الساق بالإنتشار والنمو السريع كنتيجة لوجود لقاح معدى إما محليا أو آتياً من مسافات بعيدة محمولة بواسطة الرياح.

وانتقال الجراثيم اليوريدية المحمولة بواسطة الرياح من الشمال إلى الجنوب فى فصل الخريف ومن الجنوب للشمال فى فصل الربيع والصيف التاليين كان هو مصدر الإصابة الأولية لمرض صدأ الساق فى القمح. وكانت التحركات غير العادية للهواء بالإضافة إلى ظروف الرطوبة والبرودة سبباً فى تأخر نضج المحصول ساعدت على الظهور الوبائى المفاجئ للمرض فى عام ١٩٣٥ فى الولايات المتحدة. وفى جمهورية مصر العربية حيث لاتوجد نباتات الباربرى وبالرغم من ذلك تتجدد الإصابة بمرض صدأ الساق فى القمح إذن لابد أن الجراثيم الأسيدية أو اليوريدية تصل إلى مصر بواسطة الرياح من المناطق الشمالية كتركيا وقبرص وسوريا أو من الجنوب كالحبشة وكينيا والصومال والدليل على صحة ذلك هو أن السلالات الفسيولوجية للفطر واحدة فى المناطق المذكورة وإذا حدث وباء من إحداها يظهر فى كل هذه المناطق.

يتضح أن فطريات التربة والتى تنتشر جراثيمها بالهواء تكون مدعمه بطرق أو ميكانيكيه معينة لقذف الجراثيم إلى طبقة الهواء المتحرك لكى يحدث إنتشار الجراثيم بطريقة فعالة.

يمكن أن تستقر الجراثيم على السطوح نتيجة لاصطدامها بالأشجار والنباتات أو نتيجة لسقوطها للتجاذب الألكتروستاتيكى حيث يمكن أن تكون الجراثيم ذات شحنات موجبه أو سالبه ويحدث تجاذب بينها وبين الوسط المخالف فى نوع الشحنه.

تقدير إنتشار المرض حسابياً :

يمكن تقدير انتشار حالات الأمراض المختلفة بإستعمال بعض المعادلات والتى تفيد أيضاً فى قياس حالات الأوبئة النباتيه ومثال ذلك المعادلة الآتية :

$$X = X_o^{ert}$$

وحيث أن :

X= نسبة المرض فى وقت معين

X_o= كمية اللقاح المسببة للمرض

r= سرعة إنتشار المرض

t= الوقت اللازم لحدوث الإصابة

e= عبارة عن قاعدة أو أو أصل اللوغاريتم الطبيعى

يتضح من المعادلة السابقة أن العامل المحدد للفائدة أو الربح هوr. يعطى العامل r فكرة عن سرعة حدوث الأوبئة النباتيه. يمكن إستعمال العامل r لمقارنة الأوبئة النباتيه للمرض الواحد فى مناطق مختلفة أو أصناف مختلفة. يمكن إستعمال r للمقارنة بأخذ اللوغاريتم فى المعادلة السابقة.

$$\log e^{X} = \log e^{X}o + rt$$

$$rt = \log e^{X} - \log e^{X}o$$

$$r = \frac{1}{t} \log e \frac{x}{x_o}$$

يمكن تقدير قيمة r فى أى وقت أثناء حدوث الأوبئة. ولتقدير قيمة r فى هذه المعادلة لابد من وجود قيمتين أو تقديرين assessments للمرض فى زمنين متتاليين وذلك لحساب سرعة حدوث المرض فى هذه الفترة. ولذلك فإن التقدير أو القياس الأول للمرض هى x_1 والزمن t_1 والتقدير الثانى للمرض x_2 والزمن t_2 . تبعا لذلك يحسب متوسط سرعة حدوث الاصابة بالمعادلة التالية :

$$r= \frac{1}{t_2-t_1} \log e \frac{x_2}{x_1}$$

يمكن تطبيق ذلك على مرض البياض الدقيقى فى القمح أو الشعير. قدرت درجة المرض فى المحصول بعد ٤٥ يوم من الزراعة بالنسبة ٠,٥٪ وقدرت بعد ٥٥ يوم من الزراعة بالنسبة ٣,٥٪.

ولذلك x_1 = ٠,٠٠٥

و x_2 = ٠,٠٣٥

و $t_1 - t_2 = ١٠$

ولذلك $r = \frac{1}{10} \log e \frac{٠,٠٣٥}{٠,٠٠٥} = ١٩٤,$

ولذلك، متوسط حدوث الاصابة فى العشرة أيام المذكوره هو ١٩٤, وحده.

شدة الاصابة بالمرض:

يمكن قياس شدة الاصابة بالمرض disease severity فى حالات الأوبئة النباتيه بالمعادلة الآتية:

شدة الاصابة بالمرض = كمية اللقاح الفعال × درجة الاصابة بالمرض

disease potential x inoculum potential = disease severity

شدة الاصابة بالمرض = (تركيز اللقاح × درجة الفاعلية للقاح) × (مدى توفر الظروف المشجعة لحدوث المرض × درجة قابلية النبات للاصابة بالمرض)

شدة الاصابة بالمرض = (susceptibility x proneness) x (capacity x inoculum density)

تعتبر كمية اللقاح الفعال من أهم العوامل فى إنتشار المرض وحدوث الأوبئة. تعتبر كمية اللقاح فقط غير مؤثرة فى حدوث الأوبئة بل يلزم أيضاً تقدير مدى حيوية اللقاح أى درجة فاعليته بمعنى أن عدد الجراثيم فى الفطر المطلق غير مؤثر حيث يمكن أن يتكون اللقاح من

عدد كبير من الجراثيم ولكن كلها أو جزء كبير غير حيوى أو غير مكتمل النضج أو تأثر بظروف بيئية غير مناسبة ففقد حيويته بينما لقاح به عدد قليل من الجراثيم ولكنها ذات حيوية عاليه فيكون هذا اللقاح أكثر فاعلية. يمكن أيضاً إستعمال حالة الديماتود لتفسير ذلك فاليرقات الحديثة الناتجة من فقس البيض تكون أكثر كفاءة فى حدوث العدوى عنه فى حالة اليرقات التى أمضت وقت كبير فى التربة وفقدت كثير من طاقتها المختزنة حيث أثناء حركة اليرقات فى التربة لمدة طويلة للبحث عن النبات العائل تستهلك اليرقة الدهون المختزنة ومصدر الطاقة ويحدث لها ضعف ويمكن أن تفقد قدرتها على دفع الرمح داخل النبات ولذلك فإنه فى هذه الحالة فإنه يمكن أن يكون عدد اليرقات كبير ولكن كفاءته أو قدرته فى حدوث العدوى منخفضة. يلزم لحدوث الأوبئة النباتيه توفير تركيز عال من اللقاح وأيضاً حيوية وفاعلية مرتفعة لوحدات اللقاح.

تعتبر درجة الإصابة بالمرض نتيجة لعاملين أحدهما مدى توفر الظروف المشجعة لحدوث المرض مثل وجود ظروف بيئيه غير مناسبه للنبات مثل وجود تربة فقيره فى العناصر الغذائية أو عدم الاهتمام باعطاء جرعات مناسبة من الأسمدة ووجود طور النبات القابل للإصابة إلى آخره من العوامل. يعتبر العامل الثانى المحدد لذلك هو درجة القابلية للإصابة وهى محدده بواسطة العوامل الوراثيه للنبات حيث يكون النبات خال من جينات المقاومة ويحتوى جينات القابلية للإصابة. ولذلك لحدوث الأوبئة النباتيه يجب توفر هذين العاملين حيث يمكن أن تتوفر كل العوامل السابقة ولكن يكون النبات فى طور غير قابل للإصابة فلا تحدث الحالة الوبائية للمرض.

تتحكم العوامل السابقة فى حدوث الأوبئة فعند توفرها تحدث الحالة الوبائيه للمرض ولكن عند عدم توفر عامل أو أكثر فيسبب ذلك خفض فى شدة الاصابة ولاتحدث الحالة الوبائية للمرض.

تحليل الأوبئة النباتيه Analysis of epidemics :

يحدث المرض نتيجة للتفاعل بين العائل والطفيل والظروف البيئية فى مدة زمنية. يعتبر عامل الزمن هام فى تحليل الأوبئة النباتيه حيث أن الظروف الجويه مثل درجة الحرارة والرطوبة والضوء تتغير فى اليوم الواحد. تعتبر الظروف الجويه ملائمة أو غير ملائمة لحدوث المرض وهى تتغير من فترة إلى أخرى وفى كل فترة يكون لها تأثير مناسب أو غير مناسب أو متوسط فى حدوث المرض. ولذلك عد تحليل أهمية الظروف الجويه فى حدوث الأوبئة يجب تقسيم مدة حدوث الوباء إلى فترات معينة كل فترة ٣ ساعات 3-hour slices وبذلك يمكن تقسيم اليوم الواحد إلى ثمان فترات. وفى حالة حدوث الأوبئة يمكن أن يكون لمدة مائة يوم ولذلك يكون لدينا ٨٠٠ فترة 800 segments of time . يدرس فى كل فترة حالة الجو ولذلك يوجد ٨٠٠ قياس لحالة الجو خاصة بدرجة الحرارة و٨٠٠ قياس لحالة الجو خاصة بالرطوبة النسبية و٨٠٠ قياس خاصة بالأمطار و٨٠٠ قياس خاصة بالضغط الجوى و٨٠٠ قياس خاصة بسرعة الرياح واتجاهها إلى آخره.

يمكن تطبيق ذلك على الطفيل ويلزم لذلك أيضاً تجزئة دورة حياة الطفيل والمتعلقة مباشرة بالأوبئة النباتيه ومثال ذلك إنتشار وسقوط الجراثيم أو اصطدامها بسطح النبات العائل ونسبة إنبات الجراثيم ودرجة تكون عضو الإلتصاق إن وجدت وكيفية وتعداد إختراق الطفيل للنبات وسرعة تكون البثرات وكفاءة التجرثم وتكوين الحوامل الكونيديه أو الجرثوميه على سطح العائل. يمكن القول أنه يوجد على الأقل ٨ متغيرات متعلقة بالطفيل وثمان متغيرات متعلقة بالظروف الجوية على مدى مائة يوم مجزئة إلى فترات لمدة ثلاث ساعات ولذلك يكون عدد التفاعلات interactions بين هذه المتغيرات هى ٨ × ٨ × ٨٠٠ = ٥١٢٠٠. ينتج من تحليل هذه التفاعلات وجود ٥١٢٠٠ رقم. لايمكن تحليل هذه المتغيرات إلا باستعمال الحاسب الإليكترونى computer . حيث يمكنه تحليل هذه التفاعلات بدون أى أخطاء without error ويتم ترتيبهم على أساس درجة الفاعلية ويتم رسم منحنى للوباء للمرض فى فترة الدراسة.

يعتبر إستعمال الحاسب الآلى سريع ودقيق ورخيص. حيث يتم تجميع البيانات وتبسيطها وتوضع فى صورة ثقوب على كروت punch cards حيث توضع البيانات الخاصة بالظروف الجوية فى الحاسب الألكترونى fed to the copmuter on punch cards ثم توضع البيانات الخاصة بالطفيل على كروت مثقوبة ويتم وضعها فى الحاسب الألكترونى تبعاً لبرنامج الحاسب الألكترونى programming . تبعاً لذلك يمكن سؤال الحاسب الألكترونى أسئلة خاصة ويقوم بالإجابة عليها the computer can be commanded to answer any question متعلقة بالحالة الوبائية للمرض. وضع المتخصصون فى أمراض النبات برامج للحاسب الآلىmathematical models لتحليل حدوث الأوبئة النباتيه ومثال ذلك البروجرام والموديل الحسابى EPIDEM .

يعتبر الحاسب الآلى أداة حاسبة فقط ويحتاج إلى خبرة كبيرة من الشخص القائم بتشغيله والقائم بوضع البرامج programming . فإذا كان البرنامج مصمم بطريقة سليمة فإن الجهاز سيعطى بيانات سليمة ومفيدة فى الموضوع تحت الدراسة ولكن فى حالة نقص المعلومات أو عدم دقتها أو عدم وضعها فى برنامج بطريقة سليمة فإن إجابات الحاسب الآلى ستكون غير مفيدة أو غير سليمة. يجب أيضاً الأخذ فى الاعتبار أن طريقة وضع السؤال تحتاج إلى كفاءة حيث يتوقف عليها مدى الحصول على اجابة سليمة.

الاستشعار عن بعد Remote Sensing :

يعتبر التصوير من طبقات الجو العليا aerial photography ذو فائدة كبيرة لتصوير مساحات كبيرة وللتعرف على نشوء ومدى سرعة إنتشار الأوبئة. إتضح أن إستعمال التصوير بالألوان panchromatic colour وخاصة التصوير الجوى بإستعمال الأشعة تحت الحمراءinfrared aerial photography ذو فائدة كبيرة للتعرض على الاصابة ببعض الأمراض النباتيه مثل أصداء وفيروسات القمح والشعير واللفحه المتأخرة فى البطاطس وبعض أمراض الموالح. يعتبر الاستشعار عن بعد بواسطة إستعمال التصوير الجوى ذو فائدة كبيرة فى حصر كثير من الأمراض النباتيه.

يفيد إستعمال درجات مختلفة متوافقة من الأفلام والمرشحات Film / Filter combinations . يستعمل فى بعض الأحيان فى آن واحد اثنان أو أكثر من هذه التوافيق لعمل التصوير الجوى multiband photography or multispectral remote sensing تكون الأفلام المستعملة فى التصوير panchromatic, infrafed, normal colour وتفضل الأفلام تحت الحمراء لحساسيتها الزائدة للضوء المنظور وللضوء القريب من الأشعة تحت الحمراء حيث يتراوح طول الموجه بين ٧٠٠ إلى ٩٠٠ نانومتر. تعتبر الأفلامcolour infrared or Ektachrome Aero infrared (Camouflage Detection Film) مفضلة لحساسيتها فى التمييز بين مجاميع النباتات المصابة والنباتات السليمة لونيا. حيث أن النباتات السليمه تعكس أشعة الضوء ذات طول الموجه من ٧٠٠-٩٠٠ نانومتر وتظهر بلون محمر والعكس فى النباتات المصابة فإنها تعكس أشعة الضوء بضعف ولا يأخذ اللون المحمر فى الصورة.

يلائم الاستشعار عن بعد وجود الأمراض بصورة وبائية أو فى صورة شديدة فى مساحات واسعة منزرعة بمحصول واحد ويمكن إستعمالها بفكاءة فى الولايات المتحدة أو الاتحاد السوفيتى وبعض الدول الأخرى وحيث تزرع مساحات كبيرة شاسعة بمحصول واحد. إمكانية إستخدام الاستشعار عن بعد فى دول الوطن العربى تكون محدوده حيث أن المساحة المنزرعة لكل محصول محدودة ولايوجد تكثيف فى الزراعة حيث توجد محاصيل مختلفة فى مساحات محدودة. ولكن بالطبع يمكن أن يستعمل فى مجالات أخرى مثل حصر أنواع الأراضى والمساحة geodsy الخ.

بعض المعادلات المستعملة فى حساب الأوبئة النباتيه :

١- يمكن حساب كمية اللقاح فى بيئة ما أو على النبات كما فى المعادلة الآتية :

$$x = \ln x_o + rt$$

حيث أن x كمية اللقاح، x_o كمية اللقاح عند بداية القياس أى زمن صفر، t الزمن من بداية التجربة حتى وقت القياس، r سرعة التجرثم النسبية. ومن ذلك يتضح أنه كلما زاد الزمن وزادت سرعة التجرثم كلما زادت كمية اللقاح.

٢- يمكن تقدير كمية اللقاح فى فطريات وأيضاً طفيليات التربة الأخرى soil borne pathogens ويكون ذلك كما فى المعادلات الآتية :

$$S = K (x)^m$$

حيث أن s عدد الاصابات، x كثافة أو كمية اللقاح، m إنحدار منحنى كمية اللقاح بالنسبة للاصابة، K رقم ناتج من تقدير بعض القياسات كما فى المعادلة التالية :

$$K = (vnf)^m$$

v شدة اصابة (شراسة) الطفيل، n تغذية وحدات الاصابة propagules ، f تأثير البيئة على إنبات هذه الوحدات وأيضاً تأثير البيئة على قدرة هذه الوحدات على الإختراق.

عند دمج هذه العوامل مع بعضها لإيجاد علاقة خطيه لطفيليات التربة الممرضة ولذلك فإن كمية اللقاح تكون كما فى المعادلة.

$$\log s = m (\log x + \log v + \log n + \log f).$$

وفى حالة حساب كمية المرض للوحدة أى y يجب إستعمال معامل التصحيح للإصابة المتعددة multiple infection correction

وهو $s = \ln \frac{1}{1-y}$

ولحساب المعادلة للقيمة y كدليل على كمية اللقاح تصبح

$$y = 1 - e^{-s}$$

أو $y = 1 - e^{-(xvnf)^m}$

وهنا أى قيمة لكمية اللقاح تنتج المرض فى الوحدة تكون منسوبة إلى الرقم1.

٣- إنتشار الجراثيم المحمولة بالهواء يمكن أن يحسب بالمعادلتين الآتيتين :

$$C(\acute{x}, t) = Q(t)\, T(\acute{x}, t)$$

$$D(\acute{x}, t) = R(\acute{x}, t)\, C(\acute{x}, t)$$

حيث Q هى سرعة إنتشار الجراثيم فى وحدة زمن معينه

T هى منحدر الإنتشار للجو. حيث فرق الكثافة لطبقات الجو تسبب منحدر لإنتقال وإنتشار الجراثيم. يتوقف منحدر الإنتشار على كثافة طبقات الجو المختلفة والوحدة ثانية لكل متر مكعب.

D هى سرعة سقوط الجراثيم إلى أسفل. وهى عبارة عن عدد الجراثيم الساقطة على وحدة المساحة من ورقة النبات فى وحدة الزمن على بعد مسافة من مصدر معين وهى $\acute{x}$ وذلك فى زمن معين t . يمكن التعرف على ذلك عند معرفة تركيز الجراثيم فى الهواء فى منطقة القياس وهو عبارة عن عدد الجراثيم فى المتر المكعب ويرمز له بالرمز C وأيضاً معرفة سرعة سقوط الجراثيم متر لكل ثانيه ويرمز لها بالرمز R .

٤- إرتطام impaction الجراثيم الساقطة من الهواء بسطح النبات. يتحكم فى إرتطام الجراثيم عوامل عديدة وهى وزن الجرثومة وسرعتها وحركة الهواء فى الحقل حول النبات أو أوراقه. كفاءة الارتطام يعبر عنها بالرمز P وتحسب من المعادلة الآتية :

$$P = \frac{(Ui\ Vs)}{(gL)}$$

حيث g سرعة السقوط نتيجة للجاذبية الأرضية

L طول أو مسافة أو بعد dimension لورقة النبات أو ساق النبات الخ

Ui السرعة الإبتدائية للجرثومة قبل دخولها مجال حركة الهواء المحددة للنبات

Vs سرعة الجرثومة النهائية بعد دخولها مجال حركة الهواء. عادة تتراوح هذه السرعة بين أقل من ١, إلى ٣سم لكل ثانيه.

تعتبر القيمة الصغيرة لـP نتيجة لجرثومة صغيرة خفيفة وورقة نبات كبيرة أو مجموع خضرى كبير أو من سرعة هواء منخفضة. وتعتبر القيمة الكبيرة لـP هى العكس لما سبق تماماً وفى هذه الحالة سيكون الإرتطام كبير. impaction efficiency ويرمز له بالرمز Ei أى كفاءة الإرتطام كما يرمز له بالرمز السابق P . كفاءة الإرتطام Ei تكون كبيرة فى الحالة الثانية.

التنبؤ بحدوث الأوبئة النباتية

التنبؤ forcasting هو توقع حدوث فعل معين فى المستقبل. ولذلك فإن التنبؤ بحدوث الأوبئة النباتيه هو التوقع لحدوث هذه الأوبئة مبكراً وقبل حدوثها بفترة مناسبة. تكون هذه الفترة حاسمه حيث يمكن فيها إتخاذ اللازم لمقاومة المرض. وبالتالى نتلافى الخسارة الفادحة الناتجة عن الوباء. وبعبارة أخرى فإن التنبؤ بالأوبئة النباتية يوضح للمزارعين فى منطقة معينة بأن الظروف مناسبة بدرجة كافية للإصابة بالمرض وحدوث الوباء وأن استخدام الوسائل الفعالة فى مقاومة المرض سوف يؤدى إلى نجاة المحصول من الإصابة وبالتالى سيؤدى ذلك إلى ربح كبير للمزارع والعكس صحيح وبنفس الدرجة من الأهمية للمزارع ولربحه فإن التنبؤ بأن الظروف غير مناسبة لحدوث المرض والوباء وبالتالى على المزارعين ألا يضيعوا الوقت والجهد والمال فى عمليات المقاومة. يتطلب نشر ذلك على المزارعون وجود خدمة للتحذير المبكر ويكون ذلك عن طريق الارسال الاذاعى أو التلفازى.

خدمات الإنذار المبكر لأمراض النبات Plant-disease warning services :

يتعامل علم أمراض النبات مع مسبب المرض وتقدم الإصابة فى نبات واحد أو عديد من النباتات كما يتعامل أيضاً مع حدوث المرض على نطاق واسع فى أعداد عظيمة من النباتات أى حدوث المرض بحاله وبائية وحيث يكون له تأثير فعال على إقتصاديات المحصول.

ولذلك فإن خدمات الإنذار المبكر لها دور فعال فى ذلك. تجرى هذه الخدمات لأمراض عديدة فى محاصيل مختلفة ومنها ما يأتى:

١- *البياض الزغبى فى العنب* : بدأت خدمات الانذار المبكر فى أوربا منذ زمن طويل بالنسبة لمحصول العنب الذى يتعرض لخسائر كبيرة نتيجة الإصابة بالفطر المسبب لهذا المرض. وهذه الخدمات لاتقدم الإنذار عن موعد الرش فحسب ولكنها تحدد بكل دقة متى يمكن الاستغناء عن الرش بدون حدوث خطورة على المحصول. وهكذا فإن هذه الخدمات تساعد فى مقاومة المرض عندما يكون هناك تهديد بحدوث وباء كما أنها تساعد المزارعين على توفير تكاليف المقاومة وذلك بالتوقف عن استعمال المبيدات الفطرية. تقدم هذه الخدمات أيضاً موعد إجراء الرشات الوقائية من المبيدات الفطرية المناسبة التى يجب إجراؤها لمنع حدوث المرض.

٢- *الندوة المتأخرة فى البطاطس والطماطم:* لقد نال مرض الندوة المتأخرة فى البطاطس عناية كبيرة من دارسى علم الأوبئة عن أى مرض آخر وذلك لما أحدثه من مجاعة فى ايرلندا فى عام ١٩٤٥ والسنوات التالية لها. ولكن بعيداً عن ذلك فإن مرض الندوة المتأخرة فى البطاطس على وجه الخصوص من الأمراض السهل التنبؤ بحدوثها ووضع نظام خدمات الإنذار لها وأكثر من ذلك لأنه مرض خطير يهدد أحد أهم محاصيلنا الغذائية. وإذا تصورنا توافر أو إنتشار لقاح معدى شرس وعدد كبير من النباتات القابلة للإصابة فى المنطقة فإن مرض الندوة المتأخرة سوف يتحول إلى وباء إذا أصبحت درجات الحرارة والرطوبة مناسبتين بحيث تكون درجة الحرارة خلال الشهرين الأخيرين من موسم نموها فى المدى الملائم بين ١٦°م - ٢١°م وفى هذه المناطق فإن تتابع حدوث الأوبئة فى السنوات التى تحدث فيها الندوة يتوقف على درجة الرطوبة. وكقاعدة عامة فإن شدة حدوث المرض لا تتوقف على متوسط تساقط المطر لفترة زمنية طويلة ولكنها مرتبطة ارتباطاً وثيقاً مع الرطوبة على أسطح الأوراق وعلى ذلك فإن الندوة المتأخرة تحدث كثيراً فى المناطق الساحلية القريبة من البحر وكذلك فى المناطق الموجودة على ارتفاع كبير فى المناطق الإستوائية حيث توجد كمية كبيرة من السحب والضباب والندى، وكمثل لذلك فإنه

يتوقع حدوث إصابة شديدة بالندوة المتأخرة ثمانية مرات تقريباً من كل عشر سنوات فى منطقة بنزانس بجنوب غرب انجلترا ولكن نتوقع فقط ٣ مرات من عشر سنوات ملائمة للمرض فى منطقة وارسو ويسقط على كل منها ٣ بوصات من المطر تقريباً خلال الشهرين الأخيرين من موسم نمو البطاطس ويرجع الاختلاف إلى أن منطقة بنزانس ساحلية وقريبة من البحر وجوها به نسبة عالية من الرطوبة مما يؤدى إلى تواجد ساعات أكثر من الرطوبة النسبية العالية خلافاً لما يحدث فى المناطق الأقل رطوبة داخل القارة مثل منطقة وارسو. وخدمات الإنذار المبكر للندوة المتأخرة قد تكونت بسرعة بعد حصر القواعد التى تم وضعها للتنبؤ بالإنتشار المفاجئ للمرض وهى :

١- يجب أن يكون هناك ندى خلال أربع ساعات على الأقل أثناء الليل.

٢- الحد الأدنى لدرجة الحرارة يجب أن يكون ١٠°م أو أعلا.

٣- متوسط السحاب فى اليوم التالى يجب أن يكون ٠,٨ أو أكثر.

٤- المطر المتساقط خلال الأربعة والعشرين ساعة التالية يجب أن يكون ٠,١سم أو أكثر.

٥- تصل الرطوبة النسبية ٧٥ ٪ أو أكثر.

٣- *الندوة المبكرة فى الكرفس* : اتضح أن عدد الجراثيم التى يمكن إصطيادها من الجو للفطر *Cercospora apii* المسبب للمرض وأيضاً تتبع الظروف الجويه يسمح بالتنبؤ بكل دقة عن حدوث المرض. وقد تم وضع توصيات لاجراء عمليات الرش فى الوقت المناسب تماماً لاجراء عمليات المقاومة.

٤- *لفحة أوراق الذرة الشماليه* : التنبؤ فى هذه الحالة كما فى المرض السابق فإن معرفة عدد الجراثيم المنتشرة فى الهواء للفطر *Helminthosporium turcicum* المسبب للمرض وكذلك تتبع الظروف الجوية يسمح بدقة التنبؤ عن حدوث المرض. وجد أن رش مبيد مانكوزيب أى دايثين م-٤٥ فى الأيام التى تنتشر فيها الجراثيم بأعداد كبيرة تكون ذات فعالية كبيرة فى مقاومة المرض والعكس صحيح إذا حدث الرش قبل أو بعد ذلك بيوم واحد أو أكثر.

إستخدام الحاسب الألكترونى فى التنبؤ بالأوبئة النباتيه :

يستخدم الحاسب الألكترونى فى التنبؤ ببعض الأوبئة النباتيه مثل مرض اللفحة المتأخرة فى البطاطس والطماطم. يوجد نظام للحاسب الألكترونى فى الولايات المتحدة الأمريكية يسمى Blitecast . يتوقف هذا النظام على البيانات الخاصه بالعوامل المؤثرة فى مرض اللفحه وهى درجة الحرارة ودرجة الرطوبة النسبية ودرجة سقوط الأمطار. يعطى المزارع المعلومات الأتية إلى محطة Blitecast تليفونياً وهى :

١ـ درجة الحرارة الصغرى والعظمى فى اليوم.

٢ـ عدد الساعات التى تزيد فيها الرطوبة النسبية عن ٩٠ ٪ فى اليوم.

٣ـ درجة الحرارة الصغرى والعظمى فى الفترة التى تزيد فيها الرطوبة النسبية عن ٩٠ ٪.

٤ـ كمية الأمطار الساقطة فى اليوم إلى أقرب ١, سم.

يمكن للمزارع قياس درجة الحرارة والرطوبة وذلك بوساطة جهاز hygrothermograph يتم وضعه بين الخطوط أسفل نباتات البطاطس المنزرعة.

يأخذ المختص فى محطة Blitecast هذه المعلومات ويصيغها على هيئة بيانات صالحة لتغذية بروجرام الحاسب الألكترونى وفى جزء من الثانيه يعطى الحاسب الألكترونى البيانات اللازمة وهى التنبؤ بحدوث الوباء أو عدم حدوثه. وفى حالة حدوث الوباء فإنه يعطى التوصية اللازمة للرش بالمبيدات الفطرية المناسبة وموعد الرش. يأخذ المختص هذه المعلومات وينقلها تليفونياً إلى المزارع. تستغرق هذه العملية ٣ دقائق. يوجد فى هذا النظام فترة من ٥ـ٧ أيام بين موعد التنبؤ وبين حدوث الوباء. تعتبر هذه الفترة كافية لكى يحدث فى أثنائها الرش بالمبيدات الفطرية لوقاية النباتات من المرض.

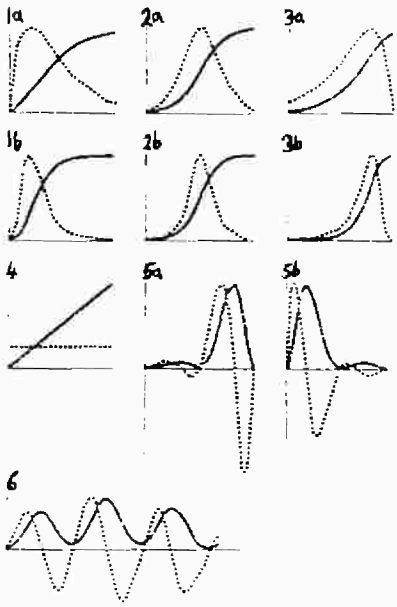
يوجد أيضاً نظام باهظ التكاليف للتنبؤ بحدوث المرض حيث يوجد وحدات متكاملة مستقلة مزودة بالحاسب الآلى لتحديد حدوث وباء مرض اللفحه المتأخرة فى البطاطس وتوضع هذه

الوحدات فى الحقل لقياس التغيرات فى الظروف الجوية وعند حلول الفترة الحرجة وهى الفترة التى تتوافر فيها شروط حدوث الحالة الوبائية للمرض فإنه يحدث تحذير بواسطة الجهاز.

طرز الأوبئة النباتية Patterns of epidemics :

من المعروف أن منحنيات النمو لجميع النباتات تأخذ شكل حرف S ولذلك تسمى S-shaped curves أى sigmoid curves . نفس الشئ أيضاً يحدث عند رسم منحنيات الأوبئة النباتيه فإنها تأخذ شكل حرف S فى الكثير من الأمراض (شكل ٦٧) وخاصة اللفحة المتأخرة فى البطاطس وصدأ الساق فى القمح. حيث يزداد الوباء مع الزمن حيث يوضع على المحور السينى الزمن وعلى المحور الصادى شدة المرض. وفى الجزء الأول من المنحنى يزداد الوباء ببطء ثم يزداد بسرعة ثم تقل تدريجياً سرعة الزيادة حتى تتوقف. وفى بعض الأوبئة قد تكون العلاقة على هيئة خط مستقيم كما فى المنحنى رقم ٤أى تكون الزيادة فى الوباء بسرعة ثابتة.

ويمكن حساب الزيادة فى شدة المرض مع الزمن فينتج عن ذلك منحنيات ناقوسية الشكل وهى منقطه فى الرسم. يختلف شكل الناقوس ودرجة التماثل له وموقعه على المنحنى بإختلاف سرعات تقدم شدة المرض. ومن هذه المنحنيات الأخيرة يمكن تحديد ثلاثة طرز من الأوبئة. ففى حالة المنحنى الناقوسى الشكل المتماثل (شكل 2a ، 2b) يعتبر الوباء متماثل symmetrical ويعتبر ذلك الطراز أو النوع الأول من الأوبئة. والطراز الثانى يكون المنحنى غير ناقوسى الشكل أى غير متماثل (شكل 1a ، 1b ، 3a ، 3b) ويعتبر الوباء غير متماثل asymmetrical وفيه حالتين يكون طراز غير متماثل موجب الميل حيث تكون قمة المنحنى ناحية اليسار بالمقارنة بالمنحنى العادى فى شكل 2b ، 2a ويعتبر هذا النوع من الوباء غير متماثل موجب الميل asymmetrical positive skewness كما فى المنحنى 1a ، 1b وهو الطراز الثانى من الأوبئة. وفى الطراز الثالث يكون المنحنى غير متماثل سالب الميل حيث أن قمة المنحنى تكون ناحية اليمين بالمقارنة بالمنحنى العادى فى شكلى 2b ، 2a ويعتبر الوباء



(شكل ٦٧) : أنواع الأوبئة النباتية

أولاً : المنحنيات ذات الخط المستمر عبارة عن sigmoid curve للأوبئة (جميع الأشكال ١، ٢)
ويكون خلاف ذلك (أشكال ٤، ٥، ٦).

ثانياً : المنحنيات المنقطة :

symmetrical	2a ، b
asymmetrical positive skewness	1a ، b
asymmetrical negative skewness	3a ، b
bimodal	5a ، b
multimodal	6

غير متماثل سالب الميل asymmetrical negative skewness وذلك كما فى المنحنى 3a، 3b . يمكن للمنحنيات أن تكون ثنائية الطراز (شكل 5a و 5b) bimodal حيث يوجد ذروتين وثلاثة قواعد للمنحنى وأن تكون عديدة الطراز multimodal أى متذبذبة على هيئة أمواج (oscillating) حيث يوجد أكثر من ذروتين للمنحنى وذلك كما فى المنحنى رقم ٦ وعامة فإن المنحنيات عديدة الطراز تبين دورة حياة المرض ودرجة عدم الاستمرارية فى الاصابة والاختلاف فى فترة الحضانة للمرض والتغيرات فى قابلية النبات للإصابة نتيجة لتغير حالة النبات ومثال ذلك أنه نتيجة للنمو يتحول النبات من صغير السن إلى متوسط أو كبير السن ويدرس خلاف ذلك عوامل كثيرة أخرى. ولذلك فإن الأوبئة ذات المنحنى متعدد الطرز تسمى أوبئة متعددة الأجيال multiple-wave epidemics . وهذا النوع الأخير من الأوبئة يتميز بوضوح فترات محددة معينة لكل فترة من عمر النبات وعلاقة كل فترة بالمرض. ومثال ذلك مرض لفحة الأرز قد يحدث الوباء على البادره ثم الأوراق ثم عنق النوره ثم النوره ومثال آخر إصابة نبات المطاط *Hevea* بفطر *Phytophthora* حيث يحدث المرض على الثمار ثم الأوراق ثم السيقان. وفى حالة مرض اللفحة المتأخرة فى البطاطس والطماطم فإن الفطر يصيب البطاطس ثم ينتقل من البطاطس إلى الطماطم وتسمى فى هذه الحالة وباء مستقل غير متجانس independent heterogenous epidemic .

قواعد زادوكس Zadoks Rules (فروض كوخ للأوبئة) :

وضع زادوكس هذه القواعد سنة ١٩٧٢ لتطبيق مدى كفاءة الدراسات الكمية فى التعرف على الأوبئة. وهى تشابه فروض كوخ للتعرف على المسبب المرضى. وهذه القواعد كما يأتى :

١- يجب تحديد المصدر أو المصادر التى يبدأ منها الوباء وتقدير كمى للطفيل فى هذا المصدر أو هذه المصادر.

٢- تأثير العوامل البيئية على نشوء وإنتشار الوباء يكون مدروس لإيجاد العلاقة بين متغيرات مستقلة (عادة عوامل ومتغيرات غير حيه) ومتغيرات معتمده (عادة عوامل حيه) كمياً.

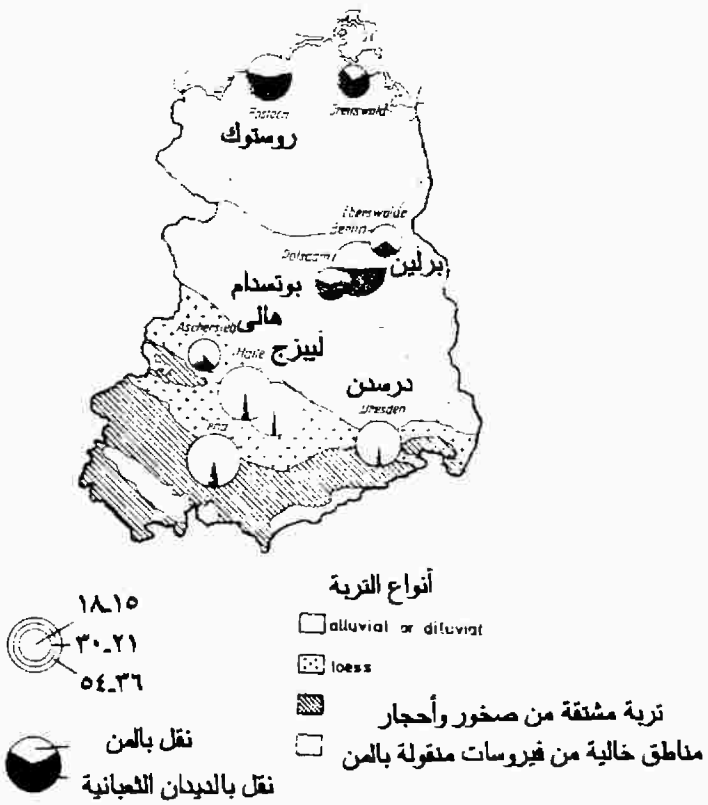
٣- تحسب سرعة تقدم وإنتشار الوباء تحت هذه الظروف.

٤- تحسب المستويات أى الدرجات المختلفة المتتابعة من الوباء من كمية الطفيل الممرض الموجودة فى المصدر أو المصادر ومن ذلك يتم حساب سرعات تقدم وإنتشار الوباء.

٥- يكون المستوى (الدرجة) النهائى terminal level والمستويات (الدرجات) المتوسطة المحسوبة للوباء مساوية تماماً للمستوى النهائى والمستويات المتوسطة المنظورة observed (التى تم رصدها وقياسها).

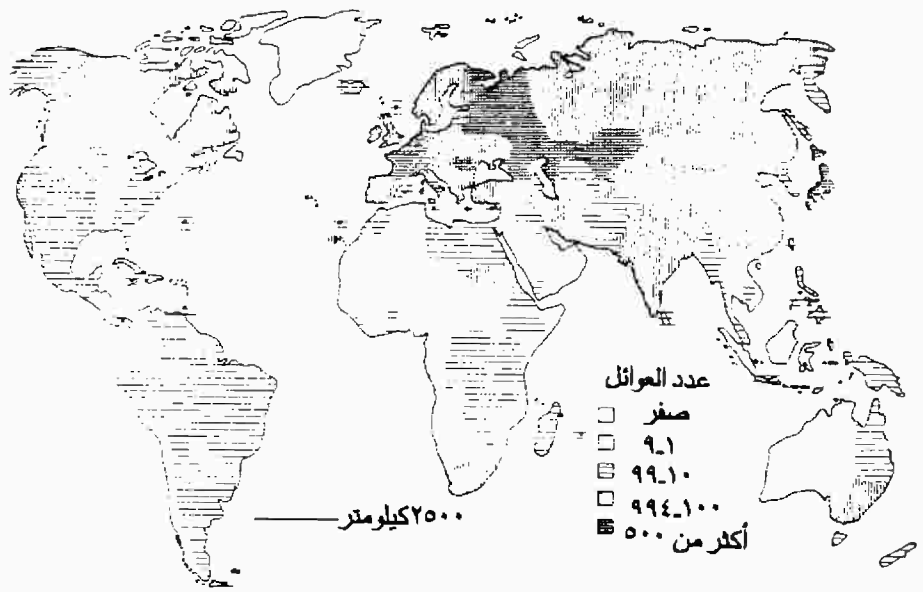
إستخدام الخرائط فى دراسة الأوبئة النباتية :

يمكن تصنيف الخرائط المستخدمة فى دراسة الأوبئة النباتيه إلى خرائط توضح حالة معينة thematic maps وعادة تكون غالبية خرائط أمراض النبات من هذا النوع. ولكن يوجد نوع ثان وهو الخرائط التركيبية synthetic maps وفيه كل خريطة توضح حالات وظواهر متعددة . ويمكن أن يستخلص منها حقائق لم تكن معروفة. يعتبر دراسة إنتقال الفيروسات المختلفة بالمن أو بالنيماتودا فى شرق ألمانيا (ألمانيا الشرقية) فى نباتات عائلة الكرنب brassicaceae فى أنواع مختلفة من التربة هام. يوجد فى الخريطة مدى إنتشار (شكل ٦٨) هذه الفيروسات فى المناطق المختلفة وفى حالة الدائرة الصغيرة يكون مدى انتشارها من ١٥-١٨ وفى الدائرة المتوسطة من ٢١-٣٠ وفى الدائرة الكبيرة من ٣٦-٥٤ يمثل الجزء الأسود فى الدائرة نسبة الفيروسات المنقولة بالنيماتودا ويمثل الجزء الأبيض فى الدائرة نسبة الفيروسات المنقولة بالمن. كما توجد أنواع مختلفة من التربة وهى alluvial و loess وتربة مشتقة من صخور أو أحجار. والأجزاء البيضاء من الخريطة هى مناطق خالية من الفيروسات المنقولة بالمن. يتضح من الخريطة أن نسبة إنتشار الفيرس المنقول بالمن أو النيماتودا على هذه النباتات فى برلين متساو. وأن أعلى نسبة لإنتشار الفيروسات المنقولة بالنيماتودا فى روستوك وأن أعلى نسبة لإنتشار الفيروسات المنقولة بالمن فى ليبزج ودرسدن وهالى تعتبر هذه الخريطة تركيبة.



(شكل ٦٨) : درجة إنتشار الفيروسات المنقولة بالمن أو الديماتود فى أنواع مختلفة من التربة فى نباتات عائلة الكرنب فى ألمانيا الشرقية - شرق ألمانيا.

توجد خريطة توضح توزيع وإنتشار مرض البياض الدقيقى فى أنحاء العالم (شكل ٦٩) تم رصد هذا المرض على عدد من العوائل يتراوح من صفر إلى خمسمائة عائل أو أكثر.

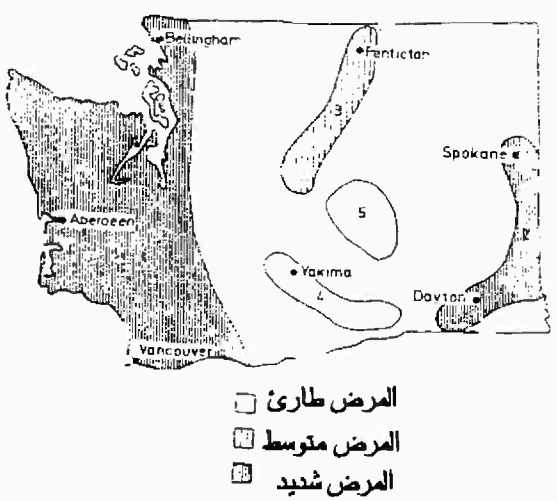


(شكل ٦٩) : خريطة تبين توزيع وإنتشار مرض البياض الدقيقى فى العالم.

وهى تعتبر خريطة توضح حالة معينة أى أنها من نوع thematic map . يتضح من الخريطة أنه توجد مناطق يكون فيها معدل إنتشار البياض الدقيقى عال أى أنه موجود على عوائل كثيرة حوالى ٥٠٠ وذلك فى إيطاليا وأسبانيا وألمانيا وهولنده واليابان وكاليفورنيا وفرنسا وجزء من الاتحاد السوفيتى.

يوجد فى أمراض البياض الدقيقى أنواع وأجناس عديدة من الفطريات تصيب عوائل عديدة يصل عددها ٥٠٠ أو يزيد. يعتبر عدد العوائل التى تصيبها الفطريات مقياس لدرجة إنتشار البياض الدقيقى فى هذه الخريطة. والعكس صحيح فى مناطق كثيرة من أفريقيا وآسيا حيث يوجد عدد قليل من العوائل كما فى تونس والجزائر والسعودية ووسط أفريقيا.

توجد أيضاً خريطة تبين مدى إنتشار مرض الجرب فى التفاح فى ولاية واشنطن بأمريكا حيث أن المناطق فى الدائرة البيضاء يكون فيها المرض طارئ sporadic والمناطق ذات التخطيط الثقيل يكون فيها المرض شديد وفى المناطق ذات التخطيط الخفيف يكون المرض متوسط. وتعتبر هذه الخريطة من النوع thematic (شكل ٧٠).



(شكل ٧٠) : خريطة تبين مدى إنتشار مرض الجرب فى التفاح فى ولاية وشنجطن بالولايات المتحدة الأمريكية.

توجد خريطة تبين توزيع وأهمية مرض البياض الدقيقى (يتسبب عن الفطر *Erysiphe betae*) وتبقع الأوراق السركسبورى (يتسبب عن *Cercospora beticola*) فى مناطق زراعة بنجر السكر فى العالم (شكل ٧١). حيث أن الدائرة داخلها جزء أبيض تعتبر مناطق فيها

(شكل ٧١) : خريطة تبين توزيع وأهمية مرض البياض الدقيقى ومرض تبقع الأوراق السركسبورى فى مناطق زراعة بنجر السكر فى العالم.

I الإصابة بالمرضين طارئة.

II مرض البياض الدقيقى وبائى على فترات متباعدة.

III مرض تبقع الأوراق وبائى على فترات متباعدة.

IV مرض البياض الدقيقى وبائى وعلى فترات متقاربة.

V مرض تبقع الأوراق وبائى وعلى فترات متقاربة.

الإصابة بالمرضين طارئه وفى داخل الدائرة مناطق ذات تخطيط واسع تعتبر مناطق يحدث فيها مرض البياض الدقيقى وبائى على فترات متباعدة وفى داخل الدائرة ذات التنقيط مناطق يحدث فيها مرض تبقع الأوراق وبائى على فترات متباعدة وفى داخل الدائرة ذات التخطيط الكثيف مناطق يكون فيها مرض البياض الدقيقى وبائى وبإستمرار وفى الدائرة ذات الخطوط المتقاطعة مناطق يكون فيها مرض تبقع الأوراق وبائى وبإستمرار. ولذلك فإن أشد المناطق بوباء مرض تبقع الأوراق هى جزء من الأرجنتين وشمال تركيا ويوجوسلافيا وشمال إيطاليا. وأشد المناطق الموبوءة بمرض البياض الدقيقى هى إيران والعراق وسوريا وتركيا والأردن ولبنان وشمال مصر وتونس والجزائر والمغرب وجزء من روسيا. تعتبر هذه الخريطة من النوع thematic .

الأجهزة والأدوات المستخدمة فى القياسات اللازمة للأوبئة النباتيه:

تستخدم أجهزة وأدوات عديدة لقياس درجة الحرارة والرطوبة وسرعة حركة الهواء ودرجة الاشعاع وبعض البيانات الأخرى التى نحتاجها فى الأرصاد الجوية.

١- قياس درجة الحرارة : تقاس بأنواع عديدة من الترمومترات ومنها ترمومتر سائل فى زجاج liquid in glass thermometer . وهو من أكثر الأنواع إستعمالاً حيث أنه بسيط وقليل التكاليف أى رخيص ويمكن أن يقيس حتى دقة + أو- ٠٥, أى ± ٠٥, درجة مئوية. يكون السائل المستعمل هو الزئبق حيث يوضع فى قاعدة وعمود معين زجاجى داخل زجاج الترمومتر.

تستعمل أنواع أخرى من الترمومترات مثل الترمومتر ثنائى المعدنbimetallic thermometer يعتبر العامل الفعال للحساسيه لدرجة الحرارة هو ربط نوعين من المعدن لكل منهما درجة تمدد بالحرارة مختلفة thermal coefficients of expansion . وحيث أنه يحتاج وقت طويل للوصول إلى درجة الحرارة المطلوب قياسها ولذلك فإنه لايصلح لرصد التغيرات السريعة فى البيئة ولذلك فإن استعماله محدود. يمكن إستخدامه فى الحجرات أو الصوب المغلقةcontrolled

environment chamber وأيضاً فى الأجهزة المستخدمة لرصد وتسجيل درجة الحرارة thermograph type recorders .

يستعمل ترمومتر حاوى التجهيز filled system thermometer وهو يتكون من أجزاء معدنية حيث يتكون من إنتفاخ وأنبوبه شعريه وأنبوبه بوردون Bourdon tube تحتوى على جزء حساس للحرارة. حيث أن الفكرة فى الترمومتر أن تغير درجة الحرارة يتم رصده بواسطة دائرة كهربائية عادة. يعتبر إستعمال هذا الترمومتر محدود أيضاً ويستخدم فى بيئات متحكم فى درجة حرارتها. وقليلاً ما يستعمل فى قياس درجة حرارة التربة فى وجود جهاز رصد درجة الحرارة thermogroph .

يتكون الترمومتر مزدوج الحرارية thermocouple thermometer من موصلات كهربائية ووحدة لقياس التيار أو الفولت وجزء حساس لدرجة الحرارة sensor وهو عبارة عن نوعين من المعدن تم لحم طرفيهما. يمكن قياس درجة الحرارة نتيجة لإختلاف درجة الحرارة فى طرفى المعدنين الملتحمين عن الطرفين السائبين ويتولد عن ذلك تيار كهربائى يمكن قياسه بواسطة جلفانومتر. يستخدم نوعين من المعدن هما النحاس وكونستانتان constantan عادة وهما الأكثر تفضيلاً حيث أن لهما خواص طبيعيه وكيماويه متميزة لهذا الغرض. يستعمل هذا الترمومتر بكثرة فى دراسة البيئة الصغرى microclimate للنبات وعلاقتها بالنبات والطفيل. تسمى هذه الوصله المعدنيه type T . يمكن الحصول تجارياً على type T sensor على هيئة سلك قطره صغير ٠,٠٢٥٤ ملليمتر. يمكن للسلك أن ينتج تيار شدته ٤٠ ميكرو فولت لكل درجة حرارة مئوية. يمكن أن تكون حساسية قياس درجة الحرارة_+ درجة مئوية. لاستعماله فى قياس درجة حرارة التربة يستعمل (سنسور) sensor ٥١٠٦, مم مع تغطيته بعازل من مادة بوليفنيل polyvinyl . وفى قياس درجة حرارة الهواء فى الحقل والمعمل يمكن سلك دقيق ٢٥٤٦,مم عار غير معزول على هيئة حلقه معقودة loop-shaped . تقلل هذه المواصفات أخطاء تداخل الاشعاع فى القياس.

يوجد نوعين من ترمومترات المقاومة resistance thermometers . يستخدم فى هذا النوع العلاقة بين مقاومة المعدن ودرجة الحرارة. حيث أن درجة مقاومة المعدن تختلف مباشرة بإختلاف درجة الحرارة. يستخدم فيه المعادن التى يكون لها مكافئ عال جداً للمقاومةvery high coefficient resistance أى أنها تكون شديدة الحساسية ومن أمثلة ذلك البلاتين والنيكل والتنجستن. ولذلك يتكون الجزء الحساس sensor من سلك رقيق من أحد المعادن السابقة ملفوف حلزونياً على اسطوانة mandrel تتكون من ماده عازلة للكهرباء. تتوقف درجة الحساسية على مدى محيط اللف الحلزونى وطول الأسطوانه فعندما يكون طول اللف الحلزونى يتراوح من نصف إلى ٦سم فإنه يمكنه قياس درجة الحرارة فى محيط واسع وأيضاً سرعة قياس درجة الحرارة تكون أفضل من الترمومترات مزدوجة الحرارة. تتميز هذه المعادن بحساسية من ٢, إلى ١٠ أوم ohm لكل درجة حرارة مئوية ohms/c° ويمكن أن يعطى تيار كهربائى يتراوح من واحد إلى ستة فولت. يسمى النوع السابق من الترمومترات بإسم نوع أو طراز المقاومة resistor type . وأما النوع الثانى من هذه الترمومترات فيسمى نوع أو طراز حرارى المقاومة thermistor type . حيث أن الجزء الحساس للحرارة sensor يتكون من مخلوط من أكاسيد المعادن. يتميز هذا النوع عن النوع السابق بأنه ذو مكافئ له شحنه سالبه مرتفعة مع وجود مقاومة غير خطيه non linear للحرارة. ولذلك فإن التغيرات الكثيرة فى المقاومة نتيجة لإرتفاع المكافئ ووجود المقاومة غير الخطيه فإنها تفوق الترمومتر حرارى المقاومة والترمومتر مزدوج الحراريه حيث أن تقيس فروق فى درجة الحرارة حساسيتها خمسة من عشرة آلاف ٠٠٠٥, درجة مئوية. تصنع هذه الترمومترات بأحجام وأشكال مختلفة لتلائم جميع الظروف البيئية والاستعمالات. عامة يفضل هذين النوعين من الترمومترات أى ترمومترات المقاومة حيث أن لهما درجة حساسية ± ٠١, درجة مئوية (واحد من مائة درجة مئوية) أو أكثر عن الترمومتر مزدوج الحراريه له حساسية ± واحد درجة مئوية.

تختلف ترمومترات الاشعاع radiation thermometers عن الترمومترات السابقة بإنها يمكن أن تقيس درجة الحرارة دون أن تلتصق بالبيئة المطلوب قياس درجة حرارتها. والفكرة فى

هذه الترمومترات نشأت عن قانون ستيفين بولتزمان Stefen-Boltzman والذى يعرف أو يحدد الطاقة المنبعثة من شئ فى درجة حرارة معينه. أى أنه بإختلاف درجة الحرارة تختلف الطاقة المنبعثة. يكون ذلك بإستخدام نسبة أى ratio pyrometer . حيث يتم قياس الاشعاع على طولى موجه مختلفين. يكون النسبه بين هذين القياسين مرتبطة أو متعلقة functiom بدرجة الحرارة. أى أنه لكل نسبة معينه درجة حرارة معينة. يتكون هذا الترمومتر من عدسه و/ أو مرآه وجزء حساس لقياس الاشعاع حيث يقارن هذا الجزء بين الاشعاع الداخل واشعاع آخر للمقارنه ومسجل. يعتبر هذا الجهاز كبير الحجم وثقيل الوزن ولكنه دقيق وحساس delicate وله قدره حساسيه sensitivity ودقة عالية accuracy مع قدرة سريعة واستجابة سريعة لقياس التغيرات السريعة فى درجة الحرارة.

تستخدم الترمومترات مزدوجة الحرارية وحرارى المقاومة وسائل فى زجاج لتقدير درجة الحرارة السطحيه للبيئات والأجزاء المختلفة. حيث يتم ربط الجزء الحساس sensor أو ادخاله فى أجزاء النبات لقياس درجة حرارته وأيضاً قياس درجة حرارة الأجزاء المصابه وأيضاً الأجزاء السليمه. تسبب هذه المعامله وهى إدخال الجزء الحساس فى داخل أجزاء النبات إلى تأثر أنسجة النبات وتغيير فى الظروف البيئية للنبات ولذلك فى حالة النبات يفضل إستعمال جزء حساس غير ملتصق بالجزء المراد قياس درجة حرارته non contact temperature sensors وهى ترمومترات الاشعاع.

٢- قياس الرطوبة humidity : تصنف الأجهزة التى تقيس الرطوبة إلى أجهزة تقيس الرطوبة المطلقة وأجهزة تقيس الرطوبة النسبية وأجهزة من نوع نقطة الندى dewpoint type.

تقاس الرطوبة المطلقة absolute humidity بواسطة إمرار تيار من الهواء بحجم معين على ماده كيماوية تمتص الماء. ثم تقاس الزيادة فى وزن المادة الكيماوية. وهذه الطريقة جيدة ويمكن أن تكون دقتها إلى ±٠,٢٪ وذلك فى مدى من الرطوبة ٠,١٪ إلى ١٠٠٪ . يمكن إستعمالها بكفاءة فى المعامل. ولكن من عيوب هذه الطريقة عدم الاستمرارية حيث أنه لابد من وقف القياس لوزن المادة الكيماويه ولذلك لابد من إيجاد طرق أخرى أقل فى دقتها من هذه الطريقة وتتلافى عدم الاستمرارية، كما أنها غير سهلة وغير سريعة.

تقاس الرطوبة النسبية relative humidity بعديد من الأجهزة ومنها هيجرومتر يستخدم قاعده الحرارة الديناميكيه thermodynamic approach hygrometer ويكون الجهاز عبارة عن ترمومترين من نوع سائل فى زجاج أى زئبق فى زجاج وأحدهما له قاعدة منتفخة تغطى بقماش موسلين مبلل توضع هذه القاعدة فى تيار من الهواء سرعته على الأقل ٢,٥ متر فى الثانية. تسبب الطاقة التى تبخر الماء من الموسلين خفض درجة حرارة القاعدة المنتفخة حتى نصل لحالة الإتزان بالمقارنة بالقاعدة المنتفخة الجافة للترمومتر الآخر الغير مغطاه. ولو أنه لاتوجد قاعدة واضحة تفسر علاقة ذلك بالرطوبة النسبية ولكن جميع البيانات المأخوذة بهذه الطريقة وهى درجة حرارة القاعدة المنتفخة المبللة ودرجة حرارة القاعدة الجافة يمكن تحويلهما إلى رطوبة نسبية ورطوبة مطلقة ودرجة حرارة نقطة الندى. والنوع الثانى هو الهيجرومتر الشعرى hair hygrometer يتوقف ذلك على وجود مادة حساسة للرطوبة أى تمدد بزيادة الرطوبة وتنكمش بقلتها. ومن أحسن الأمثلة لذلك شعره الانسان حيث أن كمية الماء الممتص بالشعره أو المفقوده من الشعره تكون دليل على كمية الرطوبة النسبية. يستخدم شعره لها طول معين يزداد هذا الطول بمقدار ٢,٥ ٪ عندما تزداد الرطوبة النسبية من صفر إلى ١٠٠ ٪ يحتاج دائماً هذا النوع إلى معايرة وضبط فى درجة حرارة ثابتة ورطوبة ثابته وعامة فهو يلائم جو المعمل بعد ضبطه ومعايرته. أما استعماله فى الحقل لابد من إختبار حساسيته. فلابد من عمل معايره ومقارنة له بإستمرار بواسطة نوع من الهيجرومتر أسمان Assmann-type . يستعمل هذا النوع بكفاءة عالية فى الجو الملبد بالغيوم حيث تكون درجة الحرارة ثابته تقريباً. وعامة لايفضل هذا النوع فى الظروف البيئية السريعة التغير والمتقلبه حيث أنه يحتاج إلى وقت لرصد درجة الرطوبة.

يستخدم نوع من الهيجرومترات مقاومة للكهرباء ويسمى هيجرومتر مقاوم للكهرباء electrical resistance hygrometers . تستخدم مقاومة الكهرباء كدليل على الرطوبة وذلك فى الجزء الحساس sensor من الهيجرومتر. وبمعنى أوضح أنه يستخدم العلاقة بين التغيرات فى الخواص الكهربائية لمادة هيجروسكوبيه والتغيرات فى المحتوى الرطوبى. يتكون الجزء الحساس من كلوريد ليثيوم على هيئة غشاء رقيق على إلكترودات electrodes

وذلك على سطح قاعدة مسطحة أو اسطوانيه تتكون من بولى ستيرين polystyrene . يمتص كلوريد الليثيوم الرطوبة ويفقدها وهكذا تتكون حتى نصل حالة الاتزان ويمكن قياس ذلك بواسطة دائرة كهربائية. يمكن ضبط الجهاز فى مدى ٥ إلى ٩٥٪ رطوبة نسبيه مع درجة حساسية ± ٣٪. يتميز هذا الجهاز أنه لايحتاج إلى تيار قوى من الهواء بل يرصد حتى الهواء الساكن نسبياً. وذلك على العكس من هيجرومتر الديناميكا الحراريه فإنه يحتاج إلى هواء مدفوع أو تيار هواء بسرعة معينة وقد يسبب ذلك تغيير أو تأثير فى النتائج. ولذلك يستخدم هذا النوع بسهولة فى دراسة الأوبئة النباتيه.

يوجد أيضاً هيجرومتر نقطة الندى dewpoint type hygrometer ويوجد منه نوعين النوع الأول نوع التكثيف condensation . قياس درجة حرارة تكثيف الندى بواسطة قياس درجة حرارة سطح مرآه والتى يتم تبريدها الى درجة تكثيف الندى. والعلاقة بين درجة حرارة الندى وضغط بخار الماء vapor pressure يمكن الحصول عليها من جداول خاصة بذلك. يستخدم فى هذا النوع من الهيجرومتر جزء حساس ضوئى optical sensor لرصد تكون الندى ويتصل هذا بجهاز حرارى كهربائى thermoelecticc قادر على التبريد والتسخين. يستخدم هذا الجهاز فى أثناء دراسة الأوبئة النباتيه. والنوع الثانى هو نوع كلوريد الليثيوم المشبعsaturated lithium chloride . يستخدم جزء حساس sensor كهربائى بدلاً من المرآه فى النوع السابق ويمكن بذلك للجزء الكهربائى أن يتأثر بتغير الرطوبة. يتكون الجزء الحساس من سلك مزدوج يلف على تركيب أنبوبى الشكل مشبع بكلوريد الليثيوم. يوجد مسافة بين كل من السلكين فى حالة السلك المزدوج. عند مرور تيار كهربائى خلال كلوريد الليثيوم والذى يغطى ويصل المسافة بين سلكى السلك المزدوج فإن الدائرة الكهربائية تكون مصممه بحيث أنها تسخن كلوريد الليثيوم لدرجة معينة لكى تحافظ على الاتزان فى الضغط البخارى بين كلوريد الليثيوم ورطوبة الجو. عند حدوث الاتزان فإن درجة حرارة كلوريد الليثيوم تكون علاقة على هيئة خط مستقيم مع درجة الحرارة اللازمة لتكون الندى فى الجو. يعتبر الجزء الحساس sensor ذو دقة ± درجة مئوية ويعتبر هذا الجزء الحساس أقل دقة من نوع التكثيف فى وجود مرآة أى النوع السابق ذكره من الهيجرومترات. يقيس هذا النوع الرطوبة النسبية فى الهواء أعلى

من ٣٥٪ ولايقيس فى درجة أقل من ذلك. ولكن هذه الدرجة تكون مناسبة فى كثير من حالات أمراض النبات والأوبئة النباتيه وحيث تكون الرطوبة النسبية مرتفعة. يمكن أن يستخدم هذا النوع فى الحقل ولكن أحد عيوبه أنه يمكن أن يلوث بالأتربة وغيرها من ظروف الحقل كما أنه يكون غير ثابت عندما يوجد تغير سريع فى الرطوبة. ولذلك يفضل إستعماله فى الصوب أو الحجرات المغلقة المتحكم فى جوها وظروفها البيئيةcontrolled environmental studies .

٣- قياس تحركات الهواء Air movement :

تعريف الريح wind هو حركة الهواء الأفقية بالنسبة لسطح الأرض وسرعة الحركة للهواء تسمى سرعة الرياح wind speed . ومن المهم أيضاً رصد إتجاه الريح بالإضافة إلى سرعة الريح. يفيد ذلك فى التعرف على كيفية إنتقال الجراثيم إلى الهواء take off وكيفية إنتقالها flight وسقوطها landing وذلك بالنسبة لجراثيم الطفيليات النباتيه التى تحمل بالهواء.

أ - سرعة الرياح : يمكن قياسها بواسطة أنيموميتر كأسى cup anemometer أو أنيموميتر ساخن السلك hot wire anemometer . وفى حالة أنيموميتر الكأس فإنه يكون له القدرة على الدوران rotating cup anemometer يتكون الجهاز من ثلاثة أو أربعة أجزاء أو كئوس cups مخروطية أو مستديرة الشكل ملتصقة قطرياً بمحور حر الحركة. سرعة حركة المحور تساوى سرعة حركة الرياح. وفى حالة رصد سرعة الهواء المنخفضة نحتاج إلى جهاز ذو كئوس خفيفه ومحور سهل الحركة. وحساسية هذه الأجهزة المتداولة تجارياً تبدأ بسرعة ١٠سم لكل ثانيه ومتصله بجزء يعمل كهربائياً ليدير العداد counter أو المسجل recorder . وفى حالة رصد سرعة الهواء المنخفضة يجب تنظيف الجهاز وتشحيمه بإستمرار. ويستعمل هذا النوع لرصد الرياح أعلى النباتات أى يصلح فى حالة macroclimate ولا يفضل لقياس الرياح بين النباتات أو أسفل النباتات أى لا يفضل فى حالة microclimate .

وفى حالة أنيموميتر ساخن السلك يكون الجزء الحساس sensor لقياس سرعة الهواء هو عبارة عن جزء حساس للحرارة. وتتلخص فكرة الجهاز فى تبريد سلك ساخن بواسطة تيار

الهواء. يتكون الجزء الحساس أى السلك من بلاتين أو نيكل أو تنجستن وعادة يوصل بدائرة كهربائية ليظل على درجة حرارة ثابته أو ذو تيار ثابت. وتكون سرعة الهواء المار على السلك متناسبة function مع درجة الحرارة وتيار الكهرباء فى الدائرة. يستخدم هذا النوع بكفاءة عالية فى رصد سرعة الرياح المنخفضة وذلك لحساسيته الزائدة. يعتبر صغر حجم الجهاز وسرعته إستجابته لرصد سرعة الهواء المنخفضه من المميزات الهامه والتى يمكن بها قياس سرعة الهواء فى الأنفاق وبين النباتات وأسفل النبات وبالقرب من سطح الأوراق أى أنه يعتبر مثالى لعمل القياسات فى microclimate . يمكن استعماله أيضاً لقياسات المعامل.

ب ـ *إتجاه الرياح :* يمكن أن قياس إتجاه الريح بطرق عديدة ومنها ما يأتى :

إستعمال حساس كهربائى electrical sensor وهو عبارة عن جزء متطاول إنسيابى الشكل يتصل أفقياً بمحور رأسى سهل الحركة. ويوضع هذا الجزء على تركيب آخر يوضح الأربعة إتجاهات الرئيسية cardinal directions . يمكن أن يوصل الجزء vane الحساس لحركة الهواء بجهاز كهربائى هو عبارة عن مقياس للجهد potentiometer . يكون إتجاه الرياح فى هذه الحالة دليل أو له علاقة function بمقاومة الدائرة الكهربائية. وفى أنواع أخرى يتصل الجزء الحساس لحركة الهواء vane بموتور وعن طريق الموتور ينقل إشارة الإتجاه إلى مسجل.

وفى حالة إستعمال حساس بيفان Bivane sensor فإنه عبارة عن جزء قياس لإتجاه الهواء vane خفيف الوزن وذو اتجاهين وعن طريقه يمكن قياس الزوايا الأفقيه والرأسيه لتيارات الهواء. يتصل هذا الجهاز بمقياسين للجهد الكهربائى potentiometers وبذلك يمكن رصد وتسجيل إتجاه الريح ذاتياً بالجهاز. يرصد هذا الجهاز قياسات وبيانات نسبية عن حركة الهواء الأفقيه والرأسية.

يمكن إستعمال طرق الانتشار dispersion techniques وهى عبارة عن إطلاق غاز مرئى أو له لون أو دخان من نقطة معينة ومن اتجاه إنتشار الدخان أو الغاز يمكن الاستدلال على إتجاه الريح. أو عمل عمود من الدخان فى اتجاه رأسى وإتجاه إنتشار هذا الدخان يدل على إتجاه الريح. تعتبر إختبارات معبره ومفيده ولكنها غير دقيقه. ويمكن عملها أيضاً فوق سطح

النباتات فى الغابات والحقول. يمكن تصوير تناثر السحب وتشتتها على فترات منتظمة من الوقت وذلك يعطى فكرة عن إتجاه الريح.

٤- قياس الاشعاع measuring irradiance : قد يكون للضوء تأثير على الأمراض كما أن للضوء تأثير هام على تجرثم بعض الفطريات. يمكن قياس الضوء بنوعين من القياسات ضوئية photometry واشعاعية radiometry .

القياس الضوئى photometry هو قياس الضوء المنظور لعين الانسان ويتراوح طول موجته بين ٤٠٠ ـ ٧٠٠ نانومتر ويكون ذلك بواسطة جهاز لقياس شدة الاضاءة photometry . يتكون الجهاز من جزء حساس للضوء sensor عبارة أنبوبه ضوئية phototube وخليه ضوئية photocell أو أنبوبه لتكبير الضوء photomultiplier tube ومرشح filter . يعطى الجهاز قراءة مباشرة تكون الوحدة فيها قدم شمعه foot candles أو شمعه candles أو قدم لامبرت foot lamberts .

القياس الاشعاعى radiometry هو قياس للضوء المنظور بالإضافة للأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء والوحدة تكون وات عادة. وتصنف الأجهزة التى تقيس الاشعاع إلى radiometer-sensors وهى التى تقيس كمية الاشعاع الكلية الساقطة على سطح ما. و pyrheliometers-sensors وهى التى تقيس شدة ضوء الشمس المباشر فقط. و-pyronometers sensor وهى التى تقيس شدة ضوء الشمس المباشر والضوء المنتشر فى السماءdiffuse sky radiation . والفكرة فى هذه الأجهزة أنه يوجد سطح أملس مسطح معامل معامله خاصه والذى يمتص الضوء الساقط عليه ووحده حرارية thermopile ومرشح شبه مستدير. تسبب الأشعة الساقطة إرتفاع درجة حرارة الجزء الحساس بالمقارنة بدرجة حرارة سطح معرض للهواء العادى. ينتج عن ذلك فرق فى درجة الحرارة بين الجزئين وينتج عن ذلك تيار كهربائى حرارى thermoelectric . تتناسب شدة التيار مع شدة الاشعاع الساقط. يقيس الجزء الحساس sensor فى حالة إستعمال عنصر أو معدن عار غير مغطى أو يكون مغطى بطبقة رقيقة من البولى إيثلين الأشعة ذات طول الموجه الطويله وأيضاً ذات طول الموجه القصيرة.

وفى حالة وجود فلتر شبه مستدير فإنه يمكن الباحث من الحصول على طول موجه معين أى أنه يتحكم فى طول موجه الضوء المطلوب قياس شدتها. يمكن لهذا النوع من الأجهزة قياس شدة الضوء الكلى أو الضوء قصير الموجه والضوء المنتشر فى السماء sky radiation . عامة يوجد علاقة شبه خط مستقيم بين شدة الاشعاع وشدة التيار فى حساسية تتراوح بين ٥ إلى ١٠ ملليفولت لكل كالورى لكل سم٢ لكل دقيقة فى زمن إستجابة قدرة من عشرة ثوان إلى دقيقتين ودقة من ٢ إلى ١٠٪. يوجد نوع آخر يستعمل خليه حساسه للضوء photocell أو أنابيب لتكبير الضوء photo-multiplier كجزء حساس. حساسيه هذه الأجهزة تختلف تبعاً لطول الموجه. ولذلك عند القياس لابد من عمل ضبط للجزء الحساس sensor عند طول موجه معين وذلك قبل بدء القياس. وعند تغيير أو قياس طول موجه آخر لابد من عمل ضبط للجزء الحساس لطول الموجه الجديد قبل بدء القياس. حديثاً أمكن عمل أجهزة صغيرة الحجم خفيفة الوزن يمكن حملها بسهولة وهى portable spectroradiometers . تتميز هذه الأجهزة بقياس اشعاع ذو طول موجه معين حيث أنها مزوده بمقياس لقياس الحزمه أو الأشعه الضوئية monochrometer وبالتالى يمكن قياس شدة الاشعاع لضوء معين أو حزمه ضوئية معينه تبعاً لحاجة الباحث. تزود هذه الأجهزة أيضاً بمجسات ضوئيه خيطيه fiberoptic probes وأجزاء تيليسكوبيه إضافية telescopic accessories . وبذلك يمكن أن تستخدم بنجاح فى قياس شدة الاشعاع فى بيئة العائل والطفيل host-pathogen environment كما أنها تقيس شدة أنواع الاشعة المختلفة فى بيئة العائل والطفيل والتى تحتاجها دراسة أمراض النبات والأوبئة النباتيه.

٥- قياس شدة سقوط الأمطار ورطوبة التربه وكمية للماء على أوراق النبات (leaf wetness) :

يتضح مما سبق أن كثير من القياسات تحول إلى صورة تيار كهربائى وبذلك يمكن قياسها بدقة ونفس القاعدة تنطبق على أجهزة قياس شدة سقوط الأمطار ورطوبة التربة وبلوله الورقه leaf wetness حيث تستعمل أجزاء حساسه sensors لقياس كل حالة وتحويل ذلك إلى صورة تيار كهربائى وبذلك يمكن قياسها بدقة. توجد أجهزة كثيرة لذلك يمكن أن تأخذ

بياناتها وقراءتها وهى تعمل يدوياً. ولكن لم تعد هذه الأجهزة الآن ذات فائدة بعد وجود أجهزة فيها الجزء الحساس ووحدات فحص وكلها تعمل بالحاسب الألكترونى computer. ووجود أجهزة تعمل بالكمبيوتر فيه توفير للوقت والمجهود وتحلل بيانات أحجامها هائلة فى وقت قصير مع دقة فى التحليل لعدم وجود الخطأ الشخصى. ولبدء أى تحليل بالكمبيوتر خاص بهذه القياسات لابد أن نسأل هذه الأسئلة وتكون الإجابة عنها هى أساس عملية التحليل وهى :

أ - ما هى نوع البيانات التى يمكن قياسها لتكون معبرة وحاسمه وتعطى برهان واضح وتكون مصداقيتها القياسية مائة فى المائة. فمثلاً فى حالة سقوط الأمطار قياس إرتفاع الماء على تربة معينة فى زمن معين أحد القياسات الهامه للحكم على شدة سقوط الأمطار.

ب - ما هى أنواع الأجزاء الحساسة sensors التى تصلح لعملية القياس. فالجزء الحساس الذى يستخدم لقياس إرتفاع الماء فى شدة سقوط الأمطار يختلف عن الجزء الحساس الذى يستخدم لقياس شدة تبليل الورقه. ونوع الجهاز بالطبع مختلف.

جـ - ما هو المكان الذى توضع فيه الأجزاء الحساسه لضمان دقة القياس. فمثلاً فى حالة شدة تبليل الورقة ستوضع على الأوراق فى حالة رطوبة التربه ستوضع فى أو على التربة.

د - ما هى درجة السماح فى الخطأ وكلما قلت الدرجة كلما كان ذلك دليل على كفاءة القياس.

هـ - ما هى مدة زمن القياس وتوقيت زمن القياس.

و - كيف تحلل القياسات والبيانات للحصول على أدق البيانات المعبرة.

النظام المركزى فى تسجيل البيانات:

يوجد الآن نظام مركزى فى تسجيل البيانات الخاصة بالأمراض والأوبئة حيث يستخدم أعداد كبيرة من الأجهزة والأجزاء الحساسه والتى تنتشر وتغطى مساحات كبيرة. ومن مزايا النظام المركزى centralized systems أنه يمكن عمل مراجعة دوريه مستمرة للأجهزة المختلفة

وفى حالة وجود خطأ فى أحدها يستبعد أو يعدل. يمكن أيضاً لهذا النظام أن يستمر لمدد وفترات طويلة وبذلك يمكن دراسة الظروف البيئية الملائمة للمرض وبذلك يمكن دراسة تقدم وتطور المرض disease development . وبعد دراسة وتحديد الظروف البيئية الملائمة للمرض. يمكن عمل قياسات أو أسس تفيد للتنبوء بحدوث المرض أو الأوبئة. وبالتالى يمكن التوصيه بعمل برنامج للرش أو عدمه. يقوم الكمبيوتر بدور أساسى فى هذه الخطوات.

يستخدم الحاسب الألكترونى الآن فى التنبؤ بالأوبئة النباتية مع وصف العلاج الأمثل com-puter simulation of epidemics . يسمى البروجرام program الخاص بذلك فى حالة مرض اللفحة المبكرة فى البطاطس والطماطم بإسم EPIDEM وفى حالة مرض جرب التفاح يسمى EPIVEN وفى حالة الصدأ المخطط أى الصدأ الأصفر فى القمح يسمى EPIDEMIC وفى حالة مرض لفحة الأوراق الجنوبية فى الذرة الشامية يسمى EPICORN وفى حالة مرض لفحة الكريزانثيمم المتسبب عن الفطر *Mycosphaerella* يسمى MYCOS . وما سبق ذكره يكون على سبيل المثال حيث يوجد الآن بروجرامات للكمبيوتر - الحاسب الآلى - لكثير من أمراض النبات الوبائية وغير الوبائية. وتكون هذه البروجرامات ذات فائدة كبيرة لرجال أمراض النبات والمزارعين على السواء.