التأثير البيئى على الفيروسات

للمهندس الزراعى الدكتور وريد عبد البر وريد
مدرس فى كلية الزراعة بجامعة القاهرة

والمهندس الزراعى الدكتور محمود سليمان عطية
إخصائى بمحطة أبحاث الخضر فى مصلحة البساتين

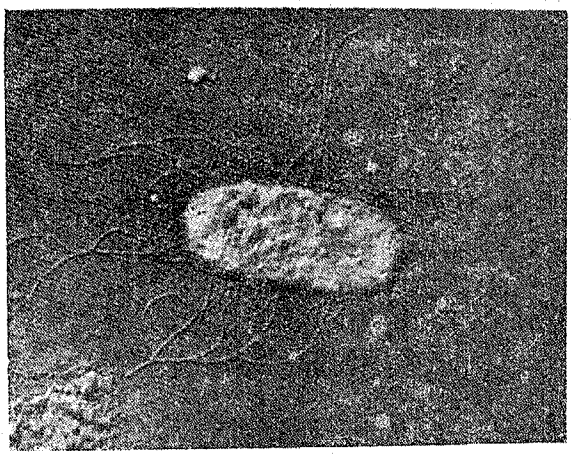
مقدمة :

بدأ اهتمام الإنسان بالنبات وتعهده فى صحته ومرضه منذ فجر المدنية ، ولا ريب أن النبات قد تعرض للأمراض وهو ما زال فى حالته البرية قبل أن يعنى الإنسان بزرعه ، فلما جاء البشر إلى هذه الدنيا واستعملوا أنواعاً من النباتات فى غذائهم أخذوا يهتمون بالحالات المرضية التى تلحق بتلك الأنواع المغذية ، وظنوا بادئ ذى بدء أن الأمراض تسببها خوارق طبيعية وعلاجها يكون بالشعوذة ودعاء الآلهة .

فلما تقدمت الزراعة وصار الاهتمام بها عظيما على مر الزمن وضعت أصول العناية بالنبات ومقاومة أمراضه بعد الكشف عن مسبباتها الحقيقية بطريقة علمية صحيحة ، إذ تكشفت الآفاق أمام الباحثين عن أسرار الطبيعة وتمكن Loewenhock من اكتشاف البكتريا عام ١٦٨٣ ، وأنشأ Pasteur البكتريولوجيا فى الفترة بين ١٨٦٠ و ١٨٦٤ ، ثم جاء Burrill وكشف عن البكتريا التى تصيب النبات عام ١٨٧٩ — ١٨٨٠ .

ولعل البكتريا هى أصغر الأحياء الدقيقة (انظر الشكل رقم ١) التى ترى بالمجهر العادى ordinary microscope ، كما أن الفيرس أصغر منها بكثير ولا يرى بالمجهر العادى ، وهو كائن دقيق الحجم جداً (انظر الشكل رقم ٢) يرى بالمجهر الألكترونى electron microscope .

ولهذا نتناول عرض موضوعنا على النحو الآتى :



شكل رقم ١ — البكتيريا Proteus bacillus
طولها ٣ ميكرونات ، وعليها أهداب عديدة
مصورة بالمجهر الالكترونى ، ومكبرة عشرة آلاف مرة (عن Wyckoff)

أولا ـ التأثير البيئى على الفيرسات .

ثانياً ـ التأثير البيئى على الأمراض المتسببة عن الفيرسات .

أولا — التأثير البيئى على الفيرسات

البحث التاريخى وراء الفيرس :

مسببات الأمراض النباتية كثيرة ، غير أنها تنقسم إلى نوعين : المعدى منها وغير المعدى ، ويتوقف هذا التقسيم على استطاعة نقل مسبب المرض إلى نباتات سليمة صناعياً ، وظهور أعراض مرضية على تلك النباتات شبيهة بتلك الأعراض التى أحدثها مسبب المرض فى بادىء الأمر .

وتنقسم الأمراض المعدية بدورها إلى مجموعتين : إحداهما تنجم عن كائنات حية تمكن رؤيتها بالعين المجردة أو بالاستعانة بالمجهر العادى ، ومثلها الأمراض الفطرية والبكتيرية والحشرية ، أما المجموعة الثانية فتسببها كائنات لا ترى بالمجهر وتتكاثر فى العائل المناسب لها أى تتكاثر فى الخلايا الحية للنبات القابل للاصابة بها ، ومثلها الأمراض الفيرسية .

شكل رقم ٢ — الفيرس Aureogenus Vastans H. (Black)
المسبب لمرض القزم الأصفر فى البطاطس، ذو جزيئات كروية الشكل قطرها ١١٠ مليميكرونات
تحت المجهر الالكترونى ، قوة التكبير ٢٢ ألف مرة (عن Brakke)

وتتخذ الفيرسات المركز الثانى فى أهميتها كمسبب للأمراض النباتية ، بينما تحتل الفطريات المكان الأول ، وإذا تركنا التاريخ يتحدث عن الفيرس فإنه يقول :

فى عام ١٨٨٢ برهن Mayer على أن مرض موزايك الدخان ينتقل بالعدوى الصناعية ، وانقضت عشر سنوات حتى جاء Iwanowski فى عام ١٨٩٢ وأثبت أن ذلك المرض يسببه كائن جزيئى أطلق عليه Beijerinck فى عام ١٨٩٨ اسم

فيرس Virus واصفاً إياه بأنه كائن أدق من البكتريا ، لأنه ينفذ خلال المرشحات التى تحجز البكتريا . ومن ثم يرجع الفضل إلى Beijerinck فى إماطة اللثام عن نوع جديد من الأحياء الدقيقة .

وخلال الفترة ١٩١٤ — ١٩١٨ كشف Allard عن الكثير من خواص الفيرسات ، وأيد العلماء الذين سبقوه فى ادعاءاتهم ، كما برهن على خطأ نظرية تماثل الفيرس بالانزيم ، واعتقد أن الفيرس كائن ultramicroscopic وما زال هذا الاعتقاد صحيحاً حتى يومنا هذا .

وفى عام ١٩١٥ اكتشف Twort البكتريوفاج ، وجاء عام ١٩٣٤ فتمكن فيه Stanley من عزل بروتين بلورى من أوراق دخان مصابة بالموازيك قادر على إحداث هذا المرض فى نباتات سليمة . وذكر Bawden and Pirie عام ١٩٣٦ أن البروتين الفيرسى يتبع البروتينات النوويه nucleo—proteins واستخدم Chester عام ١٩٣٧ الأبحاث السيرولوجية بنطاق واسع لتمييز أنواع الفيرسات المختلفة .

وقد ذكر Cook فى عام ١٩٤٧ أن الأبحاث الفيرسية تربو على العشرة آلاف بحث وأن النباتات التى تصيبها الفيرسات تزيد على ١٢٠٠ نوع تنتمى إلى نحو ٥٠٠ جنس وتسعين عائلة نباتية .

ووصف Holmes جميع أنواع الفيرسات المعروفة حتى عام ١٩٤٨ ونعتها بأسماء خاصة ورتبها فى عائلات وأجناس تبلغ ٢٤٨ نوعا .

وسار البحث عن هذه الكائنات — التى تعد لغزاً خارقا فى الطبيعة — شوطاً قصير المدى خلال الربع الأول من القرن العشرين ، وكذلك كان الحال بالنسبة للأمراض الفيرسية ، وفى الربع الثانى من هذا القرن اختلف المصير ، فاكتشفت المئات من أنواع الفيرس المختلفة فى النبات والحيوان ، وأضحت معرفتنا بها تصل إلى حد القول بأن علم الفيرسات Virology برز إلى حيز الوجود واتخذ مكانه بين العلوم البيولوجية الحديثة ، وكان ذلك عن طريق علماء الفيرس ، وشاركهم فى هذا الميدان علماء الأمراض والكيماويون والطبيعيون والفسيولوجيون وعلماء الحشرات والوراثة وغيرهم ، لأن علم الفيرسات فى الحقيقة علم واسع الأفق .

طبيعة الفيرسات وخواصها :

يوصف الفيرس بأنه كائن متطفل تطفلا إجباريا على الكائن الحى الذى يسبب له المرض ، ويحدث الفيرس أمراضاً بالنباتات الراقية والبكتريا والحشرات والحيوان والثدييات، وله حجم يقل عن ٢٠٠ مليمكرون (المليميكرون يساوى جزءا من المليون من المليمتر) ، ومن الفيرسات ما أمكن الحصول عليه فى هيئة بلورات ثم تصـــويرها ألكترونيا فبلغ طولها ٢٧٢ مليميكرونا وقطرها ١٣,٨ مليميكرونا فى حالة الفيرس Marmor tabaci H. (انظر الشكل رقم ٣) . أما الفيرس Marmor lethale H. فقد تمكن Stanley من الحصول على بروتينه النووى الذى يتراوح حجمه الجزئى بين ١٣ و ٢٠ مليميكرونا ويعد من أصغر البروتينات الفيرسية ويسبب مرض تقرح الدخان Tobacco necrosis . وينفذ الفيرس Marmor astrictum H. من أغشية مرشحات يبلغ متوسط قطر الثقوب فيها

شكل رقم ٣ — الفيرس Marmor tabaci H.
المسبب لمرض موزايك الدخان ، ذو جزيئات عصوية مكبرة
٣٠ ألف مرة بالمجهر الالكترونى (عن Johnson)

١٥٠ مليميكرونا ، بينما الفيرس Marmor cucumeris H. الذى يسبب مرض موازيك الخيار يستطيع النفاذ من أغشية قطر ثقوبها ٤٥ مليميكرونا .

هذا ويوجد الفيرس فى عصارة النبات المصاب بمرض فيرسى . وفى حالة مرض الموازيك الانجليزى فى الخيار الذى يتسبب عن الفيرس Marmor astrictum H. وجد أن اللتر من العصارة النباتية الفيرسية يحتوى على فيرس يتراوح مقداره بين ٠,٢ و٠,٣ من الجرام . بينما الفيرس Annulus dubius var. annulus H. المسبب لمرض التبقع الحلقى فى البطاطس يوجد بنسبة تتراوح بين ٠,٠٢ و ٠,١ من الجرام فى اللتر من العصارة الفيرسية .

وينتقل الفيرس حيث يصيب هدفه النباتي بوساطة التلقيح الصناعى اليدوى أو عن طريق حشرة ناقلة أو عضو تكاثر نباتى أو بوساطة التطعيم أو عن طريق التربة أو بنباتات طفيلية ، وهو يتكاثر فى خلايا العائل بطريقة مجهولة حتى الآن . ويتكون أحيانا فى تلك الخلايا بروتين نووى خاص ليس من المعتاد ظهوره ، ونتيجة لوجود الفيرس بخلية العائل لوحظ تكون أجسام بداخل الخلايا المصابة intracellular bodies ببعض أنواع الفيرسات .

وتنقسم الفيرسات إلى أنواع يختلف بعضها عن بعض فى الخواص الطبيعية ، وفى الأعراض التى تحدثها فى العوائل المختلفة ، وفى تحديد أنواع العوائل والحشرات الناقلة لها . والفيرس M. tabaci H. يستطيع أن يصيب من العوائل مائتى نوع من أنواع النباتات المختلفة المنتمية إلى ٣٦ عائلة . والفيرس Chlorogenus callistephi H. له من العوائل ما يبلغ المائة والسبعين عدا تنتمى إلى ٣٨ عائلة نباتية .

وتتميز الفيرسات بأنه توجد لبعضها سلالات مختلفة ، وإذا ما أصيب النبات بإحدى سلالات فيرس معين فإن هذه السلالة تحصن النبات ضد العدوى بكل أو بعض السلالات الأخرى لهذا الفيرس ، وتنشأ السلالات الفيرسية strains or variants جديدة فى نوعها عن طريق الطفرة mutation أو بطريق الإماعة attenuation ، أو عن طريق فيرس من نوع آخر سبق وجوده السلالة أو السلالات الجديدة بزمن طويل ، وأن معاملة العصارة النباتية المحتوية على بعض أنواع الفيرسات

بالأشعة السينية X—rays أو بأشعة جاما أدت إلى إحداث طفرات فيرسية بمعنى أن الفيرس المتأثر بالإشعاع يصبح ذا سلالات تختلف كليا أو جزئيا عن الأصل المعامل.

وتتميز بعض أنواع الفيرسات التي تصيب النبات بإحدائها أجساماً مضادة antibodies فى دم بعض الحيوانات ، ولتلك الأنواع تفاعل خاص مع هذه الأجسام يساعد على تقسيم الفيرسات إلى أنواع مختلفة .

وسواء أكان الفيرس ممثلا لنوع غيرعادى من الجزئيات أم يمثل كائنا من الأحياء الدقيقة من نوع عجيب ، وسواء أكان يتكاثر من تلقاء ذاته أم ينتج فى خلايا تحويه ، فإن الفيرس قد أكسبه الله سبحانه مواهب تجعله محور بحث للذين ينشدون تفسيراً لمعنى الحياة .

ويتطرق بنا الحديث — قبل أن نخوض فى معرفة التأثيرات الحرارية والزمنية والمائية والضوئية وغيرها على الفيرسات — إلى نقطة تثير الكثير من الاهتمام حولها . . . . تلك هى طبيعة الفيرس : هل هو كائن حى أم أنه من الكائنات التى لا حياة فيها ؟

إن لبعض الحشرات القدرة على نقل الفيرسات من النباتات المصابة إلى السليمة ، وأن العلاقة الموجودة بين الفيرس والحشرة الناقلة له من الأمور التى تثبت أن الفيرس كائن حى ، وأنه يوجد نحو ١٥٠ نوعاً من أنواع الحشرات تؤدى وظيفة نقل الفيرسات وفقاً لما ذكره Cook فى كتابه عن الفيرسات والأمراض التى تنشأ عنها ، الصادر عام ١٩٤٧ . وتنقل الحشرة من نوع معين نوعاً واحداً من الفيرسات إلى أنواع مختلفة من العوائل النباتية ، مثال ذلك الحشرة Eutettix tenellus B. التى لا تنقل إلا الفيرس Ruga verrucosans C & B المسبب لمرض تجعد القمة فى البنجر ، والذى يصيب ٩٢ نوعا من نباتات الزينة تمكن Freitag and Severin من أن يعديها صناعياً بتلك الحشرة .

ويمكن لنوع واحد من الحشرات أن ينقل أكثر من نوع واحد من الفيرسات إلى عوائل نباتية مختلفة، مثال ذلك الحشرة Myzus persicae Suly التى تنقل أكثر من ٢٥ نوعا من أنواع الفيرسات المختلفة . وأخيراً يمكن أن ينقل نوع واحد من الفيرسات بوساطة أنواع كثيرة من الحشرات ، ومثل هذا الفيرس النوع المسمى

Marmor cepae H. الذى يسبب مرض القزم الأصفر فى البصل وينقله ٤٨ نوعاً من أنواع المن .

ولم ينشر أى تقرير حتى اليوم عن وجود أثر سىء يحدثه الفيرس فى الحشرة الناقلة له ، على أن الصفات التى ترتبط بالانتقال الحشرى للفيرس انتقالا بيولوجيا يمكن تلخيصها فيما يلى :

١ — تكاثر الفيرس فى جسم الحشرة .

٢ — قضاء الفيرس فترة حضانة داخل الحشرة .

٣ — وجود نوع من التخصص بين الحشرات والفيرسات المنقولة

٤ — ارتباط الحشرة بالفيرس ارتباطاً حتمياً Obligate relationship .

٥ — وجود علاقة بين عمر أو طور الحشرة وقدرتها على نقل الفيرس .

٦ — قدرة الحشرة على نقل الفيرس من جيل إلى آخر أثناء تكاثرها .

وليست كل الصفات السابقة الذكر قائمة فى آن واحد وفى جميع حالات انتقال الفيرسات بالحشرات .

والمراجع ـ الأمريكية على الخصوص ـ عديدة فى هذا الموضوع الشيق ، ولنضرب المثل بالفيرس Lethum australiense H. فقد لوحظ أن يرقات التربس Frankliniella lycopersici A. قادرة فقط على نقل هذا الفيرس بينما حشرات التربس البالغة غير قادرة على ذلك إلا إذا تغذت وهى فى الطور اليرقى على نبات مصاب . أما فترة الحضانة latent or incubation period التى يجب أن يقضيها بعض أنواع الفيرسات فى جسم الحشرة الناقلة قبل أن تكون الأخيرة قادرة على نقل الفيرس بعد أن أخذته فى جسمها حين تغذيتها على نبات مصاب فسيأتى الكلام عنها فيما بعد ، ونذكر هنا مثلين فقط : الأول هو حال الفيرس Ruga verrucosans C & B الذى يمضى فترة حضانة طولها يتراوح بين ٤ و ١٢ ساعة فى جسم الحشرة الناقلة Eutattix tenellus B. والمثل الثانى هو الفيرس Chlorogenus Callistephi H. الذى يتحتم عليه أن يقضى فترة حضانة طولها بين ١٧ و ٢٦ يوماً فى جسم الحشرة الناقلة Macrosteles divisus Uhl. .

لقد صور Plakidas فى عام ١٩٤٧ طبيعة الفيرسات فأبدع التصوير حين ذكر الشواهد التى تؤيد أن الفيرس كائن حي ، وتلك التى تشير إلى أن الفيرس كائن غير حى ، ثم أردف يقول إنه « لا يمكن دحض إحـــداها ولـكن فهمها يتأتى على الوجهين المتضادين ظاهرياً » ، وجاء ذكرها كذلك فى كتاب Cook سنة ١٩٤٧ وكأنهما كانا على ميعاد فى جامعة واحدة هى جامعة لويزيانا . والشواهد التى تؤيد أن الفيرسات كائنات حية هى :

١ — قدرتها على التـكاثر .

٢ — تمضيتها فترة حضانة بداخل جسم الحشرة الناقلة .

٣ — نمو بعض أنواع الفيرسات التى تصيب الحيوان على بيئة تحتوى على خلايا حية للعائل .

٤ — التركيب الجزئى للفيرسات .

٥ — تأثرها بالعوامل الطبيعية والـكيماوية .

٦ — قدرتها على إكساب المناعة ، وخاصة فى حالة أمراض الفيرس الحيوانية .

٧ — نشوء سلالات أو طفرات لأنواع من الفيرسات .

وهناك شـواهد أخرى تدل على أن الفيرسات كائنات غير حية ، وتتلخص فيما يلى :

١ — صغر الحجم المتناهى للفيرس ، إذ أن هناك ثغرة كبيرة بين حجم أصغر أنواع البـكتريا والبروتوزوا وبين حجم الفيرسات .

٢ — التـكاثر السريع للفيرس فى العائل .

٣ — مقاومة الفيرسات للجفاف مدة طويلة .

٤ — تشابه بعض خواصها بخواص الانزيمات .

٥ — احتفاظ البروتينات المبلورة للفيرسات بالقدرة على إحداث العدوى .

ويقول Seiffert عام ١٩٤٤ « دع الحقائق المعروفة عن الفيرسات تتحدث عن نفسها ، واعتبر بل توقع إمكانية وجود كل الاحتمالات ، ولـكن لا تأخذ بشىء معين فى الوقت الحاضر ، والمستقبل كفيل بإشعاع نور جديد فى موضوع الفيرسات » .

أما البحاثة Cook فانه بعد أن راجع أكثر المراجع العلمية عن الفيرسات حتى عام ١٩٤٧ نظر إلى طبيعة الفيرسات من الوجهة النظرية ممثلة فى أحد الأمور الآتية:

١ — أنها كائنات حية فقدت القدرة على تكوين مادة الحياة Protoplasm من تلقاء ذاتها ولكنها احتفظت بقدرتها على التكاثر واضطرت للمعيشة فى سيتوبلازم خلية العائل .

٢ — أنها جزيئات حية ، وأنه لا وجود لحد فاصل بين الكائنات الحية وغير الحية .

٣ — انها تمثل قنطرة تربط بين الكائنات الحية وتلك التى لاحياة فيها .

٤ — انها أحياء من نوع بسيط جدا .

٥ — انها أنواع لكائنات حية تدهورت إلى حد كبير من جراء طول تطفلها على خلايا العائل الحية .

٦ — انها نوع خاص لكائن حى خلق بصورة تغاير صور الكائنات الحية التى وصلت إلى حد معرفتنا .

ولاريب أن كثيراً من طلاب العلم اليوم متفقون على عدم وجود خط بين يفصل الأحياء عن غير الأحياء ، فالباحث البيولوجى يعتبر الفيرسات أبسط كائن حى خلقه الله ، بينما الكيميائى ينظر إليها كأنها مادة كيميائية معقدة التركيب تماماً ، ولها بعض الخواص التى توصف بها الحيـــاة ، وأنها تكون الحلقة المفقودة بين البروتينات والكائنات الحية .

ويختم Cook حديثه قائلا « إننا لعلى يقين إذا قلنا إن بلورات الفيرس البروتينية الدائبة فى محلول بخلية العائل الحى تتخذ فى مسلكها سبيل الكائن الحى ، وكثير من علماء الفيرس يعتبرونها كائنات متطفلة إجبارياً رغم أنها أدق الكائنات المتطفلة » .

وتشير كافة الأبحاث إلى تباين أنواع الفيرسات تبايناً كبيراً بالنسبة إلى درجة تأثرها بالعوامل البيئية كالحرارة ، والضوء ، والضغط ، والتخفيف بالماء والتعمير فى أنابيب الاختبار والتركيز الأيوني للايدروجين ، والتجفيف والتجميد ، وتتأثر كذلك بغذاء العائل .

التأثير الحرارى :

لكل فيرس حد حرارى يفقد عنده قدرته على إحداث العدوى . وقد اصطلح العلماء على إيجاد « نقطة الإبادة الحرارية » Thermal inactivation point وعندها يقتل الفيرس إذا ما تعرضت العصارة الفيرسية النباتية إلى درجة حرارة معينة لمدة معينة . وتعرف نقطة الإبادة الحرارية بأنها درجة الحرارة الثابتة التى عندها يقضى على حيوية الفيرس بتسخين العصير الفيرسى لمدة ١٠ دقائق .

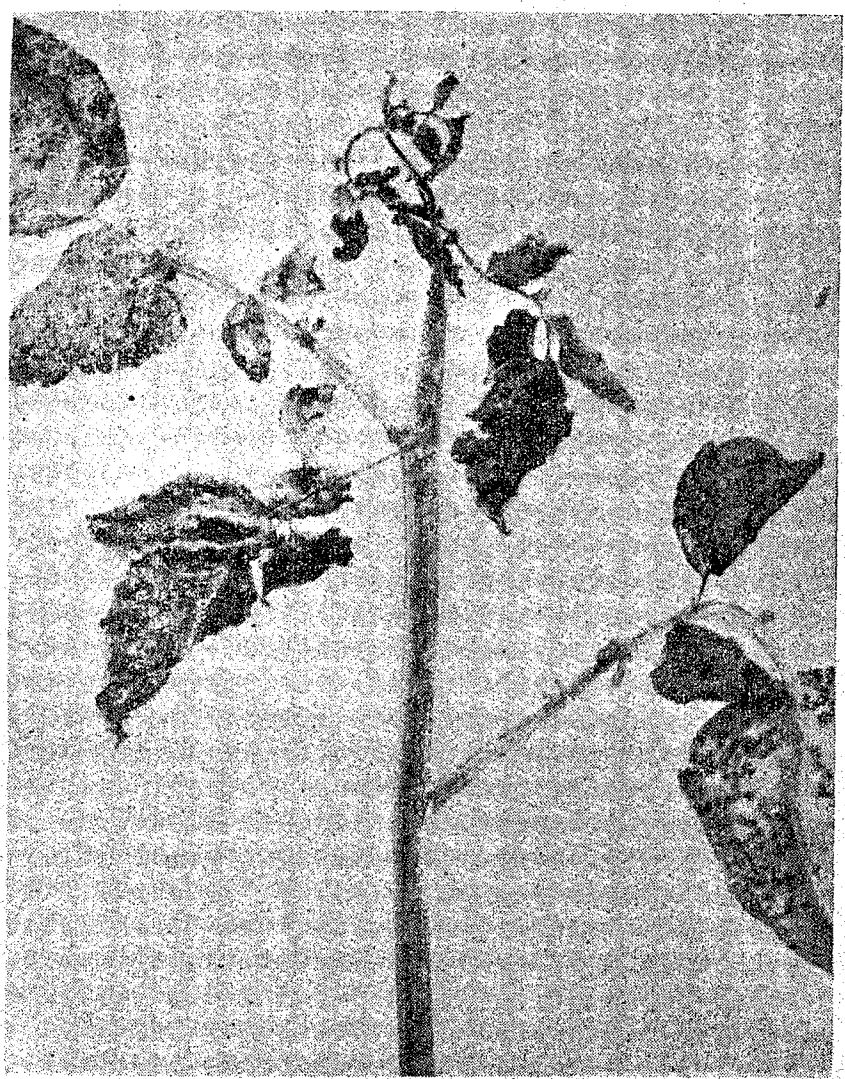
وهناك من الفيرسات ما تقتله درجات حرارة منخفضة نسبياً ، ومثلها الفيرس Lethum australiense H. المسبب لمرض التبقع الدبولى فى الطماطم ، إذ أن له نقطة إبادة حرارية تتراوح بين ٤٢ و ٤٥°م . والفيرس Marmor upsilon H. المسبب لمرض تحزم العروق veinbanding فى البطاطس ذو نقطة إبادة حرارية قدرها ٥٢°م. أما الفيرس Annulus dubius H. المسبب لمرض البرقشة فى البطاطس mottle فإنه تعلو فيه نقطة الإبادة الحرارية إلى ٦٦° م . ولهذا الفيرس الأخير سلالة تسمى A. dubius var annulus H. تقتلها درجة حرارة ٧٢°م وتسبب مرض التبقع الحلقى فى البطاطس Potato Virus X - ringspot strain . (انظر الشكل رقم ٤)

أما الفيرسات المحبة للحرارة فمثلها الفيرس Marmor lethale H. المسبب لمرض تقرح الدخان ، فقد ثبت أن له نقطة إبادة حرارية تتراوح بين ٩٠° و ٩٢°م ولكنه يقاوم حرارة جافة تصل إلى ١٠٠°م لمدة ١٥ دقيقة . والفيرس Marmor tabaci H. المسبب لموزايك الدخان له نقطة إبادة حرارية قدرها ٩٣°م ، ولهذا لم يفقد حيويته تماما عندما احتفظ به لمدة ٢٠ يوما على درجة ٨٠°م فهل يا ترى الإنسان قادر على الاحتفاظ بحيويته كهذا الفيرس الذى يكاد يكون قطعة من جهنم ؟

لقد تمكن Holmes فى عام ١٩٣٤ من الحصول على سلالة ضعيفة الحيوية من هذا الفيرس يحفظ سيقان طماطم مصابة به لمدة ١٥ يوما على درجة حرارة ٣٤,٦°م.

وأعلن Brierley فى ١٩٥٢ أن الفيرس المسبب لمرض Chrysanthemum stunt يحتفظ بحيويته حتى بعد غليان العصارة الفيرسية مدة ١٠ دقائق . ووجد

Warid and Plakidas عام ١٩٥٢ أيضاً أن مرض موزايك اللوبيا تسببه عدة أنواع من الفيرسات منها الفيرس Vigna Virus I الذى يفقد حيويته عند نقطة



شكل رقم ٤ — أعراض الإصابة بالفيرس
Annulus dubius var. annulus H.
كما تبدو فى صورة بقع وتخطيط تقرحى فى أنسجة الأوراق والساق
وقنة نبات البطاطس (عن Walker)

إبادة حرارية تتراوح بين ١٠٤ و١٠٨°م ، والفيرس المركب Complex I الذى يظل حياً بعد غليان العصارة الفيرسية مدة ١٠ دقائق على درجة ١٠٨°م. وهذه الفيرسات الثلاثة تثير الدهشة حقاً ولكن الخالق سبحانه أوجد من الكائنات الحية ما يعيش طبيعياً فى درجة ٨٧°م ومثلها الطحالب الخضراء والزرقاء .

وجفف Harrison فى عام ١٩٣٥ بذور الفاصوليا الناتجة من نباتات مصابة بالموزايك الذى يسببه الفيرس Marmor phaseoli H. ، على درجات حرارة ارتفعت إلى ١٣٠°م لمدة ٢٠ دقيقة ، وتشير النتائج إلى أن الجنين فى البذرة ما زال حيا ، وما زال الفيرس حيا كذلك ، لأن البادرات النامية ظهر عليها المرض الذى انتقل عن طريق البذرة .

وعندما عوملت براعم الخوخ المصابة بمرض التورد الناتج عن الفيرس Nanus rosettae H. لمدة ساعتين فى درجة حرارة ٤٠°م لم يلحق الفيرس أى ضرر ، ولكنه فقد حيويته عندما ارتفعت درجة الحرارة إلى ٥٠°م لمدة تراوحت بين ٨ و ١٠ دقائق . أما البراعم المصابة بالموزايك الذى يسببه الفيرس Marmor persicae H. فقد قضى على الفيرس فيها بمعاملتها حرارياً فى درجة ٥٠°م لمدة تتراوح بين ٣ و٤ دقائق . وهذا هو مثل لبعض الفيرسات التى تصيب البطاطس كتب عنه Kassanis عام ١٩٥٠ فى بحث ممتع :

إذ حفظ درنات بطاطس مصابة بأمراض فيرسية محددة على درجة حرارة ثابتة قدرها ٣٧,٥°م لفترات مختلفة فوجد أنه قضى على الفيرس Corium solani H. فى مدة ٢٥ يوماً بينما الفيرسان Marmor upsilon H. and Marmor dubius H. لم يتأثرا بتلك المعاملة الحرارية لمدة ٤٥ يوماً .

والأمثلة على مدى التأثير الحرارى على الفيرسات كثيرة متشعبة ، نختمها بالبحث الذى أجراه العالمان : Pound & Walker عام ١٩٤٥ عن تأثير درجة الحرارة التى تنمو فيها نباتات الكرنب على درجة تركيز نوعين من الفيرسات يصيبان هذا المحصول، فقد وجد هذان العالمان أن تركيز الفيرس Marmor brassicae H. يزيد فى النباتات النامية فى درجة ٢٨°م على نظيره فى النباتات النامية فى درجة ١٦°م ، وكان العكس صحيحاً فى حالة الفيرس Marmor Cruciferarum H. .

أما أثر التجميد freezing فقد لاحظ Bowden and Pirie عام ١٩٥٠ أن تجميد أوراق الدخان المصابة بمرض التقرح المسبب عن الفيرس Marmor Iethale H. قبل تقطيعها لاستخراج عصارتها الفيرسية قد أدى إلى إضعاف حيوية الفيرس عما لو قطعت الأوراق دون سابق تجميد . ويذهبان فى تعليلهما لهذا الإضعاف إلى أن تجميد الأوراق يؤدى إلى ضياع أو إتلاف مواد فى أنسجة الورقة كانت بطبيعة الحال تتفاعل مع الفيرس وتجعله قادراً على إحداث العدوى بدون أى فقد فى حيوية الفيرس .

وقد ذكر Severin عام ١٩٣٣ أن الفيرس Ruga verrucosans C & B. ما زال محتفظا بحيويته بعد أن أمضى ١١ شهرا وثمانية أيام فى درجة ١٨°م تحت الصفر .

واتخذ بعض العلماء نقطة الإبادة الحرارية أساساً لأبحاث تهدف إلى مقاومة الأمراض الفيرسية فعاملوا النباتات المصابة بدرجات حرارة كافية لوقف نشاط الفيرس أو القضاء عليه قضاء تاما دون أن يمس النباتات ضرر ما . ومن الأمثلة البارزة فى هذا السبيل تلك التى ضربها Edgerton ومدرسته فى مقاومة مرض التخطيط الأصفر Chlorotic streak بالقصب فى ولاية لويزيانا ، وذلك بمعاملة التقاوى (العقل) بالماء الساخن بغمرها فى ماء درجة حرارته ٥٢°م لمدة ٣٠ دقيقة . وتقاوم بعض أمراض الخوخ الفيرسية على الوجه الآتي :

فى الأمراض التى تسببها الفيرسات :

Chlorogenus persicae H., C. persicae var. vulgaris H., and C. persicae var. micropersica H.

تغمر أقلام التطعيم فى حمام مائى درجته ٥٠°م لمدة ثلاث دقائق ، وفى حالة المرض الذى يسببه الفيرس Nanus mirabilis H. تغمر الشجرة المصابة فى ماء درجة حرارته ٤٨°م لمدة ٤٠ دقيقة .

التأثير الزمنى :

يقصد به مدى تعمير الفيرس فى عصارة تحتويه حفظت فى أنبوبة اختبار

أو ما شابهها من الأوعية الزجاجية عند خزنها فى درجة حرارة المعمل (نحو ٢٠°م) ويطلق علماء الفيرس الاصطلاح « aging in vitro » على عدد الساعات أو الأيام التى يصير عندها الفيرس المخزن بالطريقة السابقة غير قادر على إحداث العدوى .

والمعروف أن الفيرسات يختلف بعضها عن بعض فى قدرتها على التعمير ، فمثلا الفيرس Lethum australiense H. يعمر مدة أقصاها ٥ ساعات ، والفيرس Marmor upsilon H. يعمر ٣٦ ساعة ، بينما يعمر الفيرس Aunulus dubius H. ثلاثة أشهر .

أما الفيرس Annulus dubius var. aunulus H. فإنه يتميز بطول عمره إذ يمكث حياً فى عصارة مخزنة على درجة تتراوح بين ١٦ و ٢٠°م لمدة ٣٦٠ يوماً يفقد بعدها حيويته .

تأثير التجفيف desiccation :

يوجد تباين كبير بين أنواع الفيرسات فى مدى احتفاظها بحيويتها إذا ما تركت فى الأنسجة الجافة للعائل تحت الظروف البيئية العادية ، وفى بعض الأحيان يستعان بمواد التجفيف الكيماوية . ولعل أبرز مثل فى هذا المضمار هو الفيرس : Marmor tabaci H. المسبب لموزايك الدخان الذى وجده Valleau and Johnson عام ١٩٣٥ ما زال محتفظاً بحيويته بعد مرور ٥٣ سنة على وجوده فى أوراق دخان جافة .

وتختلف مدة بقاء الفيرس الواحد حياً تبعاً لنوع العائل المجفف ، فقد لاحظ Burnett عام ١٩٣٤ أن الفيرس Annulus dubius H. مازال حياً بعد مضى ٢٨٦ يوماً فى أنسجة نبات الدخان ، وبعد ٢٦٣ يوماً فى أنسجة البطاطس ، ولكنه فقد حيويته بعد ٥٠ يوماً فى أنسجة الطماطم . أما الفيرس Marmor upsilon H. فقد ظل حياً مدة ٥٠ يوماً فى أنسجة البطاطس ، ولكنه فقد قدرته على إحداث العدوى بعد أن ظل ١٧ يوماً فقط فى أنسجة الدخان .

هذا الفيرس Marmor upsilon H. الذى فقد حيويته بعد ١٧ يوماً من وجوده فى أنسجة الدخان الجافة والمتروكة تحت الظروف العادية أمكن الاحتفاظ

به حياً مدة ١٦ شهراً فى نفس الأنسجة ، ولكن بعد حفظها على درجة ٤°م وكان التجفيف بواسطة كلورور الكالسيوم .

التأثير المائى :

أن تخفيف العصارة النباتية الفيرسية بالماء يؤثر فى حيوية الفيرس الموجود بالعصارة المخففة . ولكل نوع من أنواع الفيرسات « نقطة إبادة مائية » Dilution inactivation point اصطلح على أنها درجة التخفيف بالماء « أو بمحلول متعادل buffer solution » يفقد الفيرس عندها حيويته باستعمال عصارته المخففة إلى تلك الدرجة فى عمليات التلقيح الصناعية .

ومن الفيرسات ما هو حساس للتخفيف بالماء ، ومثلها الفيرس Aunulus orae H. الذى يفقد حيويته فى عصارة مخففة بنسبة ١ : ٣٠ ، ويسبب مرض التخطيط فى الدخان . أما الفيرس Marmor tabaci H. الذى يسبب مرض موزايك الدخان فيظل محتفظاً بقدرته على إحداث العدوى فى تخفيف وصل إلى نسبة ١ : ١ مليون . وتصاب البطاطس بعدة أنواع من الفيرسات تضم الفيرس Marmor upsilon H. وله نقطة إبادة مائية قدرها ١ : ١٠٠٠ والفيرس Annulus dubius H. تعلو فيه نقطة الإبادة المائية إلى ١ : ١٠ آلاف ، والفيرس Annulus dubius vra. ansnlus بلغت فيه نقطة الإبادة المائية ١ : ٥ مليون.

التأثير الضوئى :

تحطم الأشعة فوق البنفسجية ultra - violet الفيرسات فى بطء شديد أكثر منه فى حالة تحطيمها البكتريا . ويفقد الفيرس Marmor tabaci H. حيويته إذا ما تعرض لتلك الأشعة لمدة ساعة واحدة . وتدل الأبحاث الخاصة بالفيرس Annulus dubius H. على أنه يفقد قدرته على إحداث العدوى إذا ما تعرض للأشعة فوق البنفسجية مدة ٣٠ دقيقة أو عند تعرضه للأشعة السينية ٦ ساعات .

وقد أجرى Pound and Walker عام ١٩٤٥ بحثاً ممتعاً عن تأثير طول الإشعاع النهارى day - length فى درجة تركيز الفيرس Marmor brassicae H.

الذى يسبب مرض موازيك الكرنب ، فلم يتحصلا على فرق مؤكد بين تركيز الفيرس فى الكرنب النامى تحت إشعاع نهارى طوله ١٥ ساعة ومثيله فى الكرنب النامى فى بيئة يقصر فيها الإشعاع النهارى إلى ٨ ساعات .

تأثير الضغط Pressnre :

يفقد الفيرس Marmor lethale H. حيويته تحت ضغط يتراوح بين٣و٥آلاف جوى بينما يقاوم الفيرس Marmor tabaci H. ضغطاً قدره ٨ آلاف جوى. ونتائج Lauffer and Dow فى عام ١٩٤١ تشير إلى أن الفيرس الأخير فقد حيويته عندما تعرض لضغط مقداره ٧٥٠٠ كيلو جرام/سم٢ فى دقائق معدودة .

تأثر الفيرسات بغـــذاء العائل :

لعل حالة موازيك الدخان ، وإصابة نباتات الدخان بالفيرس المسبب لهذا المرض والذى يطلق عليه اسم Marmor talaci H. ، من الحالات التى درست جيداً . فقد لوحظ أن تركيز الفيرس فى النباتات المغذاة بأزوت يبلغ خمسة أضعاف تركيزه فى النباتات التى لم يضف إلى غذائها هذا العنصر ، كما أن العصارة الفيرسية المأخوذة من نباتات توفر لها غذاء أزوتى عالى القدر تحتوى على فيرس يبلغ تركيزه اثنى عشر ضعفاً عما هو فى عصارة نباتات معاملة بغذاء أزوتى منخفض النسبة .

ووجد Bawden and kssaanis فى عام ١٩٥٠ أن نباتات الدخان الملقحة بالفيرس Marmor tabaci H. قد ازداد فيها تركيز الفيرس عند إمدادها بعنصر الفوسفور أو بعنصرى الفوسفور والأزوت معاً ، وأن درجة تركيز الفيرس قد زادت بنسبة قليلة جداً عند إضافة الأزوت فقط ، وتعلو بعض الشىء باضافة الفوسفور فقط ، ولكنها تتضاعف مرتين تقريباً باضافة الفوسفور والأزوت معا . أما عن محتويات العصارة النباتية من الفيرس فقد لوحظ أن نسبته قليلة فى حالة إضافة الأزوت وحده ، وعالية عند إضافة الفوسفور وحده ، غير أن إضافتهما معاً قد زادت من محتويات العصارة للفيرس بمقـــدار يتراوح بين ٥ و ١٠ أضعاف محتوياتها إذا لم يضف أى العنصرين .

ثانياً — التأثير البيئى على الأمراض المتسببة عن الفيرسات :

من المعروف أن الفيرسات المختلفة تسبب كذلك أمراضاً مختلفة إذا ما أصيبت النباتات بها ، ويمكن تشخص هذه الأمراض بما يظهر من أعراض على النباتات نتيجة لوجود فيرس ما فى هذا النبات . على أن الفيرس الواحد كثيراً ما تكون له سلالات مختلفة تسبب كل منها أعراضاً خاصة بها تحت ظروف معينة على عائل معين . وهذه الأعراض تتغير للسلالة الواحدة تحت ظروف بيئية مختلفة .

ونظراً لعدم القدرة على رؤية الفيرس فاننا نستدل على وجوده فى نبات ما بالأعراض التى يسببها ، وكثيراً ما تكون هذه الأعراض مرضية تضعف من غلة النبات وقيمته الاقتصادية ، وسنتكلم على تلك الحالات المرضية بالتفصيل فيما بعد . هذا وتوجد بعض حالات قليلة تزيد فيها قيمة النبات المصاب بالفيرس عن غير المصاب كبرقشة التيولب الجذابة .

وأعراض أمراض الفيرس المهمة هى الموازيك mosaic والتبرقش mottle والتخطيط streak والاصفرار yellous والتقرح necrosis ، ووجود هذه الأعراض وغيرها مما يتسبب عن وجود الفيرس فى النبات هو الدلالة الوحيدة على وجود الفيرس بالنبات (انظر الشكل رقم ٥) ، على أن هناك حالات تكون فيها الأعراض مقنعة

الشكل رقم ٥ — موزايك اللوبيا ، وفيه (G) يوضح ظاهرة التقرح القمى ، وتشوه الأوراق ، وتقلص الأنسجة والفيرس المسبب هو Complex No 1 وفيه (D) يوضح ظاهرة شفافية العروق المسببة عن الفيرس Vigna Virus I

masked ،أولا توجد إطلاقا ويسمى النبات فى هذه الحالة حاملا للمرض carrier .

وكلما زادت أعراض المرض وضوحاً ازداد تركيز الفيرس فى النبات ، وتتأثر هذه الأعراض المرضية بعوامل كثيرة : تهمنا منها الآن العوامل البيئية التى نذكر منها : الحرارة ، والرطوبة ، والضوء ، والغذاء النباتى ، وعلاقة ذلك بالحشرات الناقلة .

تأثير الحرارة :

(ا) على الأعراض المرضية :

١ — تتغير الأعراض التى يسببها الفيرس بتغير درجات الحرارة ،فموزايك الدخان مثلا يسبب أعراضاً خفيفة mild إذاحدثت الإصابة تحت درجة حرارة أقل من ٧°م ويحدث أعراضاً عادية تحت درجات حرارية تتراوح بين ٧ و ٣٥°م . أما فوق درجة ٣٥°م فانه لا تظهر أعراض مرضية بتاتاً ، كما لوحظ أن التغيير فى درجات الحرارة فى الفصول المختلفة على مدار السنة يتبعه تغيير فى الأعراض التى تنتج عن الاصابة بالفيرس . ولقد قرر Valleau أن استمرار الفيرس فى نشاطه وإمكان الحصول عليه ونقله من نبات إلى آخر بحالة صالحة للعدوى وإحداث المرض يختلف باختلاف العوامل الجوية ، وقد ذكر Wingard أن العقل المأخوذة من نباتات سبقت إصابتها بالفيرس ولكن أعراض الاصابة لم تعد ظاهرة عليها لارتفاع درجة الحرارة أو لكبر سنها قد أعطت عند زراعتها نباتات مظهرها معافى وإن كان بها الفيرس ولكن بتركيز حوالى ١٠ — ٢٠٪ من التركيز الأصلى .

٢ — كما أن الحرارة تؤثر فى الجزء الذى تظهر عليه الأعراض لاصابته بالفيرس ، فمثلا فيرس البطاطس Y (المسمى Marmor upsilon H.) يعطى بثرات محلية على الأوراق تحت درجات الحرارة العادية ، ولكن إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى ٢٧°م فانه يعطى إصابة داخلية systemic infection فى كل النبات، على أن تأثير درجات الحرارة على تغيير الأعراض المرضية هو تأثير مؤقت فى أغلب الأحيان ،ولكن فى حالة موزايك الدخان يصبح التأثير دائماً غير متغير ، كما أن زيادة درجة الحرارة تسبب زيادة فى عدد البثرات المحلية الفيرسية .

(ب) على الحشرات الناقلة للفيرسات :

من المعروف أن بعض أنواع الفيرسات تنتقل من نبات إلى آخر عن طريق الحشرات ، وأن الحشرات الناقلة تنقسم إلى قسمين : فبعضها ينقل بصفة مستديمة بعد أن يأخذ الفيرس مرة واحدة والبعض الآخر ينقل بصفة غير مستديمة ويحتاج إلى أن يمون بالفيرس كلما نصب معينه ، والقسم الأول يطلق عليه Persistent والثانى يسمى non—persistent .

ذلك لأن العلاقة بين الفيرس والحشرة فى القسم الأخير علاقة ميكانيكية فقط ، أما فى الحالة الأولى فهى أمتن من ذلك ، وفى أكثر الحالات لا بد أن تمر فترة من الزمن بين الوقت الذى تأخذ فيه الحشرة الفيرس والوقت الذى تصبح فيه قادرة على إحداث العدوى به وتسمى هذه الفترة بالحضانة .

لقد ثبت أن فترة الحضانة تتأثر فى بعض الحالات بدرجات الحرارة ، فمثلا فى حالة مرض اصفرار الآستر (الذى يسببه الفيرس Chlorogenus callistephi H. تمتد هذه الفترة عادة فى الحشرة الناقله من ١٠ إلى ١٧ يوماً ، ولكن إذا تعرضت هذه الحشرة لدرجة حرارة ٣٥°م تصبح أقدر على نقل العدوى بعد فترة تتراوح بين ١٠ و ١٥ يوما ، هذا إذا كان تعرض الحشرة للحرارة المرتفعة استغرق فترة قصيرة فقط . أما إذا كان تعرضها استغرق فترة طويله فان الحشرة تفقد القدرة على إحداث العدوى فقدانا تاما وكذلك تفقدها بصفة دائمة . فسر ذلك Kunkel على أن تعرض الحشرة فترة قصيرة لدرجة الحرارة المرتفعة قد يسبب وقف نشاط الفيرس مؤقتا وتتتبع ذلك زيادة تكاثره ، أما حينما تطول فترة تعرض الحشرة للحرارة العالية ، فان ذلك ينتج قتل الفيرس نهائيا .

ويمكن القول من ناحية أخرى بأن ارتفاع ددجات الحرارة يقصر من طول الفترة التى يمكثها كل طور من أطوار الحشرة حتى تصل إلى طور الحشرة الكاملة . ويكون من أثر ذلك زيادة عدد الحشرات بزيادة أجيالها وسرعة تكاثرها . وكلما زاد عدد الحشرات الناقلة للفيرس كانت هناك فرصة أكبر لانتشار الأمراض الفيرسية .

تأثير الرطوبة :

إن ارتفاع درجة الرطوبة الجوية تتبعه زيادة عدد الحشرات، مثلها فى ذلك مثل درجات الحرارة المرتفعة .

وقد ذكر Webb فى عام ١٩٢٧ أن زيادة الرطوبة الأرضية أدت إلى وضوح أعراض مرض التورد والتبرقش فى القمح ، ولم تبد هذه الأعراض تحت ظروف الرطوبة المنخفضة . ويعمل الرى على ظهور أعراض مرض تجعد القمة فى البنجر ، بينما فى الحقول الجافة يندر أن توجد الأعراض واضحة للعيان .

تأثير الضوء :

زيادة تركيز القوة الضوئية يقلل من الوقت اللازم لظهور أعراض بعض الأمراض الفيرسية بعد أن تبدأ إصابة النبات بالفيرس . كما أن زيادة تركيز الضوء لها تأثير على تحمل النبات للفيرس بمعنى أن بعض النباتات تتحمل الإصابة بالفيرس تحت الضوء الشديد ويقل احتمالها تحت ضوء ضعيف أو بالعكس . هذا ويبدو أن أعراض الأمراض الفيرسية تكون خفيفة إذا كانت النباتات المصابة مظللة ، كما أنه توجد علاقة بين قوة تركيز الضوء ودرجات الحرارة فى تأثيرهما على شدة الأعراض المرضية ، فاختلاف شدتهما معا يتبعه اختلاف فى عدد وحجم البثرات الفيرسية المحلية .

تأثير الغذاء النباتى :

أوضح Selman عام ١٩٤٥ أن نباتات الحس التى كانت أكثر تعرضا للاصابة بمرض الموازيك المسبب عن الفيرس Marmor lactucae H. هى التى غذيت بأزوت عالى المقدار وفوسفور بكمية متوسطة ، ومن جهة أخرى كانت النباتات المقاومة لهذا المرض هى التى تغذت بغذاء نسبة الأزوت فيه منخفضة وكان الفوسفور بكمية كبيرة .

وتدل النتائج التى حصل عليها Brieley and Stuart عام ١٩٤٦ على أن زيادة معدل التسميد النتراتى لنباتات البصل قد أدى إلى زيادة عدد النباتات القابلة للاصابة بمرض القزم الأصفر المسبب عن الفيرس Marmor cepae H. ، فضلا عن شدة الأعراض المرضية التى تبدو على النباتات المصابة .

ووجد بعض الباحثين أن الأعراض فى بعض الأمراض الفيرسية تخف معالمها فى النباتات المصابة فعلا عند إضافة كميات زائدة من النترات إلى التربة .

LITERATURE CITED

(1) ALLARD, H.A.

Effects of various salts, acids, germicides etc. upon the infectivity of the virus causing the mosaic disease of tobacco.
J. Agr. Res. 13:619-637. 1918

(2) BAWDEN, F.C.

Plant viruses and virus diseases.
Chronica Bot. Mass. 3rd. ed. 335 pp. 1950.

(3) BAWDEN, F.C. AND KASSANIS, B.

Some effects of host-plant nutrition on the multiplication of viruses.
Ann. Appl. Biol. 37:215-228. 1950.

(4) BAWDEN, F.C. AND PIRIE, N.W.

Some effects of freezing in the leaf, and of citrate in vitro, on the infectivity of a tobacco necrosis virus.
J. Gen. Microb. 4:482-492. 1950

(5) BRIERLEY, P.

Exceptional heat tolerance and some other properties of the chrysanthemum stunt virus.
Plant Dis. Reptr. 36:243-244. 1952.

(6) BRIERLEY, P. AND STUART. N W.

Influence of nitogen nutrition on suseptibility of onions to yellow-dwarf virus.
Phytopath. 36:297-301. 1946.

(7) BURNETT, G.

The longevity of the latent and veinbanding viruses of potato and dried plant tissue.
Phytopath. 24:215-227. 1934.

(8) CHESTER, K.S.
Serological evidence in plant virus classification. Phytopath. 25:686-701. 1935.

(9) CHESTER, K.S.
Separation and analysis of virus strains by means of precipitin tests.
Phytopath. 26:778-785. 1936.

(10) CHESTER, K.S.
Serological studies of plant viruses.
Phytopath. 27:903-912. 1937.

(11) CHESTER, K.S.
Nature and prevention of plant diseases.
Blakiston Co. Philad. 2nd ed. 525 pp. 1947.

(12) COOK, M.T.
Viruses and virus diseases of plants.
Burgess Co. Minn. 244 pp. 1947.

(13) DARBY, J.F., LARSON, R.H., and WALKER, J.C. Variation in virulence and properties of potato virus Y strains.
Wis. Agr. Exp Sta. Res. Bul. 177. 1951.

(14) HARRISON, A.L.
The physiology of bean mosaic.
N.Y. Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. 235. 1935 (Geneva).

(15) HOLMES, F.O.
Order Virales. The filterable viruses.
Suppl. 2. Bergey's Manual Determ. Bacteriology. Will. & Wilkins Co. Baltimore. 6th ed. 1948.

(16) KASSANIS, B.
Heat inactivation of leaf-roll virus in potato

tubers. Ann. Appl. Biol. 37:339-341.1950.

(17) KUNKEL, L.O.
Effect of heat on ability of Cicadulia sexnotata (Fall) to transmit aster yellows.
Amer. J. Bot. 24:316-327. 1937.

(18) LADEBURG, R.C., LARSON, R.H., and WALKER J.C. Origin, interrelation, and properties of ringspot strains of virus X in American potato varieties.
Wis. Agr. Exp. Sta. Res. Bul. 165. 1950.

(19) LEACH, J.G.
Insect transmission, of plant diseases.
McGraw - Hill Book Co. N.Y. 615. pp. 1940.

(20) PLAKIDAS, A.G.
Virus diseases. General survey : History and problems of plant virus research.
Seminar, Sept. 24, 1947 (La. State Univ.)

(21) POUND, G.S. and WALKER, J.C.
Effect of air temperature on the concentration of certain viruses in eabbage.
J. Agr. Res. 71:471.485. 1945.

(22) PRICE, W.C.
Book review : Plant viruses and virus diseases by F. C. Bawden. Chron. Bot. 1950.
Agronomy J. 43:102. 1951.

(23) REED, H.S.
A short history of the plant sciences.
Chron. Bot. Mass. 320 pp. 1942.

(24) SEIFFERT, G.
Virus diseases in man, animal,and plant.
Philosoph. Libr. N.Y. 332 pp. 1944.

(25) SELMAN, I.W.
The susceptibility of lettuce to mosaic virus in relation to nitrogen, phosphate, and water supply. J. Pomol. & Hort. Sci. 21:28.33.1945

(26) SMITH, K.M.
A textbook of plant virus diseases.
J. & A. Churchill. London. 615 pp. 1937.

(27) SMITH, K.M.
Plant viruses.
Methuen & Co. London. 78 pp. 1948.

(28) STANLEY, W.M.
Viruses.
Currents in Bioch. Res. 13.23. 1946.

(29) United States Dept. of Agriculture.
Virus diseases and other disorders with virus. like 'symptoms of stone fruits in North Amerca U.S.D.A. Agr. Handbook 10. 1951.

(30) VALLEAU, W.D. and JOHNSON, E.M.
Localization and resistance to tobacco mosaic in Niçotiana.
Ky. Agr. Exp. Sta Bul. 360. 1935.

(31) WALKER, J.C.
Plant Pathology.
McGraw.Hill Book Co N.Y. 699 pp. 1950

(32) WARID, W.A. and PLAKIDAS, A.G.
Thermophilic viruses naturally infectious to cowpea. Plant Dis. Reptr. 36:380.381. 1952.

(33) WEBB, R.W.
Soil factors influencing the development of the mosaic disease in winter wheat.
J. Agr. Res. 35:587.614. 1927.