

L'INFLUENCE DE LA RADIATION ULTRA-VIOLETTE
PROCHE SUR LE POUVOIR GERMINATIF DES CONIDIES
DE *PERONOSPORA ARBORESCENS*¹

*Met een samenvatting: De invloed van ultra-violet straling op het
kiemingsvermogen van de conidiën van Peronospora arborescens*

PAR

G. A. DE WEILLE

Institut Royal Météorologique des Pays-Bas (K.N.M.I.), De Bilt

INTRODUCTION

Lors des recherches sur la relation entre les conditions climatologiques et l'occurrence du mildiou de la pomme de terre, la physiologie de ses conidies était une fois de plus soumise à une examination précise à cause du fait que quelques opinions actuelles étaient mises en doute. Afin de savoir à quel point les résultats des recherches ont une validité (plus) générale, quelques espèces apparentées au mildiou nommé étaient également incorporées dans les expériences, p.ex. *Peronospora arborescens* (Berk.) de Bary, le mildiou du pavot; e.a. la sensibilité de ses conidies à une irradiation ultra-violet était examinée.

Dans la littérature, qui est en effet très riche sur ce point, il est bien connu qu'en général la formation des conidies des Peronosporacées exige une haute humidité relative de l'air (h.r.) et que leur germination nécessite la présence d'eau liquide. Si l'on emprunte la route des prédictions des maladies des plantes, par conséquence les points de départ doivent être:

- 1° que le matériel infectant soit suffisamment présent,
- 2° que le milieu de formation des conidies ait été en existence pendant une certaine période minimum (haute h.r.); et il faut contrôler
- 3° si le matériel qui vient d'être formé retienne oui ou non sa faculté germinative (voir e.a. cette recherche), et, enfin,
- 4° si le milieu de germination (eau liquide) existera oui ou non pendant un laps de temps d'une durée minimum.

Étant donnés les deux premiers points, les deux derniers nous restent pour les prédictions. Jusqu'à présent le quatrième point a attiré avant tout l'attention. Parfois c'est peut-être en rapport avec le troisième point que quelques épidémies attendues n'ont pas lieu.

En un climat dans lequel le milieu de formation ne fait jamais défaut on a pu développer un système d'avertissements basé sur le pouvoir germinatif lors d'une autre maladie (DE WEILLE, 1960, *Exobasidium vexans*). Dans ce cas le facteur du temps employé comme critère était la durée totale journalière de l'ensoleillement direct, e.a. en raison de l'action fongicide de la partie ultra-violet de ce facteur.

Les résultats obtenus avec *Exobasidium*, mentionnés ci-dessus, donnaient lieu à l'auteur d'examiner l'influence sur la faculté germinative de quelques Perono-

¹ Accepté pour publication le 14 mai 1961.

sporacées des facteurs externes, ci-conclue la radiation. Les expériences d'irradiation avec des conidies du mildiou du pavot, auquel cet article se borne, étaient les premières d'un complexe d'expériences exécutées aussi bien au laboratoire qu'à la campagne.

CONNAISSANCE GÉNÉRALE ACTUELLE SUR L'INFLUENCE DE LA RADIATION SUR LA GERMINATION

Mise à mort et inhibition

Sur les divers processus une influence est exercée par la radiation, lors de laquelle cet article se restreint aux radiations lumineuses et u.v. Lors des moisissures ceux-ci peuvent être la sporulation, la germination et la croissance du mycelium. Si en plus nous nous bornons à la germination, on peut faire remarquer que, en dehors du ralentissement ou accélération du processus germinatif, son arrêt ou la mort des spores font également partie des possibilités. La mort des spores est effectuée par le rayonnement d'onde courte, pourvu que l'organisme irradié soit sensible à ce rayonnement, principalement l'ultraviolet. Dans le cadre de cet article le rayonnement -X sera passé sous silence.

La sensibilité à l'irradiation u.v. est e.a. déterminée par la pigmentation de la cellule, l'épaisseur de sa paroi et son âge. Aux radiations de différentes longueurs d'onde la sensibilité varie.

En ce qui concerne le dernier point, la règle générale que la radiation de la longueur d'onde la plus courte ralentit le plus fort ou est la plus létale, s'applique approximativement (SMITH, 1936).

Tandis que l'action létale semble être réservée surtout à la radiation ultraviolette (LAURENT, 1889, *Ustilago carbo*), l'action ralentissante est trouvée jusque bien avant dans la lumière (PORTER & BOCKSTAHLER, 1928; SMITH, 1936). SOROKIN (1874, teneur générale) et DE WELLE (1960, *Exobasidium vexans*) trouvaient que - à quoi l'on pourrait s'attendre d'ailleurs - dans la région du rayonnement visible c'est le bleu qui exerce l'action la plus freinante sur la germination. DE BARY (1863) était déjà d'avis que la lumière met obstacle à la germination des spores d'Oömycetes. Ceci était contesté par MELHUS (1911, 1915) pour les cas dans lesquels les températures (t) ne soient pas trop hautes. À une haute température la lumière rendrait pourtant impossible la germination des conidies de *Cystopus*. Sur ce point, au K.N.M.I. des expériences n'ont pas encore donné une image distincte. De la lumière diffuse pas exceptionnellement forte ne produit aucun effet.

Des petites doses d'u.v. effectuent un ralentissement de la germination pendant un laps de temps qui est beaucoup plus long que la durée d'irradiation (SCHULZE, 1917, *Mucor stolonifer*; POMPER & ATWOOD, 1955, div. esp.).

L'importance de la longueur d'onde (λ) pour l'effet est démontrée par le suivant: à 2537 Å ZAHL e.a. (1939, *Aspergillus niger*) trouvaient une activité maximum; à 3129 Å, avec 2×10^4 ergmm⁻², ils obtenaient encore une mortalité de 30 %, mais alors ils ne trouvaient plus d'effet tuant à 3650 Å. Pour obtenir une mortalité de 50 % il fallait à OSTER (1934b, *Saccharomyces*) 457 ergmm⁻² à $\lambda = 2652$ Å, mais 23500 ergmm⁻² à $\lambda = 3022$ Å. Des données pareilles ont été fournies par LUYET (1932, *Mucoraceae*).

Ce qui précède manifeste aussi que c'est la dose radiante (intensité (i) \times durée (d)) qui détermine l'effet au même λ , ce qui, en effet, va sans dire. À d dimi-

nuant on trouve resp. mise à mort, ralentissement de germination et aucun effet (LUYET, 1930, Mucoraceae); cela passe également pour i diminuant (DILLON-WESTON & HALNAN, 1930; FULTON & COBLENTZ, 1920). RENTSCHLER e.a. (1941, bactéries) montraient que la dose létale moyenne est tant que telle ne se laisse pas influencer par l'intensité. À un très haut i, d étant 10^{-6} sec., cela compte encore.

Le caractère de l'organisme irradié contient aussi une spécifique sensibilité à l'u.v.; OSTER (1934b) communique que lors de *Saccharomyces* une mortalité de 50 % nécessite environ 5 fois l'énergie qui est nécessaire pour obtenir un tel effet lors de *Staphylococcus*.

Sans doute la sensibilité à l'u.v. est en relation avec l'absence ou présence de pigment. Parfois la résistance des spores colorées est frappante. D'après CHAVARRIA & CLARK (1924) c'est par absorption de l'u.v. que le pigment soutire la nucléole au danger de l'irradiation. D'après GATES (1928) il y a une proportion inverse entre l'énergie nécessaire pour tuer des bactéries et l'absorption de l'u.v. dans le protoplasme.

Peut-être l'épaisseur de la paroi cellulaire exerce-t-elle une certaine influence? BIEBL (1942) communiquait que, pour tuer des cellules d'*Allium*, d'autant plus grandes doses d'u.v. sont nécessaires à mesure que les parois des cellules sont plus épaisses. Antérieurement METZNER (1930) toutefois rapportait que les parois sont à peu près librement parcourues par l'u.v., mais il y aurait une certaine degré de dispersion.

Une haute température, d'ailleurs par soi-même mauvaise pour la durée de la vie de la plupart des spores (BEHR, 1956, *Peronospora arborescens*; ANGELL & HILL, 1931, *P. parasitica*, *P. hyoscyami*) augmente l'effet d'irradiation. Par rapport à l'action létale aux levures et bactéries entre 8 et $29\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ OSTER (1934a) calculait un coefficient moyen de température de 1,10, indiquant l'augmentation de l'effet radiant par augmentation de t d'une degré C.

Comment l'u.v. opère exactement sur (le noyau de) la cellule soit laissé de côté ici; mais le fait soit mentionné que, plus tard, l'inactivation peut être suivie par un rétablissement, effectué sous l'influence d'une beaucoup plus grande dose de rayonnement visible (GIESE e.a., 1953, *Colpidium*). Les rapports relatifs au λ le plus favorable au rétablissement diffèrent.

Stimulation

La stimulation par l'u.v. en petites doses de la croissance de levures, celle de la germination et l'augmentation du pouvoir germinatif ont été démontrées par quelques auteurs (POMPER & ATWOOD, 1955, levures, *Mucor* sp.; BAILEY, 1932, *Fusarium* sp.), tandis que d'autres les démentissent (LUYET, 1932, Mucoraceae). En ce qui concerne la vitesse de croissance une divergence d'opinions se présente également.

Lors des diverses Peronosporacées et avec de l'u.v. d'assez longues ondes l'auteur de cet article a toujours constaté de la stimulation. Possiblement les résultats d'autres écrivains sont liés à l'usage des sources radiantes d'un caractère différent à plus courtes ondes, le plus souvent des soleils d'altitude, lors desquelles les doses létales sont si petites que les durées des irradiations doivent parfois être mesurées en secondes.

Lumière solaire

Il semblait très désirable à l'auteur de donner concisement mais d'une manière pas trop incomplète un résumé afin de fixer l'attention sur un facteur climatologique rarement étudié dans des cercles agricoles. En faisant cela il est aussi redevable de répondre à la question de ce que l'on peut en faire pratiquement.

Dans la pratique il faut tenir compte de la lumière solaire (directe et indirecte) contenant plus ou moins du rayonnement u.v. de longues ondes (principalement $\geq 3130 \text{ \AA}$), sous la dépendance des nuages et de la vapeur d'eau atmosphérique. Il s'agit alors d'une radiation qui – aux termes d'u.v. en sens plus large – produit un faible effet (FULTON & COBLENTZ, 1920) et qui est accompagnée d'une beaucoup plus grande quantité de lumière. Cet u.v. solaire produit-il encore quelque chose contre des spores de moisissures? Ou, parlant plus pratiquement, la lumière solaire fait-elle quelque chose dans le domaine mycologique?

La littérature ne donne que peu d'indications. SCHULZE (1917), qui tuait des spores de *Mucor stolonifer* par 14 min. d'irradiation u.v. de 2800 \AA , communiquait en outre que de la lumière solaire intensive estivale prévient la germination lors d'*Aspergillus glaucus*. Mais après 4 journées d'irradiation les spores n'avaient pas été tuées. REED & CRABILL (1915) communiquaient que des sporidies de *Gymnosporangium juniperi-virginianae*, qui, au sec, tiennent 5 à 6 jours, sont tuées par 2 à 5 h. d'exposition à la lumière solaire directe. HWANG (1942) fait savoir qu'une intensité de lumière solaire estimée modérée dans sa région de travail d'alors, Minnesota, É.U. (max. journ. de 75000 lux en mai et au commencement de juin), réduit la durée de vie des urédospores de certains charbons des céréales de plus qu'un mois à 12–14 jours. Il y aurait une relation directe entre l'intensité lumineuse et la rapidité avec laquelle la force vitale des spores se perd.

Probablement la lumière solaire possède des qualités fongicides, du moins par rapport aux spores non-pigmentées, ce qui est rendu plausible par les expériences décrites ci-après.

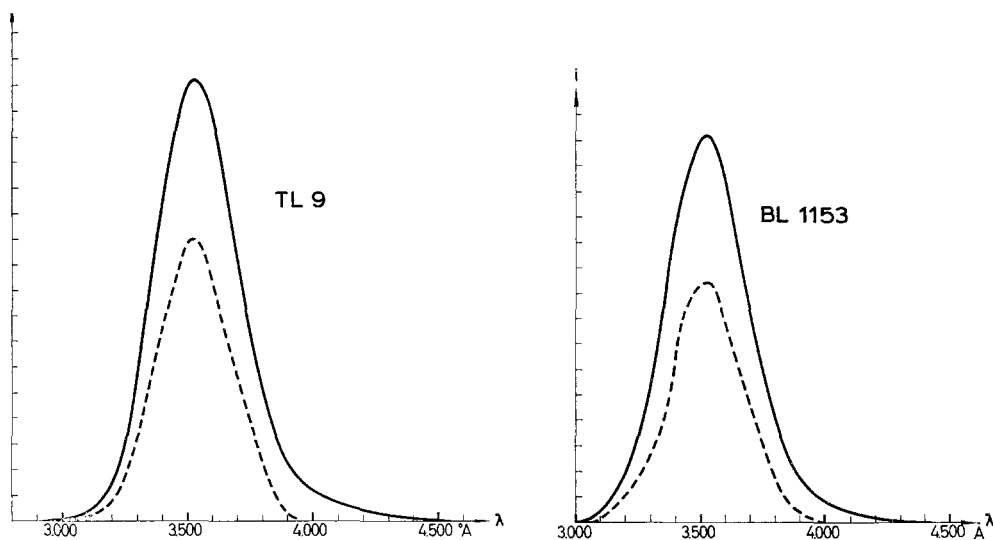
EXÉCUTION DES EXPÉRIENCES D'IRRADIATION

Sources de radiation

Conforme à des intentions à monter un soleil artificiel, qui rendrait possible l'usage de la période hivernale entre les expériences de campagne pour étudier le comportement de germes pathogéniques dans un climat réglable, exactement connu, comprenant une radiation aussi naturelle que possible, on se mit en contact avec Philips S.A., Eindhoven, Pays-Bas. Conséquemment, celle-ci mit à notre disposition quatre types de tubes à décharge TL; 5 pièces de chacun de ces types. Ces sources radiantes ne sont pas dans le commerce. Pour les expériences en question 10 tubes, alternativement des types TL 9 (20 W, 220 V) et BL 1153, furent suspendus à une hauteur de 35 cm, parallèlement au plan irradié. Les spectres d'émission, d'après des données de la part du fabricant, on peut trouver dans les figures 1 et 2 et le spectre totale moyen de la batterie employée en fig. 3.

En regardant ces spectres il devient apparent que les tubes employés remplissent trois importantes conditions qu'il faut poser à une bonne imitation des événements naturels, c-à-d.

1. Le spectre doit contenir exclusivement de l'u.v. aussi trouvé dans le rayonnement solaire reçu à la surface terrestre. D'éventuelles actions biologiques par la



FIGURES 1 ET 2. Spectres d'émission des tubes à décharge employés. La part enregistrée par l'appareure est incluse par la ligne brisée. Pour interprétation voir fig. 4.

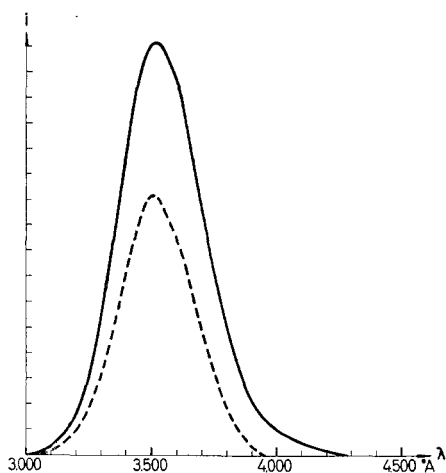


FIG. 3. Spectre des irradiations.

batterie de lampes seront donc raisonnablement représentatives pour des actions solaires analogues.

2. Le spectre ne doit pas contenir de composantes qui causent un réchauffement de la surface irradiée.

Vu la courte distance cela serait imaginable. En effet des mesurages de température montrent que les lampes sont à peu près des rayonneurs froids, et assurément à l'égard d'un objet à une distance de 35 cm.

3. Dans son ordre l'intensité u.v. doit être au moins comparable à celle du soleil. Pour vérifier cela on passe à l'exécution de mesurages du rayonnement.

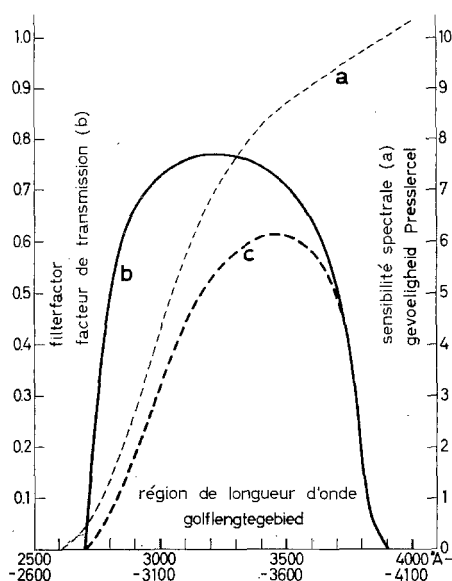


FIG. 4. Caractéristique de la cellule photoélectr. (a) et le filtre (b). La courbe c ($= a \times b$) enferme la part enregistrée. D'après VASSY (1958).

Mesurage de radiation

Pour mesurer la radiation u.v. une cellule photo-électrique, la cellule Pressler-Sb, fut employée. Parce que la sensibilité de cette cellule s'étend bien loin dans le spectre visible on monte là-devant un filtre UG 11, qui coupe toute radiation au-dessus de 3900 Å. Une impression de ce que la combinaison de la cellule et du filtre laisse passer et transmet est donnée par fig. 4. En France et en Belgique la cellule a été ajoutée parfois aux radiosondes.

Afin d'aussi enregistrer l'u.v. diffus devant la fenêtre-u.v. on peut monter une capsule sphéroïdale de quartz, qui est un peu plus d'une demie-boule. La petite boule, qui a aussi été employée lors des mesurages de l'auteur, appartient à l'équipement normal de la cellule. Liée à un galvanomètre-mV la cellule photo par nature n'indique pas des unités de radiation.

Par conséquence plusieurs auteurs tiennent donc pour les a.n. „unités relatives”, qui font tellement obstacle à la comparaison et la combinaison des résultats provenant de diverses sources. Sans prétendre une exactitude très précise, quelques fixations d'intensité assez satisfaisantes en unités absolues ont pu être réalisées.

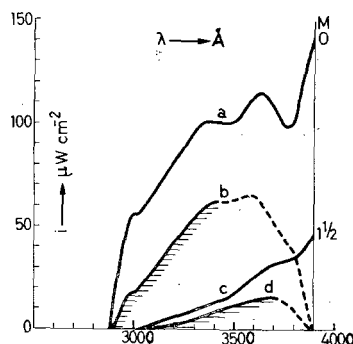
L'appareil à mesurage fut comparé avec le rayonnement global u.v. solaire d'un ciel serein, pour quel but quelques séries de mesurage furent réalisées à des différents moments. Les résultats en mV furent mis en graphique en combinaison avec des valeurs, trouvées par DE BOER (1959) lors du rayonnement solaire à De Bilt, Pays-Bas, dans la même période annuelle (mai-juin), après que la partie transmise par le filtre et admise par la cellule eût été calculée. Voir aussi fig. 5. $M_{\min.}$ était ca. $1\frac{1}{4}$.

La proportion des énergies reçues et mesurées sous les tubes à décharge

FIG. 5. Radiation u.v. régnante¹ (a, c) et enregistrée² (b, d) lors des masses d'air 0 et 1½; ciel serein. M (dépendant de la solstice) = nombre des épaisseurs atmosphériques parcourues. M = 0 se rapporte à la situation hors de l'atmosphère. M = 1 indiquerait que l'atmosphère est parcourue à plomb.

¹ Voir p. ex. SAUBERER & HÄRTEL, 1957.

² Voir fig. 4.



était déjà connue. En comparant les chiffres relatifs à l'intensité u.v. des expériences biologiques avec ceux de DE BOER (1959) l'intensité radiante put être déterminée.

De l'absorption atmosphérique (FABRY & BUISSON, 1921) pourrait provoquer certaines erreurs, qui n'ont pas pu être contrôlées. Mais en vue de la régularité des séries de résultats elles ne seront pas grandes.

Intégrée de λ_{min} , à 3900 Å, l'énergie radiante u.v. qui irradie la surface des recherches serait, selon les calculations, environ $130 \text{ mcal cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$, ou presque $54500 \text{ erg mm}^{-2} \text{ h}^{-1}$.

Cela correspondrait à la situation à la campagne sous un ciel serein au mois de décembre entre 9 et 10 heures le matin, ou à la situation moyenne en mai entre 18 et 19 h. Mais parce que l'intensité maximum des tubes à décharge se trouve à 3500 Å et celle de l'u.v. solaire (dans la région mesurée jusqu'à 3900 Å) à 3900 Å (moins actif) nous pourrions peut-être plutôt faire des comparaisons avec la situation à la campagne en juin/juillet vers le soir. Ainsi le point de départ peut être que le rayonnement dans les expériences et l'u.v. naturel sont du même ordre ou des ordres comparables.

Matériel végétal

Des recherches relatives à l'influence du milieu sur des spores de moisissures ont coutume de fournir un matériel de chiffres inextricablement capricieux. Cela est possiblement parce que

- les spores n'appartiennent pas toutes au même univers partiel homogène, une population (quantité de matériel) statistique uniforme. Communément la *homogénéité* est perturbée par des différences en âge et substrat, qui changent l'univers.
- Les spores sont récoltées tout le temps pendant l'expérience de sorte qu'on obtienne chaque fois du matériel d'autres propriétés. Chez des spores nouvellement formées il y a pendant la journée un processus de *maturation*, qui fait que – à part de l'expérience – le pouvoir germinatif initial plus tard dans la journée peut être beaucoup plus fort que le matin.

Éventuellement une diminution, suivie oui ou non d'une nouvelle augmentation de la faculté germinative peut se produire après quelque temps. Dans une atmosphère défavorable le pouvoir germinatif peut assez vite commencer à diminuer. Au lieu de la méthode souvent appliquée de récolte graduelle il est donc utile qu'on suive celle de *la récolte de toutes les spores à la fois*.

Très peu a été écrit sur cette maturation des spores; ISTVÁNFFI & PÁLINKÁS (1913, *Plasmopara viticola*) en faisaient mention. Quoique des données de connaissances de *Peronospora* fassent présumer à haute humidité atmosphérique une augmentation initiale de la faculté germinative, c'était pourtant principalement la régression observée pendant des périodes prolongées qui avait frappé les chercheurs (e.a. BEHR, 1956; CROSIER, 1934, *Phytophthora infestans*).

Les spores impliquées dans les expériences d'irradiation appartenaient à une population homogène; toutes en furent récoltées au même instant.

Une population homogène fut obtenue par l'utilisation du fait que la lumière forte s'oppose à la sporulation de certaines moisissures (YARWOOD, 1937, *Pseudoperonospora*, *Peronospora*, *Plasmopara*, *Bremia*). De divers côtés cela est contesté (CROSIER, 1934; MELHUS, 1911, 1915; etc.), mais pour sûr cela paraissait-il tenir debout pour *Peronospora arborescens*.

Des petites plantes de *Papaver somniferum*, mises à disposition par l'I.P.O. (Inst. de Rech. Phytopathologiques, Wageningen, Pays-Bas), infectées à Wageningen avec *Peronospora arborescens*, furent placées sous un éclairage continu jusqu'à ce que la pénétration était estimée suffisante. Alors il y avaient même des sporophores, mais sans conidies. Puis les plantes furent mises en obscurité pendant une nuit à une h.r. de 100%. Le lendemain matin beaucoup de conidies vinrent d'être formés. Avec ces conidies les expériences furent réalisées.

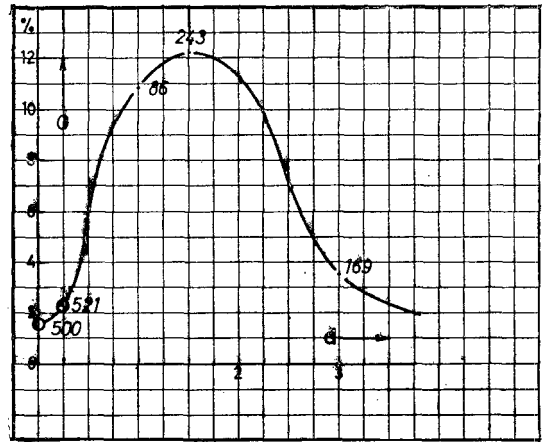
Méthode

Des pavots infectés en pots furent constamment tenus à une distance de 30–50 cm d'une source radiante du type Philips TL 33, 40 W, 220 V. Avant les expériences cette illumination fut éteinte au 14^{me} mars 1960 à 17 h. Alors une nuit d'obscurité naturelle suivit, pendant laquelle l'h.r. était haute, parce que les plantes furent mises dans des exsiccateurs contenant de l'eau. Le lendemain à 8 h.30 les feuilles infectées portaient des conidies en abondance. Vers 9 h. ce matériel sporal fut récolté à coups de pinceau et mis sur les verres d'objet; ensuite ces verres furent ternis d'haleine et placés dans des plats Petri à une h.r. de 100%. Par conséquence les conidies se trouvaient dans ou entre des petites gouttes d'eau. Cette situation fut maintenue pendant 23 h. De cette période les verres avec les conidies passaient resp. 0, $\frac{1}{4}$, 1, $1\frac{1}{2}$ et 3 h. sans couverture sous l'irradiation u.v. à une distance de 35 cm; t était 16°C. Puis elles furent mises en obscurité à 14°C pour la germination. Après le traitement de 23 h. les préparations furent tuées en flambant et colorées avec du bleu méthylenique aqueux et enfin regardées par un microscope en glycérine sous des lames de verre. Pour les résultats voir fig. 6.

Le lendemain une pareille expérience fut réalisée avec un autre groupe de plantes. Mais maintenant les conidies furent traités pendant $3\frac{1}{2}$ h. dans des plats Petri ouverts à une h.r. de 85% et une t de 16°C. La durée d'irradiation était 0, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2 ou $3\frac{1}{2}$ h. Puis les conidies pouvaient germer dans une rosée artificielle pendant 20 h. à 14°C.

L'expérience fut réalisée en double dans des plats Petri dont le coté intérieur du couvercle et le fond étaient couverts de papier à filtrer trempé. Un groupe de préparations germina en obscurité (résultats voir fig. 7), l'autre à une distance de 50 cm sous un tube TL 33 de 40 W (résultats voir fig. 8). L'intensité de l'éclairage sous le papier à filtrer n'était que de 240 lux. La reste des actions s'écoula comme

FIG. 6. Pourcentages de germination obtenus après des irradiations u.v. de durée variante. Durées d'irradiation d en heures. Germination G en %; $t = 16^{\circ}\text{C}$; h.r. = 100%. Conidies dans *milieu humide*. Chez les valeurs la grandeur des échantillons est donnée; \odot : échantillon de grandeur significative.



chez la première série. Si possible 500 (ou plus) conidies furent comptés de chaque échantillon.

RÉSULTATS

Les résultats sont présentés dans les fig. 6, 7 et 8, dans lesquelles les nombres de conidies comptés sont indiqués chez les pourcentages de germination trouvés. Nous voyons qu'une petite dose d'u.v. fait augmenter la faculté germinative et qu'une plus grande dose défait cette stimulation et même est fongicide. En outre que l'exposition simultanée à une h.r. de 85% pendant $3\frac{1}{2}$ heures ou moins n'est pas du tout saillante et que la germination en obscurité et à 240 lux est à peu

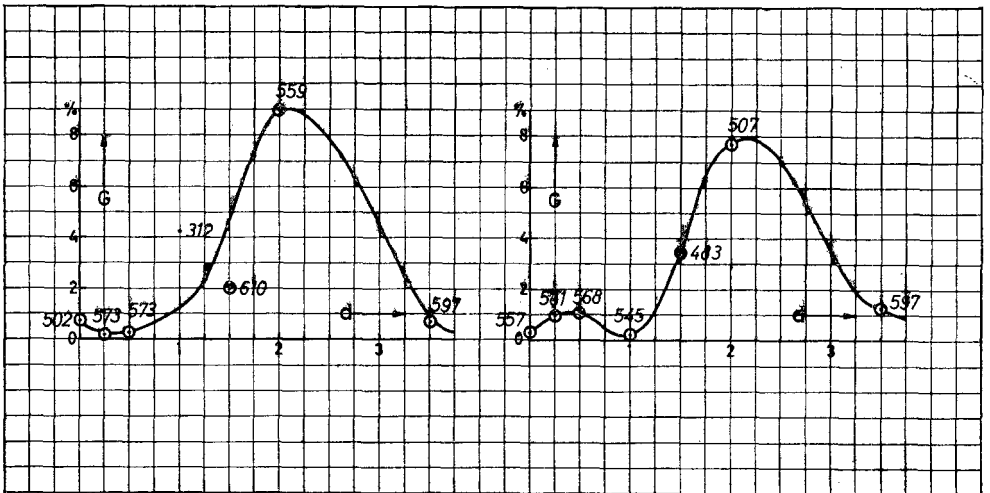


FIG. 7. Germination en obscurité.

FIG. 8. Germination en lumière.

Pourcentages de germination obtenus après des irradiations u.v. de durée variante. Division comme fig. 6; $t = 16^{\circ}\text{C}$; h.r. = 85%. *Milieu sec*.

près la même. Dans cet article on entend par la faculté germinative le pourcentage des conidies germés – dans un échantillon de 500 éléments – après un séjour d'environ 20 h. dans le milieu de germination (rosée artificielle; $t = \text{ca. } 14^{\circ}\text{C}$).

VALEUR DES RÉSULTATS

Épreuve de signification

On pourrait s'imaginer que la variabilité du matériel végétal soit telle qu'on obtienne par hasard une courbe du modèle représenté dans la fig. 6. La question se présente donc: à quel point est-il probable que, dans une population sporale homogène d'une faculté germinative basale de, disons 1 %, sans irradiations il y auront des différences aussi grandes que celles représentées par la courbe d'inactivation? Pour répondre à cette question il faut qu'on étudie les variations possibles dans les pourcentages trouvés f_k de chaque échantillon k .

En répétant les expériences chaque f_k montrerait un écart type à l'égard de la fréquence relative moyenne, donné par $s_k = \sqrt{\frac{f_k(100-f_k)}{n}}$, n étant la grandeur de l'échantillon (= nombre de conidies comptés).

Pour examiner si les différences entre f_0 de l'objet-0 (non-irradié) et f_k sont réelles et pas fortuites nous voulons utiliser l'expression suivante pour l'écart type de chaque différence: $\sigma_{diff.k} = \sqrt{s_0^2 + s_k^2}$; $k = 1, 2, 3$ etc.

De chaque différence x avec le résultat de l'objet-0 l'écart type fut fixé; puis la proportion x/σ fut calculée. Dans l'hypothèse que les 2 échantillons proviennent du même univers homogène la probabilité pour une déviation $x/\sigma \geq 2$ est encore 5%. $P' = 100 - P = 100$ — la probabilité décrite = la probabilité que $|x| < 2$ ou la probabilité que la déviation limite de 2σ ne soit pas surpassée; $|x_k| \geq 2\sigma_k$ correspond donc à $P' = 095$. Il est donc improbable qu'une différence $x_k > 2\sigma_k$ ne reposerait pas sur l'irradiation mais sur l'hasard. On peut nommer $x_k/\sigma_k \geq 2$ significative et $x_k/\sigma_k < 2$ non-significative.

Tableau 1 donne les résultats des expériences, leur x/σ et leur P' .

TABLEAU 1. Pour l'explication voir le texte. $G = f_k$

Voir fig. 6					Voir fig. 7					Voir fig. 8				
k (no.)	G (%)	x/σ	P' (%)	d (h.)	k (no.)	G (%)	x/σ	P' (%)	d (h.)	k (no.)	G (%)	x/σ	P' (%)	d (h.)
0	1,6	—	—	0	0	0,7	—	—	0	0	0,3	—	—	0
1	2,3	0,8	058	$\frac{1}{4}$	1	0,2	1,2	077	$\frac{1}{4}$	1	0,9	1,3	081	$\frac{1}{4}$
					2	0,3	0,9	063	$\frac{1}{2}$	2	1,0	1,5	087	$\frac{1}{2}$
2	10,9	2,7	099	1	3	4,2	2,9	100	1	3	0,1	0,8	058	1
3	12,3	4,9	100	$1\frac{1}{2}$	4	2,0	1,9	094	$1\frac{1}{2}$	4	3,4	3,6	100	$1\frac{1}{2}$
					5	9,0	6,5	100	2	5	7,7	6,1	100	2
4	3,6	1,3	081	3										
					6	0,7	0,0	050	$3\frac{1}{2}$	6	1,2	1,8	093	$3\frac{1}{2}$

P'_k est donc la probabilité en % que dans une population homogène les différences soient plus petites que $|2\sigma_k|$. Du tableau 1 on peut conclure que l'effet de radiation observé est réel et qu'il peut impossiblement être une manifestation du hasard.

Épreuve de confiance

Le phénomène signalé soit donc réel, mais à quel point peut-on se fier aux données? La forme des courbes est-elle, en principe, véritablement comme celle présentée dans les figures? Une épreuve serait désirable.

Pour ce but nous calculons la moyenne des G conformables et y obtenons une série de 8 valeurs. De 7 valeurs une erreur moyenne peut être calculée. La grandeur de l'échantillon pourrait être utilisée comme poids (g).

Alors les erreurs des moyennes pondérales \bar{x}_{g_k} seront $\sigma(\bar{x}_g)_k \approx \sqrt{\frac{[g \ u \ u]}{(n-1) [g]}}$, dans lequel n = nombre des observations, u = déviation de \bar{x}_g et $[\] \equiv \Sigma$.

En regardant les données il paraît que quelques hauts pourcentages de germination reposent sur des dénombrements de peu de conidies. Si ces petits nombres recevraient un g disproportionnellement léger c'est donc évident que leur influence est amoindrie hors de proportion. Pour ce but un décernement de poids fort discriminant a été introduit; voir fig. 9. La discrimination est basée sur des considérations biologiques.

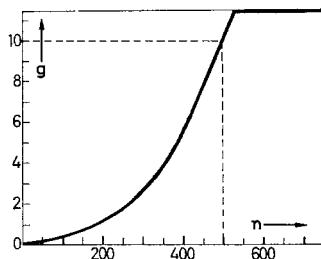


FIG. 9. Pour l'explication voir le texte.

Maintenant quelques observations très significatives reçoivent un très petit poids. Si en tant que telle l'ainsi nommé courbe d'inactivation reste en existence malgré le décernement de poids qui agit fortement au détriment de l'explication donnée ici, on peut considérer les phénomènes qu'elle dépeint comme des faits prouvés.

Comme écrit, il y a une raison biologique pour le décernement discriminant de poids. La confiance d'un échantillon de 500 spores n'est pas $5 \times$ celle d'un de 100 spores mais relativement beaucoup plus grande. Chez les *Peronosporacées* les conidies germés ne sont pas trouvés régulièrement dispersés parmi les conidies non-germés, mais plus ou moins concentrés à certains endroits. Dans un échantillon de 100 spores un complexe de spores germés peut être présent ou non. Par conséquent le pourcentage de germination trouvé peut devenir resp. 20 ou 2%. Aussi des échantillons de peu de spores produisent-ils souvent des graphiques capricieux, tandis qu'avec des échantillons de ≥ 500 spores des courbes plus régulières sont obtenues. Un conidium germant procède manifestement une stimulation germinative, de sorte que les conidies germées se trouvent les uns près des autres. À l'égard de *Coprinus fimetarius* QUINTANILHA (1933) même trouvait une frappante relation entre la grandeur des échantillons et leur pouvoir germinatif. Lors de la germination de quelques espèces de spores de moisissures, BROWN (1946) démontrait l'existence de certains activateurs, p. ex. du tissu de la plante hôte.

Avec beaucoup de matériel il doit être possible de fixer statistiquement la stimulation mutuelle des conidies des *Peronosporacées* et avec elle le décernement des poids. Une pareille expérience sera exécutée en 1961 pourvu que les circonstances le permettent.

En outre les données deviennent plus sûres à mesure que la durée de la germination est plus longue. Des périodes germinatives < 15 h. ne sont pas trop dignes de foi, particulièrement quand un ralentissement à cause d'irradiation se manifeste, qui doit être surmonté d'abord afin que la détermination du pouvoir germinatif soit intégrale. C'est pour cette raison que l'auteur laisse germiner son matériel pendant 16 h. ou plus longtemps; aujourd'hui parfois même pendant 40 h. Lors de 8 moisissures dissemblables CHOWDHURY (1937) démontrait que la germination maximum n'est obtenue qu'après 70 à 124 heures. Parce que dans la nature pour les *Peronosporacées* une période à feuilles mouillées de 16 h. peut être nommée longue l'auteur estime justifié cette durée de germination.

Tableau 2 donne des chiffres relatifs à la calculation des erreurs.

TABLEAU 2. Pour l'explication voir le texte.

d	n	g	\bar{x} (= G_k)	\bar{x}_g	$\sigma(\bar{x}_g)$	d	n	g	\bar{x} (= G_k)	\bar{x}_g	$\sigma(\bar{x}_g)$
0	500	10	1,6	0,85	0,38	$1\frac{1}{2}$	243	2	12,3	3,53	2,23
0	502	10	0,7			$1\frac{1}{2}$	610	11	2,0		
0	557	11	0,3			$1\frac{1}{2}$	483	5	3,4		
$\frac{1}{2}$	521	11	2,3	1,13	0,50	2	559	11	9,0	8,38	0,64
$\frac{1}{4}$	573	11	0,2			2	507	10	7,7		
$\frac{1}{4}$	581	11	0,9								
$\frac{1}{2}$	573	11	0,3	0,65	3,49	3	169	1	3,6	3,6	(1,43) ¹
$\frac{1}{2}$	568	11	1,0								
1	86	1	10,9	1,64	2,09	$3\frac{1}{2}$	597	11	0,7	0,95	0,25
1	312	3	4,2			$3\frac{1}{2}$	597	11	1,2		
1	545	11	0,1								

¹ Écart type s_4 , employé dans les calculations pour tableau 1.

Tableau 2, mis en graphique avec les sigmas, nous donne fig. 10, qui donne aussi la dispersion. On y voit que, même en employant le défavorable décernement de poids appliqué et avec des erreurs extrêmes le caractère de la courbe d'inactivation reste indéniablement le même, de sorte que l'auteur estime justifié la conclusion suivante.

CONCLUSION

Le rayonnement u.v., comme il se produit dans le spectre solaire près de la surface terrestre, influence la germination des conidies de *Peronospora arborescens* (Berk.) de By. Cette influence n'est pas liée à l'humidité de l'air. Des petites doses de radiation u.v. activent les conidies. Des plus grandes doses exercent une influence fongicide. Dans les expériences décrites le point culminant se produisait après environ 2 heures d'irradiation non-interrompue.

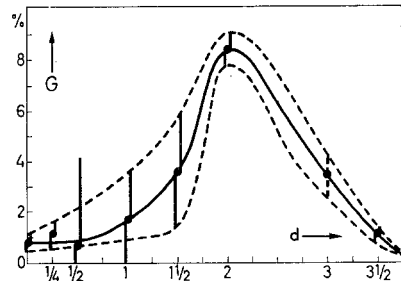
RÉFLEXIONS

Il va sans dire qu'il faut faire jouer aussi un rôle les sensibilités aux radiations des conidies de *Peronospora* et de *Phytophthora* dans les systèmes d'avertissement qui ont rapport aux maladies causées par eux. Cette possibilité est encore étudiée; l'auteur espère y revenir dans des publications prochaines.

En ce qui concerne le mildiou du pavot, dont le transfert durant la saison par des conidies – d'après BEHR (1956) – est d'importance secondaire, des avertissements ont peu de sens, mais pour la *Peronospora destructor* dans les oignons la situation est une autre. L'auteur y reviendra prochainement.

L'emploi des sources radiantés artificielles fongicides est quelque chose auquel peu de personnes ont pensé parfois. TIEDJENS (1929) employait un éclairage par quoi la „combustion lente” (damping-off) des plantes satives de concombres était empêchée. HEY & CARTER (1931) employaient l'irradiation u.v. pour protéger les plantes satives de blé contre *Erysiphe graminis*. IMSCHENETZKY & NASAROWA (1937) combattaient des moisissures attaquant le bois par une irradiation à onde courte.

FIG. 10. Pour l'explication voir le texte.



Il reste toujours à savoir de quelle façon il existe des possibilités réelles dans ce domaine; c'est encore un point d'interrogation.

RÉSUMÉ

Dans le cadre des recherches de l'Inst. Royal Météorologique des Pays-Bas, portant sur l'influence des conditions climatologiques sur l'occurrence du mildiou de la pomme de terre, certaines espèces apparentées à *Phytophthora* étaient également étudiées. Une de ces recherches secondaires sur la nature générale des *Peronosporaceae* consistait dans les expériences d'irradiation discutées avec des conidies de *Peronospora arborescens*. Pendant des périodes d'une durée différente ils étaient exposés à une radiation ultraviolette artificielle dont l'intensité maximum se trouvait à une longueur d'onde de 3500 Å.

Les résultats montrent que des petites doses de lumière u.v. augmentent considérablement le pouvoir germinatif des conidies tandis que des plus grandes doses, observées dans la campagne en général, exercent une influence distinctement fongicide. Cette action est indépendante de l'humidité relative de l'air, de sorte que la pensée d'attribuer une telle influence à l'ensoleillement naturel est bien évidente, ainsi que l'idée de ne plus négliger l'ensoleillement lors des recherches épidémiologiques sur les *Peronosporaceae*.

SAMENVATTING

In het kader van het K.N.M.I.-onderzoek naar de samenhang tussen het weer en het optreden van aardappelziekte werden behalve *Phytophthora infestans* ook enige hiermee verwante soorten onderzocht teneinde na te gaan, in hoeverre bepaalde verschijnselen van ruimere strekking zijn.

Eén van die nevenonderzoekingen was als volgt:

Conidiën van *Peronospora arborescens* werden gedurende tijdsbestekken van uiteenlopende duur blootgesteld aan kunstmatige ultraviolette straling met een intensiteitsmaximum bij 3500 Å. De spectra der betrokken ontladingsbuizen (fig. 1, 2 en 3) bevatten geen straling van (korte) golflengten, die buiten in het zonnenspectrum niet voorkomen. De deugdelijkheid van de zonne-imitatie volgt voorts ook uit de intensiteitsmetingen met een van een u.v.-filter voorziene anti-mooncel (karakteristiek daarvan: fig. 4); gemeten werd ongeveer $54500 \text{ ergmm}^{-2} \text{ u}^{-1}$, vergelijkbaar met de u.v. zonneënergie bij vrij lage zonnestand.

Uit het gegeven literatuuroverzicht blijkt dat binnen de grenzen der natuurlijke straling, te velde aan te treffen, de fungicide werking daarvan des te groter is naarmate de golflengte kleiner is. Uit fig. 5 volgt dat de gebruikte kunstmatige straling voor fungicide werking gunstiger is samengesteld dan zonnestraling, wat als tegenwicht moge gelden voor de wat lagere intensiteit van de eerste, die dus representatief wordt geacht voor wat er buiten aan u.v. optreedt.

De proefuitkomsten (zie fig. 6, 7 en 8) tonen aan dat kleine doses u.v. het kiemvermogen belangrijk verhogen, terwijl grotere doses, zoals die te velde algemeen voorkomen, een duidelijke fungicide invloed uitoefenen. Dit effect is onafhankelijk van de relatieve luchtvochtigheid. Het ligt voor de hand aan de in de open lucht optredende directe zonneschijn een dergelijke fungicide werking toe te schrijven en de factor zonneschijn bij het epidemiologische onderzoek inzake de Peronosporales niet meer te verwaarlozen.

Als proefuitkomst werd gevonden de z.g. inactiveringskromme, waarvan statistisch werd aangetoond dat hij niet op toeval berust (zie tabel 1). Eveneens werd in de betrouwbaarheidstoets statistisch aangetoond, dat in de figuren het karakter van de kromme juist is getroffen (gewichtstoekenning: fig. 9; kromme der gewogen gemiddelden en de bandspreiding daarvan: fig. 10; foutenberekening: tabel 2).

De inactiveringskromme is slechts (re)produceerbaar met sporenmateriaal uit een z.g. homogene populatie (zie hiertoe onder „Matériel végétal”).

LITTÉRATURE

- ANGELL, H. R. & A. V. HILL, – 1931. The longevity of the conidia of certain fungi (Peronosporales) under dry conditions. Council Sci. and Industr. Res. (Austral.) J. 4: 178–181.
- BAILEY, A. A., – 1932. Effects of ultraviolet radiation upon representative species of Fusarium. Bot. Gaz. 94: 225–271.
- BARY, A. DE, – 1863. Recherches sur le développement de quelques champignons parasites. Ann. Sci. nat., Sér. IV, Bot., Pt. 20: 5–148.
- BEHR, L., – 1956. Der falsche Mehltau am Mohn (*Peronospora arborescens* (Berk.) de By). Phytopath. Z. 27: 289–334.
- BIEBL, R., – 1942. Wirkung der ultravioletten Strahlung auf Allium-Zellen. Protoplasma 36: 491–513.
- BOER, H. J. DE, – 1959. De hoeveelheid ultraviolet licht in de globale straling te de Bilt. K.N.M.I., Wet. Rapp. 59–6.
- BROWN, R., – 1946. Biological stimulation in germination. Nature 157: 64–69.

- CHAVARRIA, A. P. & J. H. CLARK, - 1924. The reaction of pathogenic fungi to ultraviolet light and the role played by pigment in this reaction. *Am. J. Hyg.* 4: 639-649.
- CHOWDHURY, S., - 1937. Germination of fungal spores in relation to atmospheric humidity. *Ind. J. Agr. Sci.* 7: 653-657.
- CROSIER, W., - 1934. Studies in the biology of *Phytophthora infestans* (Mont.) de By. *Agr. Exp. Sta. Cornell Univ., Mem.* 155.
- DILLON-WESTON, W. A. R. & E. T. HALNAN, - 1930. The fungicidal action of ultraviolet radiation. *Phytopathology* 20: 959-965.
- FABRY, C. & H. BUISSON, - 1921. Étude de l'extrémité ultra-violet du spectre solaire. *J. Phys. et Radium, Sér. VI*, 2: 197-226.
- FULTON, H. R. & W. W. COBLENTZ, - 1920. The fungicidal action of ultra-violet radiation. *J. agr. Res.* 38: 159-168.
- GATES, F. L., - 1928. On nuclear derivatives and the lethal action of ultra-violet light. *Science* 68: 479-480.
- GIESE, A. C., R. M. IVERSON, D. C. SHEPARD, C. JACOBSON & C. L. BRANDT, - 1953. Quantum relations in photoreactivation of *Colpidium*. *J. gen. Physiol.* 37: 249-258.
- HEY, G. L. & J. E. CARTER, - 1931. The effect of ultraviolet light radiation on the vegetative growth of wheat seedlings and their infection by *Erysiphe graminis*. *Phytopathology* 21: 695-699.
- HWANG, L., - 1942. The effect of light and temperature on the viability of uredospores of certain cereal rusts. *Phytopathology* 32: 699-711.
- IMSCHENETZKIJ, A. A. & E. S. NASAROWA, - 1937. Über die Einwirkung ultrakurzer Wellen auf holzerstörende Pilze. (Russe). *Isw. Akad. nauk, Ser. Biol., Moscou*: 221-230. (Réf. *Forsch.-Dienst* 4, 1937: 3).
- ISTVÁNFELI, G. & C. PÁLINKÁS, - 1913. Infektionsversuche mit *Peronospora*. *Zbl. Bakterienk. II. Abt., Band* 32: 551-564.
- LAURENT, E., - 1889. Influence de la lumière sur les spores du charbon des céréales. *C.R. Soc. Roy. Bot. Belg.* 28: 162-164.
- LUYET, B. J., - 1930. The killing of moulds by an ordinary electric bulb. *Proc. Soc. exp. Biol. and Med., New York meeting, Apr., Vol. 27*: 668-670.
- LUYET, B. J., - 1932. The effects of ultra-violet, X- and cathode rays on the spores of *Mucoraceae*. *Radiology* 18: 1019-1022.
- MELHUS, E., - 1911. Experiments on spore germination and infection in certain species of Oömycetes. *Wisconsin Agr. Exp. Sta., Res. Bull.* 15: 25-91.
- MELHUS, E., - 1915. Germination and infection with the fungus of the late blight of potato. *Wisconsin Agr. Exp. Sta., Res. Bull.* 37: 1-64.
- METZNER, P., - 1930. Über das optische Verhalten der Pflanzengewebe im langwelligen ultravioletten Licht. *Planta* 10: 281-313.
- OSTER, R. H., - 1934a. Results of irradiating *Saccharomyces* with monochromatic ultra-violet light II. The influence of modifying factors. *J. gen. Physiol.* 18: 248-250.
- OSTER, R. H., - 1934b. Id. III. The absorption of ultra-violet energy by yeast. *J. gen. Physiol.* 18: 251-254.
- POMPER, S. & K. C. ATWOOD, - 1955. Radiation studies on fungi. *Rad. Biology, Vol. II*: 431-453. Éd. par A. Hollaender. Mc Graw Hill Book Cy., New York.
- PORTER, C. L. & H. W. BOCKSTAHLER, - 1928. Concerning the reaction of certain fungi to various wave lengths of light. *Indiana Acad. Sci., Proc.* 38: 133-135.
- QUINTANILHA, A., - 1933. Sur le pouvoir germinatif des spores de *Coprinus*. *C. R. Soc. Biol., 26 oct. (Soc. port. Biol., Sect. de Coimbre)* 115: 456-458.
- REED, H. S. & C. H. CRABILL, - 1915. The cedar rust disease of apples caused by *Gymnosporangium juniperi-virginianae* Schw. *Virginia. Agr. Exp. Sta., Techn. Bull.* 9.
- RENTSCHLER, H. C., R. NAGY & C. MOUROMSEFF, - 1941. Bactericidal effect of ultra-violet light. *J. Bacteriol.* 41: 745.
- SAUBERER, F. & O. HÄRTEL, - 1957. Pflanze und Strahlung. *Akad. Verl. Ges. Geert & Portig, Leipzig*.
- SCHREIBER, M., - 1934. Strahlenbiologische Untersuchungen, besonders im ultravioletten Spektralbezirk, an *Saccharomyces turbidans* Hansen. *Strahlentherapie* 49: 541-595.
- SCHULZE, J., - 1917. Über die Einwirkung der Lichtstrahlen von 280 m μ Wellenlänge auf Pflanzenzellen. *Beih. Bot. Zbl.* 25: 30-80.
- SMITH, E. C., - 1936. The effects of radiation on fungi. Dans: *Biol. Effects of Radiation*, Éd. par Duggar, B.M., Vol. II, New York/Lond.: 889-918.
- SOROKIN, N., - 1874. Über die Wirkung des Lichtes auf die Pilze. *Bot. Jahresber.* 2: 214.

- TIEDJENS, V. A., – 1929. Controlling damping-off with electric lamps. *Science* 69: 226.
- VASSY, A., – 1958. Radiosonde spéciale pour la mesure de la répartition verticale de l'ozone atmosphérique. *J. sci. Météor.* 10: 63–75.
- WEILLE, G. A. DE, – 1960. Blister blight (*Exobasidium vexans*) in tea and its relationship with environmental conditions. *Neth. J. agr. Sci.* 8: 183–210.
- YARWOOD, C. E., – 1937. The relation of light to the diurnal cycle of sporulation of certain downy mildews. *J. agr. Res.* 54: 365–373.
- ZAHL, P. A., L. R. KOLLER & C. P. HASKINS, – 1939. The effects of ultraviolet radiation on spores of the fungus *Aspergillus niger*. *J. gen. Physiol.* 22: 689–698.