Der Einfluss des sichtbaren Lichtes auf die zellulolytische Aktivität von textilzerstörenden Pilzen

Autor(en): **Wälchli, Oskar**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bericht über die Tätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft**

Band (Jahr): **79 (1963)**

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-832769

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

DER EINFLUSS DES SICHTBAREN LICHTES AUF DIE ZELLULOLYTISCHE AKTIVITÄT VON TEXTILZERSTÖRENDEN PILZEN

OSKAR WÄLCHLI

Einleitung

Bei vielen Erscheinungen des pflanzlichen Wachstums, der Fortpflanzung und des Stoffwechsels ist der Einfluß des sichtbaren Lichtes von großer Bedeutung. Bei der Ausnutzung der Sonnenenergie durch die grünen, chlorophyllhaltigen Pflanzen bei der Photosynthese ist er sogar entscheidend für das Leben auf der Erde.

Auch für die heterotrophen Organismen, Pilze und Bakterien, offenbart sich das Licht als bedeutender Umweltfaktor. Wie aus der Literatur hervorgeht, kann das Licht das Wachstum, die Fruchtkörperbildung, die Sporenbildung, aber auch andere physiologische Vorgänge hemmen oder fördern. Es ist nicht erstaunlich, daß das Licht auch einen Einfluß auf die zellulolytische Aktivität der Pilze ausübt, die als Zerstörer zellulosischer Textilien, Papiere und anderer Materialien aus Zellulose auftreten.

Literaturübersicht

Die Wirkung des Lichtes auf Pilze wurde von vielen Autoren in verschiedener Richtung untersucht. Nachstehend seien nur einige Beispiele erwähnt:

Eine gute Übersicht über den allgemeinen Stand unserer noch unvollständigen Kenntnisse über die Wirkung des Lichtes gibt V. W. Cochrane (1965). Demnach übt sichtbares Licht zweifelsohne einen Einfluß auf Mycelwachstum, Fruchtkörperbildung, Sporenproduktion und Sporenkeimung aus. M. P. Hall (1933) berichtete über hemmende Wirkung des Lichtes auf das Mycelwachstum bei *Sclerotina fructigena*. Andererseits stellten E. C. Cantino und E. A. Horenstein (1956) eine günstige Wirkung auf das Mycelwachstum bei *Blastocladiella emersonii* fest.

Nach L. E. Hawker, A. H. Linton, B. F. Folkes und M. J. Carlile (1966) sind einige Pilze, wie zum Beispiel *Sclerotina fructigena*, auffallend lichtempfindlich, und andere bilden sowohl im Licht wie in der Dunkelheit Sporen. W. N. Harnish (1965) fand bei vier *Phytophthora*-Arten eine fördernde Wirkung des Lichtes auf die Sporangiosporenbildung, bei zwei Arten wurde die Sporenbildung durch totale Dunkelheit begünstigt, und bei allen untersuchten Arten war bei schwachem Licht eine Sporenbildung möglich. G. Gassner und E. Niemann (1954) stellten auch eine Begünstigung der Sporenkeimung durch das Licht fest.

Es ist allgemein bekannt, daß die Fruchtkörperbildung bei den

Basidiomyceten oft erst unter der Lichtwirkung einsetzt. Natürlich spielen dabei noch andere Faktoren, wie u. a. CO_2-Konzentration, physikalisch-chemischer Zustand des Substrates, eine Rolle. Untersuchungen von B. C. Lu (1965) ergaben, daß die Fruchtkörperbildung bei *Cyathus stercoreus* durch Licht induziert wird, daß diese Induzierung aber erst eintritt, wenn die Bedingungen für das vegetative Wachstum ungünstig geworden sind. Er vermutet, daß möglicherweise eine photorezeptive Substanz gebildet werde. H. H. Handke (1963) stellte bei Basidiomyceten fest, daß das Licht auf das Mycelwachstum keinen Einfluß ausübt, daß es aber einen eindeutig fördernden Einfluß auf die Geschwindigkeit der Ausbildung sporulierender Fruchtkörper hat.

Untersuchungen von P. Matile (1962) über die Wirkung des sichtbaren Lichtes auf die Atmung von Hefe zeigten, daß unter der Lichtwirkung die endogene Atmung zeitlich begrenzt gesteigert, die Veratmung von Glukose, Brenztraubensäure, Tricarbonsäurezyklussäuren sowie die Succinoxydaseaktivität der Mitochondrien aber gehemmt wird, wobei im Licht die Glukose vermehrt anaerob dissimiliert wird.

Kürzlich berichtete C. G. Duncan (1967) in einer interessanten Arbeit über den stimulierenden Einfluß von täglich kurzdauernder Belichtung auf die Intensität der Holzzerstörung durch drei Pilze.

Über die Wirkung des Lichtes auf die zellulolytische Aktivität von Pilzen liegen noch keine eingehenden Untersuchungen vor. G. R. Mandels (1950) stellte lediglich bei *Myrothecium verrucaria* fest, daß das Licht einen Effekt auf die Invertaseaktivität und weder einen hemmenden noch fördernden Einfluß auf die Sporenkeimung und auf den Zelluloseabbau ausübt.

Fragestellung

An der EMPA durchgeführte Untersuchungen an Schimmelpilzschäden bei zellulosischen Textilien zeigten, daß lichtexponierte Materialien, wie zum Beispiel Campingzelte, Gartenschirme, Storenstoffe, Seilwerk u. a. m., oft eine charakteristische Pilzflora aus hauptsächlich dunkel gefärbten Arten aufweisen (Fig. 1), während auf verschimmelten Textilien aus Zellulosefasern in feuchten, dunklen Lagerräumen im allgemeinen solche mit hyalinen Hyphen überwiegen. Diese Beobachtungen ließen vermuten, daß die Entwicklung und möglicherweise auch die Fähigkeit verschiedener Pilze, Textilien

zerstören zu können, durch die Wirkung des Lichtes positiv oder negativ beeinflußt werden könnte. Um darüber mehr Unterlagen zu erhalten, wurde bei verschiedenen Pilzen die Wirkung des Lichtes auf den Zelluloseabbau untersucht.

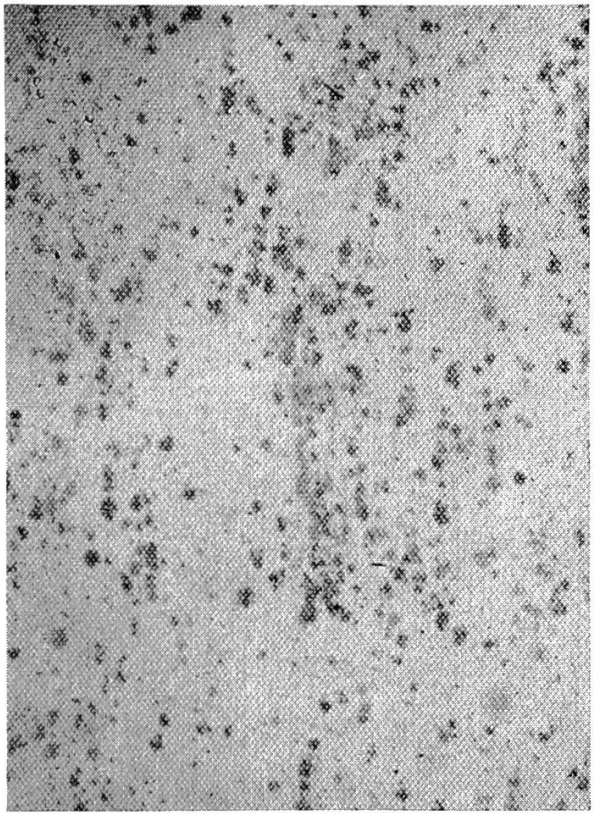


Fig. 1 Zeltstoff mit grauen und grauschwarzen Schimmelpilzflecken.

Versuchstechnik *

Für die Versuche wurde ein gebleichtes und entschlichtetes Baumwollgewebe mit einem Gewicht von etwa 250 g/m² verwendet, aus welchem in Kettrichtung Versuchsstreifen von 2,5 cm Breite und 9 cm Länge herausgeschnitten und auf einer Breite von 2 cm ausgefädelt wurden. Alle Versuche wurden mit je 8 Streifen in Kunststoffpetrischalen von 9 cm Durchmesser durchgeführt.

Das verwendete Nährmedium hat folgende Zusammensetzung (modifiziert nach D. R. WHITAKER [1953]): 0,6 g NH_4NO_3, 3,0 g $NaNO_3$, 0,2 g KH_2PO_4, 0,15 g K_2HPO_4, 2,0 g $NaH_2PO_4.H_2O$, 1,5 g Na_2HPO_4, 0,5 g $MgSO_4.7\,H_2O$, 0,2 mg Fe^{***} (als $Fe[NO_3]_3$), 0,2 mg Zn^{**} (als $ZnSO_4$), 0,1 mg Mn^{**} (als $MnSO_4$), 0,1 g Hefeextrakt

* Für die sorgfältige Durchführung der Versuche sei an dieser Stelle Fräulein JOHANNA GUBLER herzlich gedankt.

«Oxoid», 15 g Agar und 1 l dest. Wasser. Die Spurenelemente Fe, Zn und Mn werden in Form einer Stammlösung zugesetzt. Der pH-Wert liegt bei 6,4.

Für die Versuche wurden die folgenden Pilzarten und -stämme verwendet:

Chaetomium globosum	Stamm EMPA 1
Myrothecium verrucaria	Stamm EMPA 196 (= ATCC 9095)
Penicillium funiculosum	Stamm EMPA 197 (= CEB 3296.31)
Stachybotrys atra	Stamm EMPA 119
Stemphylium spec.	Stamm EMPA 206
Trichoderma viride	Stamm EMPA 113
Trichoderma viride	Stamm EMPA 198

Mit allen Pilzen wurden Versuche im Dunkeln und unter Lichteinwirkung angesetzt.

Mit je 20 ml des oben angegebenen sterilisierten Nähragars ohne Kohlenstoffquelle wurden in sterilen Petrischalen Platten gegossen. Die vorbereiteten sterilisierten Baumwollstreifen wurden unter aseptischen Bedingungen einzeln auf die Nährböden gelegt und anschließend mit je 1 ml Sporenaufschwemmung mit 1...1,2.10^6 Sporen pro ml sterilem Wasser geimpft (O. Wälchli, 1965).

Die Exposition erfolgte:

- bei *diffusem Tageslicht* und *vollständiger Dunkelheit* und einer Temperatur von 20...22 °C während 6, 10 und 20 Tagen *(Chaetomium globosum)* sowie
- bei *künstlicher Belichtung* und *völliger Dunkelheit* im Brutschrank bei 29 ± 1 °C während 3, 7, 10 und 14 Tagen (alle Pilze). Als Lichtquelle diente eine Leuchtstoffröhrenlampe «Fluora» 115/64 U, Tageslicht (D). Die Lichtmessung mittels Luxmeters ergab in der Expositionsebene eine mittlere Lichtintensität von 490 Lux.

Nach Ablauf der verschiedenen Expositionszeiten wurden die Gewebestreifen zur Abtötung der Pilze mit 75 %igem Alkohol übergossen, in Leitungswasser sorgfältig ausgewaschen, anschließend getrocknet, bei 65 % relativer Luftfeuchtigkeit und 20 °C akklimatisiert und schließlich auf Reißfestigkeit geprüft. Die prozentualen Reißfestigkeitsverluste dienen als direktes Maß für die zellulosezerstörende Aktivität der Pilze.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Bestimmungen des Reißfestigkeitsverlustes der Gewebestreifen, die von den Pilzen unter Belichtung und in völliger Dunkelheit angegriffen wurden, sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt. Zudem sind die Ergebnisse in den Figuren 2...4 auch graphisch dargestellt.

Tabelle 1 Einfluß der künstlichen Belichtung auf den Zelluloseabbau. Temperatur 29 ± 1° C.

Pilzarten	Exposition	Mittlere Festigkeitsverluste in % nach			
		3 Tagen	7 Tagen	10 Tagen	14 Tagen
Chaetomium globosum EMPA 1	belichtet	25	59	74	90
	dunkel	32	72	91	98
	Differenz	− 7	−13	−17	− 8
Trichoderma viride EMPA 113	belichtet	4	27	65	79
	dunkel	13	58	73	85
	Differenz	− 9	−31	− 8	− 6
Trichoderma viride EMPA 198	belichtet	10	39	61	74
	dunkel	18	58	68	79
	Differenz	− 8	−19	− 7	− 5
Penicillium funiculosum EMPA 197	belichtet	13	62	84	94
	dunkel	4	42	63	82
	Differenz	+ 9	+20	+21	+12
Stachybotrys atra EMPA 119	belichtet	46	77	88	94
	dunkel	39	71	82	93
	Differenz	+ 7	+ 6	+ 6	+ 1
Myrothecium verrucaria EMPA 196	belichtet	55	87	93	97
	dunkel	51	82	91	95
	Differenz	+ 4	+ 5	+ 2	+ 2
Stemphylium spec. EMPA 206	belichtet	24	49	53	55
	dunkel	26	43	52	56
	Differenz	− 2	+ 6	+ 1	− 1

Aufgrund der nachgewiesenen Festigkeitsverluste ergibt sich, daß ständige Belichtung je nach Pilzart eine fördernde, hemmende oder keine Wirkung auf den Zelluloseabbau ausüben kann. Zudem zeigt Fig. 5, daß auch das Pilzwachstum und die Sporenbildung durch

Belichtung positiv oder negativ beeinflußt werden können. In einem Fall ist keine sichere Wirkung feststellbar.

Eine eindeutig *hemmende Wirkung* übte die ständige Belichtung auf die Pilze *Chaetomium globosum* und *Trichoderma viride* aus (Tabelle 1 und Fig. 2). Beide geprüften Stämme von *Trichoderma viride* ergaben gut übereinstimmende Resultate. Ähnliche Ergebnisse zeitigte auch ein bei diffusem Tageslicht durchgeführter Versuch mit *Chaetomium globosum*, bei welchem nur während des Tages eine Belichtung vorhanden war (Tabelle 2 und Fig. 4). Der allgemein langsamere Abbau der Zellulose ist die Folge der niedrigeren Versuchstemperatur. Fig. 5 (oben) zeigt sehr schön, daß bei *Chaetomium globosum* die Perithecien- und damit auch die Sporenbildung durch die Belichtung stark gehemmt werden. Bei *Trichoderma viride* (Fig. 5, Mitte) scheint, im Gegensatz zur zellulolytischen Aktivität, die Sporenbildung durch Belichtung begünstigt zu werden. Auf jeden Fall sind die Wachstumsbilder der Licht- und der Dunkelkulturen deutlich verschieden.

Tabelle 2 Einfluß des Tageslichtes auf den Zelluloseabbau. Versuchstemperatur 20 bis 22° C.

Pilzart	Exposition	Mittlere Festigkeitsverluste in % nach		
		6 Tagen	10 Tagen	20 Tagen
Chaetomium globosum EMPA 1	belichtet	19	52	94
	dunkel	35	63	97
	Differenz	– 16	– 11	– 3

Eine den Zelluloseabbau *fördernde Wirkung* des Lichtes zeigen die Versuche mit *Penicillium funiculosum*, *Stachybotrys atra* und *Myrothecium verrucaria* (Tabelle 1 und Fig. 3). *Penicillium funiculosum* reagiert deutlich stärker als *Stachybotrys atra*. Die Lichtwirkung bei *Myrothecium verrucaria* ist unter den gewählten Versuchsbedingungen nur gering ausgefallen.

Bei *Penicillium funiculosum* zeigen die Licht- und Dunkelkulturen in der Sporenentwicklung deutliche Unterschiede. Die im Dunkeln gehaltenen Kulturen wiesen nach 3 ... 7 Tagen relativ lockere hellgelblichgrüne Sporenrasen auf, während bei den belichteten Kulturen sich in derselben Zeit sehr dichte und intensiv dunkelgrün gefärbte Sporenrasen bildeten. Bei *Stachybotrys atra* wird die Sporenproduktion

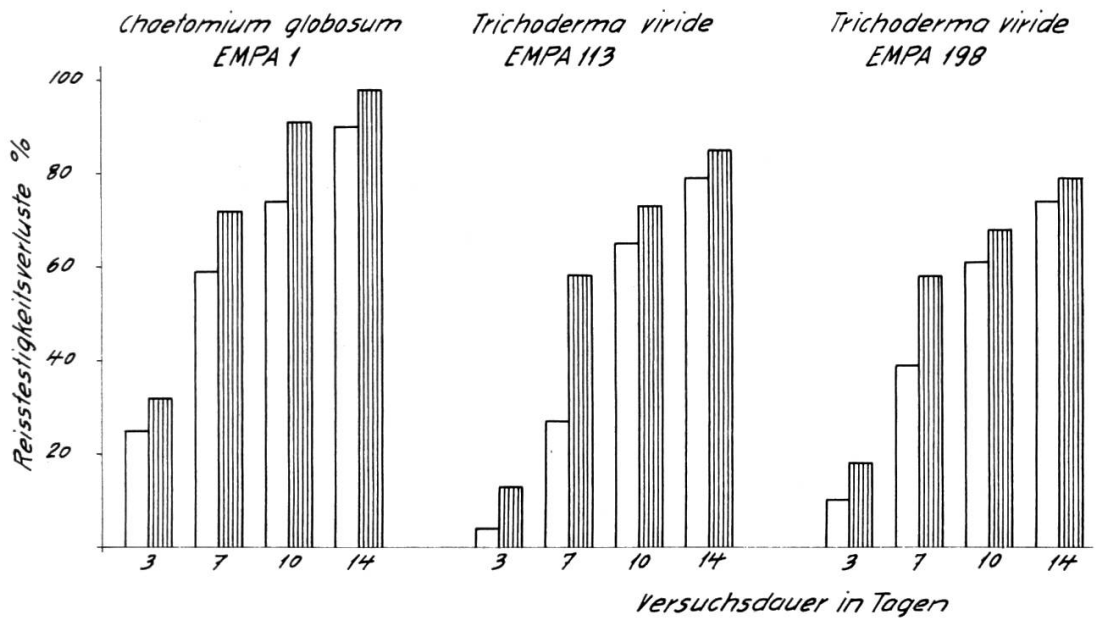


Fig. 2 Die hemmende Wirkung von ständiger künstlicher Belichtung auf den Zelluloseabbau von Baumwollgewebe durch Kulturen von *Chaetomium globosum* und von zwei Stämmen von *Trichoderma viride* (dargestellt als Reißfestigkeitsverluste; leere Säulen = belichtet; schraffierte Säulen = dunkel gehalten).

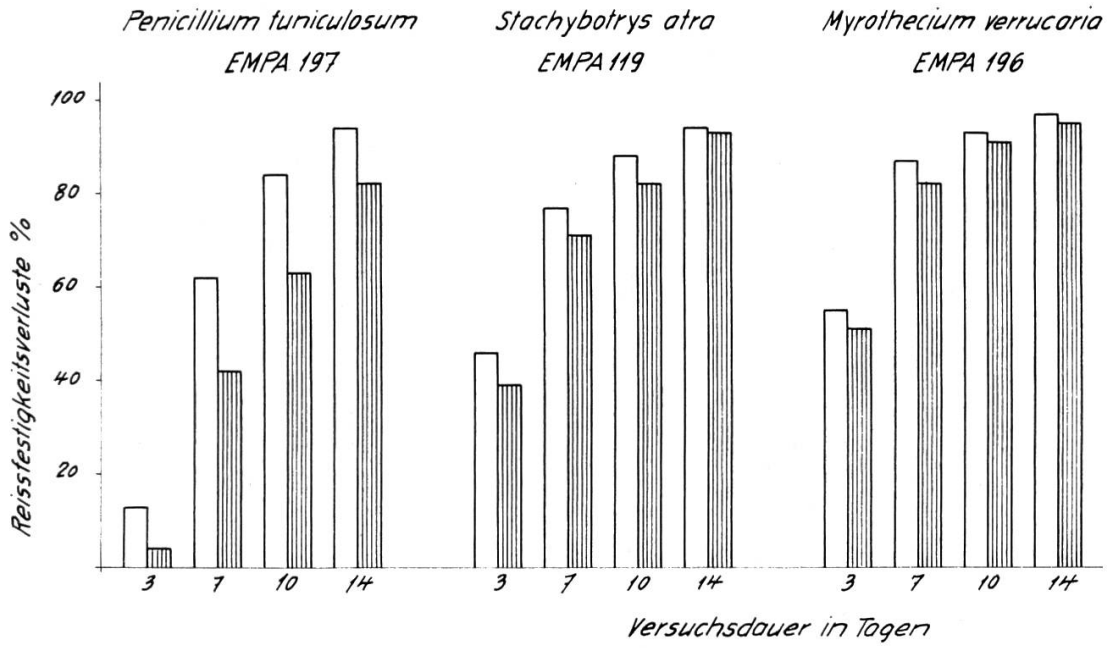


Fig. 3 Fördernde Wirkung des Lichteinflusses auf den Zelluloseabbau von Baumwollgewebe durch Kulturen von *Penicillium funiculosum*, *Stachybotrys atra* und *Myrothecium verrucaria* (dargestellt als Reißfestigkeitsverluste; leere Säulen = belichtet; schraffierte Säulen = dunkel gehalten).

durch die Belichtung stark beschleunigt. Wie Fig. 5 (unten) zeigt, bildeten sich in den belichteten Kulturen nach 6 Tagen völlig schwarze und dichte Sporenrasen, während bei den im Dunkeln gehaltenen Kulturen in dieser Zeit kaum eine Sporenbildung eintrat.

Wenn das Licht auf bestimmte Pilze fördernd und auf andere hemmend wirkt, muß man annehmen, daß es auch solche gibt, die sich dem Licht gegenüber indifferent verhalten. Dies wurde bei *Stemphylium spec.* beobachtet, bei welchem das Zelluloseabbauvermögen nicht beeinflußt wurde. Die Reißfestigkeitsverluste sind bei den Licht- und Dunkelkulturen, abgesehen von zufälligen Streuungen, gleich ausgefallen (Tabelle 1 und Fig. 4). Immerhin scheint die Sporenproduktion durch die Belichtung etwas beschleunigt worden zu sein.

Diskussion

Die Ergebnisse der beschriebenen Versuche zeigen, daß ständige Belichtung je nach Pilzart eine hemmende, fördernde oder auch keine Wirkung auf den Zelluloseabbau bei Baumwollgeweben aus-

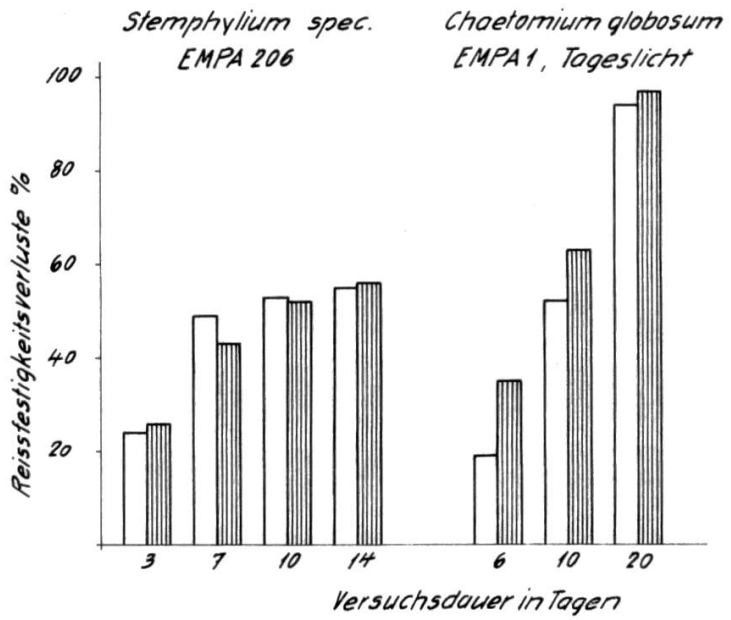
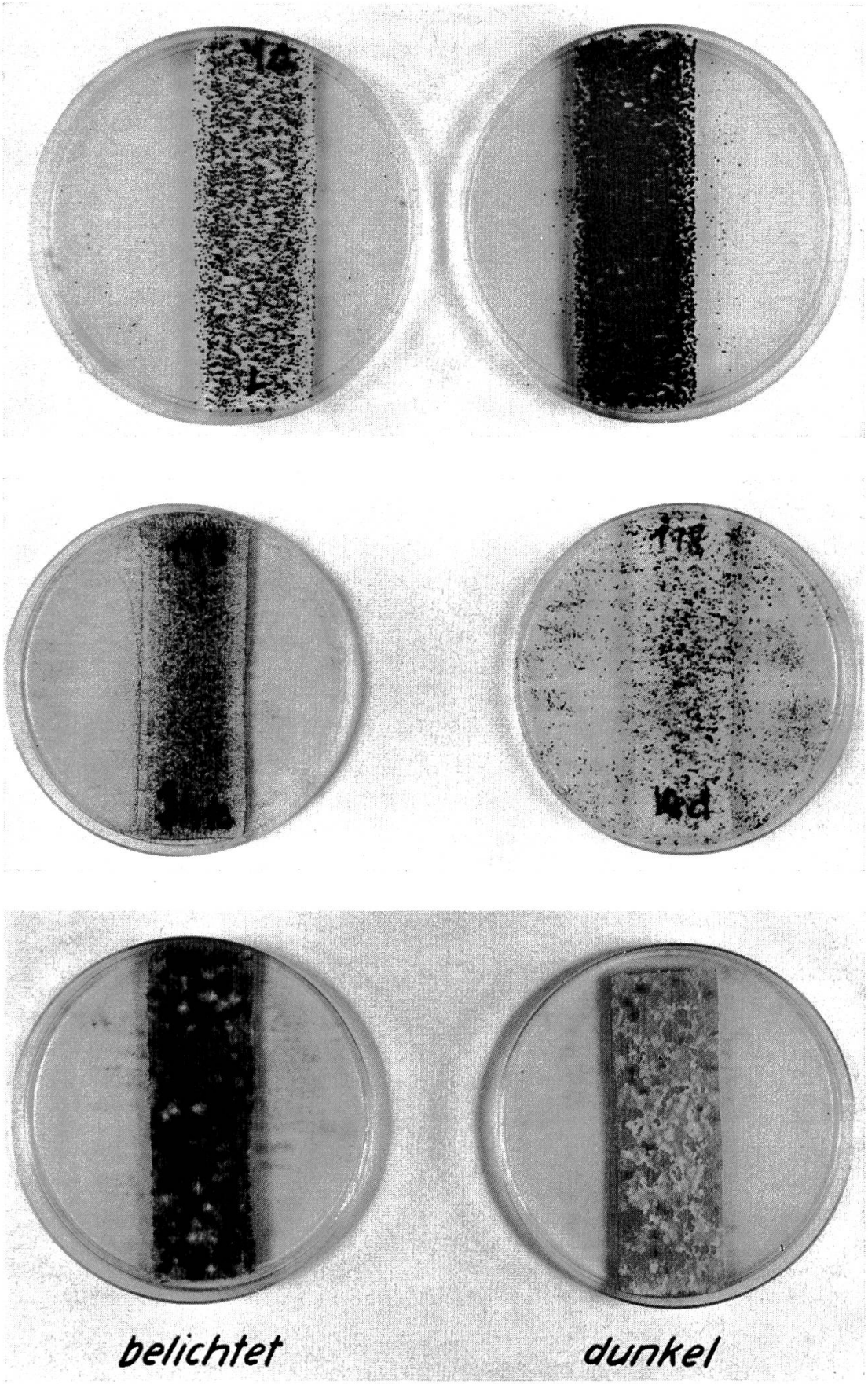


Fig. 4 Indifferentes Verhalten von *Stemphylium spec.* gegenüber Belichtung und hemmende Wirkung des Tageslichtes auf die zellulolytische Aktivität von *Chaetomium globosum* auf Baumwollgewebe (dargestellt als Reißfestigkeitsverluste; leere Säulen = belichtet; schraffierte Säulen = dunkel gehalten).

Fig. 5 Lichteinfluß auf die Sporenbildung von (oben) *Chaetomium globosum* bei 21° C nach 10 Tagen, (Mitte) *Trichoderma viride* (St. EMPA 198) bei 30° C nach 6 Tagen, (unten) *Stachybotrys atra* bei 30° C nach 6 Tagen. →


belichtet
dunkel

üben kann. Der Zelluloseabbau wurde durch den Lichteinfluß bei *Chaetomium globosum* und *Trichoderma viride* gehemmt, bei *Penicillium funiculosum*, *Stachybotrys atra* und *Myrothecium verrucaria* in verschiedenem Ausmaß beschleunigt und bei *Stemphylium spec.* nicht feststellbar beeinflußt. Die Sporenproduktion wird durch die Belichtung teils gleichsinnig zum Zelluloseabbau gehemmt oder beschleunigt, wie dies bei *Chaetomium globosum*, *Penicillium funiculosum* und *Stachybotrys atra* der Fall ist. Die Feststellungen bei *Trichoderma viride* zeigen, daß es aber auch umgekehrt sein kann. Bezüglich der Beeinflußbarkeit der zellulolytischen Eigenschaften lassen sich die Pilze gemäß den bisherigen Ergebnissen in drei Gruppen einteilen, nämlich solche, deren Vermögen Zellulose abzubauen unter dem Einfluß von Licht *gehemmt*, solche, bei denen es *gefördert*, und schließlich solche, bei denen es *nicht beeinflußt* wird. Die vielen gegensätzlichen Befunde über die Wirkungen des Lichtes auf verschiedene physiologische Eigenschaften zeigen auf jeden Fall, daß sich die Pilze durch verschiedene Reaktionsweisen auszeichnen können und daß eine einheitliche Beantwortung der Frage nach der Lichtwirkung nicht möglich ist. Die Tatsache, daß das Licht bestimmte Eigenschaften wie zum Beispiel die zellulolytische Aktivität beeinflussen kann, sollte unter anderem auch bei der Verwendung der Organismen für Prüfzwecke mit in Betracht gezogen werden.

Andererseits kann man aus den Resultaten schließen, daß die Unterschiede im Verhalten gegenüber der Lichtwirkung die Ursache dafür sein können, daß Textilien je nach ihrer Exposition beim Gebrauch oder bei der Lagerung von verschiedenen Pilzpopulationen besiedelt und zerstört werden. Diese Annahme wird durch Befunde von Schadenuntersuchungen an Zelten, Storen und an verschiedenartigem Lager- und Transportgut bestätigt.

Verschiedene Fragen über den Lichteinfluß auf das zellulolytische Verhalten sind noch abzuklären. Es liegen noch keine Ergebnisse über den Einfluß von monochromatischem Licht verschiedener Wellenlängen sowie über den Einfluß von intermittierender Belichtung vor. Die Versuche sollen auch auf weitere Pilzarten ausgedehnt werden.

Die Untersuchungen wurden durch die «Eidgenössische Stiftung zur Förderung der schweizerischen Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung» in verdankenswerter Weise durch finanzielle Mittel gefördert.

Zusammenfassung

Es wurden mit verschiedenen zelluloseabbauenden Pilzen Untersuchungen über den Einfluß des sichtbaren Lichtes auf den Zelluloseabbau bei Baumwolle durchgeführt. Aufgrund der festgestellten Festigkeitsverluste bei den durch die Pilze angegriffenen Baumwollproben ergibt sich, daß ständige Belichtung je nach Pilzart eine fördernde, hemmende oder keine Wirkung auf den Zelluloseabbau ausüben kann. Eine hemmende Wirkung auf die zellulolytische Aktivitäwurde bei *Chaetomium globosum* und bei zwei Stämmen von *Trichoderma viride* festgestellt. Eine fördernde Wirkung zeigten die Versuche mit *Penicillium funiculosum*, *Stachybotrys atra* und in geringem Maße auch *Myrothecium verrucaria*. Keine Beeinflussung des Zelluloseabbauvermögens wurde bei einem *Stemphylium-spec.*-Stamm beobachtet.

Résumé

Influence de la lumière visible sur l'activité cellulolytique des champignons. Une série d'essais avec divers champignons cellulolytiques a été réalisée pour examiner l'influence de la lumière visible sur la dégradation du coton. Selon les pertes de résistance à la traction observées sur les échantillons de coton attaqués par les champignons il a été démontré que, en fonction des espèces, une exposition continue à la lumière peut, soit accélérer, soit retarder la dégradation de la cellulose ou même n'avoir aucune influence du tout sur elle. Un effet retardateur de l'activité cellulolytique a été trouvé pour *Chaetomium globosum* et pour deux souches de *Trichoderma viride*. Les essais avec *Penicillium funiculosum*, *Stachybotrys atra* et à un moindre degré avec *Myrothecium verrucaria* ont montré un effet accélérateur. Aucune influence sur la dégradation de la cellulose n'a été trouvée pour une souche de *Stemphylium spec.*

LITERATUR

CANTINO, E. C., und HORENSTEIN, E. A.: The stimulatory effect of light upon growth and CO_2 fixation in *Blastocladiella*. I. The S.K.I. cycle. Mycologia *48* (1956), 777–799.

COCHRANE, V. W.: Physiology of fungi. 3. Aufl. New York (Verlag John Wiley & Sons, Inc.) 1965.

DUNCAN, C. G.: Effect of light on the rate of decay of three wood-destroying fungi. Phytopathology *57* (1967), 1121–1125.

GASSNER, G., und NIEMANN, E.: Untersuchungen über die Temperatur- und Lichtabhängigkeit der Sporenkeimung verschiedener *Tilletia*-Arten. Phytopathologische Zeitschrift *21* (1954), 367–394.

HALL, M. P.: An analysis of the factors controlling the growth form of certain fungi, with especial reference to *Sclerotinia (Monilia) fructigena*. Ann. Botany *47* (1933), 543–578.

HANDKE, H. H.: Zur Fruchtkörperbildung holzbewohnender Basidiomyceten in Kultur. Holzzerstörung durch Pilze, Internat. Symposium Eberswalde 1962. Berlin (Akademie-Verlag) 1963, 43–50.

HARNISH, W. N.: Effect of light on production of oospores and sporangia in species of *Phytophthora*. Mycologia *57* (1965) No. 1, 85–90.

HAWKER, L. E., LINTON, A. H., FOLKES, B. F., und CARLILE, M. J.: Einführung in die Biologie der Mikroorganismen. Stuttgart (Verlag G. Thieme) 1966.

LU, B. C.: The role of light in fructification of the Basidiomycete *Cyathus stercoreus*. American J. Botany *52* (1965), 432–437.

MANDELS, G. R.: The photoinactivation of enzymes by riboflavin. Plant Physiology *25* (1950), 763–766.

MATILE, P.: Wirkungen des sichtbaren Lichtes auf die Atmung von Hefe. Berichte d. Schweiz. Bot. Ges. *72* (1962), 236–261.

WÄLCHLI, O.: Über den Einfluß verschiedener Versuchsanordnungen bei der Prüfung der Widerstandsfähigkeit von Textilien gegen zelluloseabbauende Pilze. Material und Organismen *1* (1965), 81–94.

WHITAKER, D. R.: Purification of *Myrothecium verrucaria* cellulase. Archives of Biochemistry and Biophysics *48* (1953), 253–268.

Adresse des Verfassers:
Dr. sc. nat. Oskar Wälchli
EMPA
Abteilung Werkstoff-Biologie
St. Gallen
Unterstraße 11