©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Phyton (Austria)	Vol. 23	Fasc. 2	253–261	30. 9. 1983

Der Einfluß von *Chrysomyxa abietis* auf Chlorophyll und Chlorophyllabbau in Fichtennadeln

Von

Dieter Grill*) und Iris Polz

Mit 5 Abbildungen

Eingelangt am 14. Juli 1982

Key words: Chlorophyll, chlorophyll-degradation, *Chrysomyxa abietis*, rust fungus

Summary

Grill D. & Polz I. 1983. The influence of *Chrysomyxa abietis* on chlorophyll and chlorophyll degradation in spruce needles. — Phyton (Austria) 23 (2): 253—261, with 5 figures. — German with English summary.

The rust fungus *Chrysomyxa abietis* (Wallr.) Ung. growing in spruce needles influences both the chlorophyll content and the enzymatic degradation of the green pigments. One remarkable effect is that infected needles reach their chlorophyll maximum in summer earlier than the controls. With further development of the fungus the chlorophyll content, however, is diminished as compared to the controls, and seasonally increased levels of chlorophyll (mainly of chlorophyll a) are hardly found. The enzymatic chlorophyll degradation behaves analogously to chlorophyll. In principle, this enzymatic process is invers to the content of the green pigment in both affected and healthy leaves. The decrease of chlorophyll in needles infected by the fungus can be attributed to a pathological influence of the fungus on the cells but not to an increased activity of the chlorophyll degradation system.

Zusammenfassung

Grill D. & Polz, I. 1983. Der Einfluß von *Chrysomyxa abietis* auf Chlorophyll und Chlorophyllabbau in Fichtennadeln. — Phyton (Austria) 23 (2): 253—261, mit 5 Abb. — Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

Der Rostpilz *Chrysomyxa abietis* (Wallr.) Ung. übt bei Befall von Fichtennadeln einen deutlichen Einfluß auf den Chlorophyllgehalt sowie

*) Prof. Dr. Dieter Grill, Institut für Pflanzenphysiologie, Karl-Franzens-Universität Graz, A-8010 Graz, Schubertstraße 51.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

den enzymatischen Abbau der grünen Pigmente aus. Auffällig ist, daß pilzbefallene Nadeln früher ihr sommerliches Chlorophyllmaximum erreichen als unbefallene. Mit weiterer Pilzentwicklung wird jedoch der Chlorophyllgehalt gegenüber den Kontrollen geringer und jahreszeitlich auftretende höhere Chlorophyllmengen (vor allem von Chlorophyll a) treten kaum mehr auf. Analog zum Chlorophyll nach Pilzbefall verhält sich auch der enzymatische Chlorophyllabbau, welcher prinzipiell ein mehr oder weniger inverses Verhalten zu den grünen Pigmenten zeigt. Die Chlorophyllverminderung in infizierten Nadeln ist einer pathologischen Beeinflussung der Zellen durch den Pilz und nicht einer vermehrten Aktivität des chlorophyllabbauenden Systems zuzuschreiben.

Einleitung

Der Befall von Fichten (*Picea abies* (L.) KARST.) mit *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNG. äußert sich schon sehr frühzeitig durch Auftreten von fahlen bis gelblichen Querbinden auf den Nadeln. GRILL, LACKNER & SCHARNER 1978 fanden, daß zwar in diesen Bereichen Veränderungen der Plastiden aufreten, die den mycetogenen Chlorosen (FISCHER & GÄUMANN 1929, LITTLEFIELD 1981) nahekommen, hingegen kommt es aber zu keiner Verringerung der Chloroplastenzahl. Auf Grund dieser Symptome ist ein Einfluß auf den Chlorophyllgehalt zu erwarten. Wie weit sich nun Änderungen einerseits mit der Entwicklung des Pilzes (GRILL, HAFELLNER & WALTINGER 1980), andererseits mit den jahreszeitlichen Schwankungen der grünen Pigmente in der Fichte (GRILL, POLZ & PFEIFHOFER 1983) ergeben, soll Gegenstand vorliegender Untersuchungen sein. Gleichzeitig wird auf die Frage eingegangen, ob sich auftretende Differenzen im Gehalt der grünen Pigmente in Kontrollen und infizierten Nadeln eventuell mit geänderten enzymatischen Abbauaktivitäten in Verbindung bringen lassen.

Material und Methode

Gesunde sowie von *Chrysomyxa* befallene Fichtennadeln stammten von Bäumen eines dichten Jungwaldes nördlich von Graz. Die Bäume waren ca. 10jährig und befanden sich im Unterwuchs eines lockeren Laubbaumbestandes. Untersucht wurde der jüngste Jahrgang vom Austrieb weg bis zum Abwurf der Nadeln, da immer nur die jüngsten Nadeln vom Pilz befallen werden.

Die Pigmente wurden nach HAGER & MEYER-BERTENRATH 1966 mittels Dünnschichtchromatographie und anschließender spektrophotometrischer Auswertung der eluierten Zone bestimmt.. Für die Messung des enzymatischen Abbaues von Chlorophyll wurde Azetontrockenpulver von Fichtennadeln in Puffer gelöst (ESTERBAUER, GRILL & ZOTTER 1978) und mit einer Lösung von Chlorophyll in Äther unter Rühren inkubiert. Anschließend wurde der Chlorophyllgehalt wie oben bestimmt (GRILL, POLZ & PFEIFHOFER 1983).

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Ergebnisse

Bei den angeführten Untersuchungen wurde derart vorgegangen, daß an je einem infizierten Baum das Krankheitsbild über ein Jahr hindurch verfolgt und mit einem gesunden Baum verglichen wurde. Daneben wurden auch von mehreren anderen Bäumen, z. T. in verschiedenen Gebieten und Jahren, Proben zum Vergleich gezogen. Die damit erhaltenen Ergebnisse stimmten jedoch soweit überein, daß wir uns in der Darstellung des Jahresganges auf ein typisches Beispiel beschränken können. Jeder Punkt stellt einen Mittelwert aus mindestens drei Wiederholungen dar, wobei die Standardabweichung bei der Chlorophyllbestimmung maximal ± 3% und beim enzymatischen Chlorophyllabbau ± 5% betrug.

Chlorophyll a (Abb. 1)

Der Chlorophyllgehalt zeigt einen typischen jahreszeitlichen Verlauf mit einem Anstieg vom Austrieb bis zum Sommer, einen Rückgang bis zum Herbst und einem Chlorophyllmaximum im Winter, stimmt somit prinzipiell mit früher gemachten Angaben (Grill, Polz & Pfeifhofer 1983) überein.

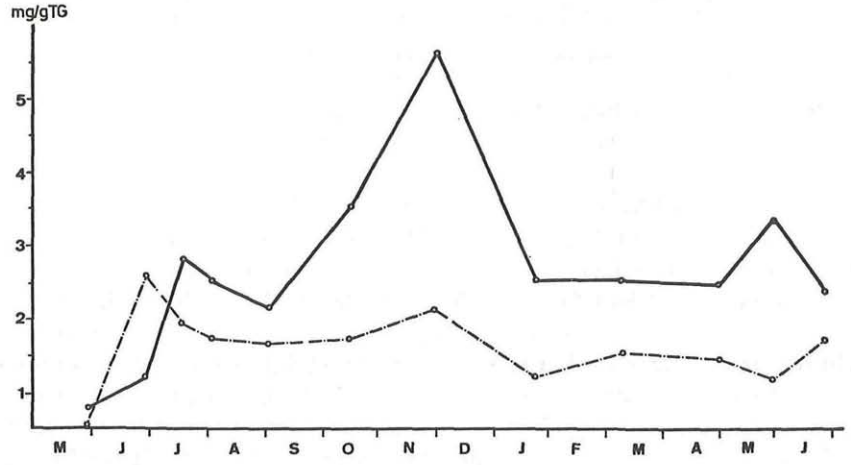

Abb. 1. Der jahreszeitliche Verlauf des Gehalts an Chlorophyll a gesunder (———) und pilzbefallener (—·—·—) Fichtennadeln

Im Frühling und im Sommer waren die Chlorophyll a-Kurven der befallenen und der gesunden Nadeln zeitlich gegeneinander etwas verschoben. In den vom Pilz befallenen Nadeln nahm der Chlorophyll a-Gehalt vom Austrieb bis Ende Juni auf rund das Vierfache (d. i. auf 2 —2,5 mg/gTG) zu und erreichte damit seinen höchsten Wert.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

In den gesunden Nadeln hingegen stieg der Chlorophyll a-Gehalt langsamer an und das erste Maximum konnte erst Mitte Juli beobachtet werden (2,8 mg/gTG). Dadurch war im ersten Monat nach dem Nadelaustrieb in den befallenen Nadeln mehr Chlorophyll a vorhanden als in den gesunden. Ab Mitte Juli sank der Chlorophyll a-Gehalt der geschädigten Nadeln unter den Vergleichswert und blieb bis Anfang Oktober ungefähr gleich hoch, während er in den gesunden Nadeln weiterhin kräftig anstieg. Zur Zeit des winterlichen Maximums, das bei den geschädigten Nadeln mit 2,15 mg/gTG nur schwach ausgeprägt war, betrug deren Chlorophyllgehalt nur rd. 40% des Chlorophyllgehaltes der gesunden Nadeln (5,6 mg/gTG).

Chlorophyll b (Abb. 2)

Der jahreszeitliche Verlauf des Gehaltes an Chlorophyll b ist ähnlich dem Chlorophyll a. Das Jahresmittel ist jedoch um rd. 70% niedriger als das von Chlorophyll a.

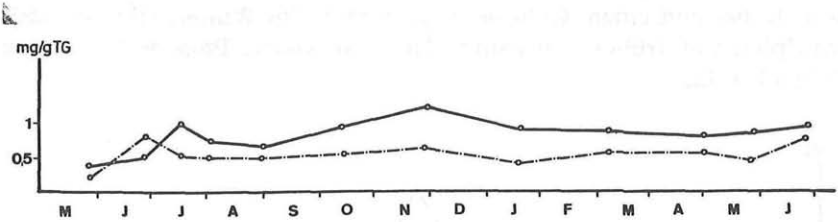

Abb. 2. Der jahreszeitliche Verlauf des Gehalts an Chlorophyll b gesunder (———) und pilzbefallener (—·—·—) Fichtennadeln

Wie beim Chlorophyll a waren auch die Kurven des Chlorophyll b der geschädigten und der ungeschädigten Fichtennadeln im Frühjahr und im Sommer zeitlich etwas verschoben. Das Sommermaximum der pilzbefallenen Nadeln (0,83 mg/gTG) wurde bereits Ende Juni, das der gesunden Vergleichsproben (1,0 mg/gTG) erst Mitte Juli beobachtet. Zu dieser Zeit war in den Nadeln der geschädigten Fichte der Chlorophyll b-Gehalt bereits wieder um 33% gesunken, er war damit niedriger als der gesunden Nadeln, die er in der Folge auch nicht mehr erreichte. Die Werte schwankten nun bis Mitte Oktober zwischen 0,51 mg/gTG und 0,56 mg/gTG, bis schließlich Anfang Dezember — als in den gesunden Nadeln sich ein Wintermaximum von 1,25 mg/gTG einstellte — wieder eine leichte Zunahme von 18% beobachtet wurde. Es kam also auch im Fall von Chlorophyll b nur zu einer andeutungsweisen Ausbildung des Wintermaximums. Ende Juni, als die meisten befallenen Nadeln schon abgefallen waren, nahm der Chlorophyll b-Gehalt auf 0,78 mg/gTG zu, während er in den gesunden Proben 0,93 mg/gTG betrug.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

a/b-Quotient (Abb. 3)

Vom Austrieb bis Mitte Juli nahmen die a/b-Quotienten beider Bäume (geschädigt und gesund) kontinuierlich zu und zu dieser Zeit war entsprechend dem schnelleren Chlorophyllanstieg in den befallenen Bäumen in diesen auch der a/b-Quotient höher als in den gesunden. In der Folge stieg aber der Quotient in den Kontrollen weiter an, bis er im Dezember mit 4,5 ein Maximum erreichte. Der a/b-Quotient der pilzbefallenen Nadeln hingegen schwankte lediglich zwischen 3,5 und 3,1 und war damit zu dieser Zeit (Herbst und Winter) deutlich niedriger. Erst ab Jänner, als der Quotient in den Kontrollnadeln wieder zurückging, konnten für beide Bäume ähnlich hohe Quotienten ermittelt werden. Allerdings stieg der Quotient zur Zeit des Austriebes in den nicht infizierten Nadeln wieder kurzfristig auf 4 an, wohingegen er bei den kranken gleich blieb.

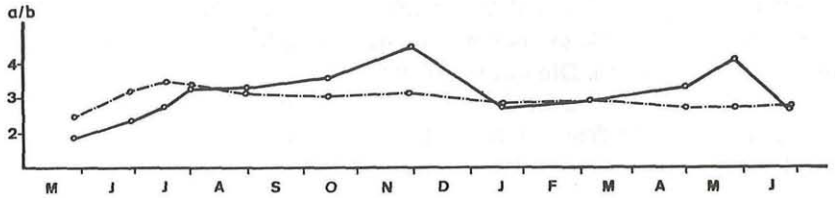

Abb. 3. Der Chlorophyll a/b-Quotient in gesunden (———) und pilzbefallenen (—·—·—) Fichtennadeln

Chlorophyll a-Abbbau (Abb. 4)

Der Chlorophyll a-Abbau der Kontrolle ist, wie bereits bei Grill, Polz & Pfeifhofer 1983 berichtet, einem Jahresgang unterworfen, wobei ein Maximum im Herbst, ein Minimum im Winter und ein neuerlicher Anstieg im Jänner bemerkenswert ist.

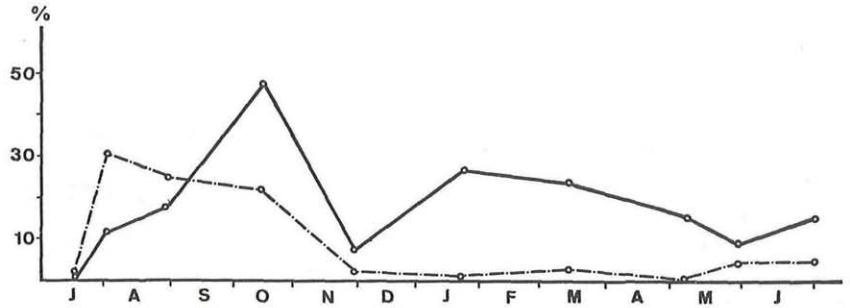

Abb. 4. Chlorophyll a-Abbau in gesunden (———) und pilzbefallenen (—·—·—) Fichtennadeln

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Ein erster Chlorophyll-a-Abbau, nämlich von 11% wurde im Kontrollbaum Anfang August festgestellt. Er stieg dann in zweieinhalb Monaten um mehr als das Vierfache an und erreichte Mitte Oktober ein Maximum von 48%. In der Folge ging der Abbau jedoch wieder stark zurück, so daß Anfang Dezember nur mehr 7% des vorgegebenen Chlorophyll a abgebaut wurde. Ein neuerlicher Anstieg konnte schließlich Ende Jänner gemessen werden, der Chlorophyll a-Abbau betrug zu dieser Zeit 27%.

Die jahreszeitlichen Schwankungen im Chlorophyll a-Abbau der pilzbefallenen Fichte unterschieden sich deutlich von den der Kontrollen. Anfang August wurde im geschädigten Exemplar zum ersten Mal eine Aktivität gefunden und diese war mit ca. 30% dreimal so hoch als im Kontrollbaum. In der Folge ging diese Abbaurate jedoch wieder zurück, während in den gesunden Nadeln im Oktober ein Maximum von 48% erreicht wurde. Der Chlorophyll a-Abbau sank dann in pilzbefallener Fichte und Vergleichsbaum sehr stark, in der Kontrolle wurden Anfang Dezember nur mehr 7% Chlorophyll a abgebaut, in der geschädigten 2%. Die darauffolgende Zunahme, die in der gesunden Fichte Ende Jänner zu beobachten war, konnte für den pilzbefallenen Baum nicht mehr festgestellt werden, die Werte schwankten ab Dezember lediglich zwischen 1 und 3%.

Chlorophyll b-Abbau (Abb. 5)

Der Chlorgphyll b-Abbau zeigte einen ähnlichen Jahresgang wie der von Chlorophyll a. Er stieg in der Kontrolle von Juli bis August auf 17% und erreichte schließlich Mitte Oktober mit rund 40% ein Herbstmaximum. Anfang Dezember war die Abbaurate wieder auf 12% gesunken und Ende Jänner konnte ein Wert von 18% ermittelt werden.

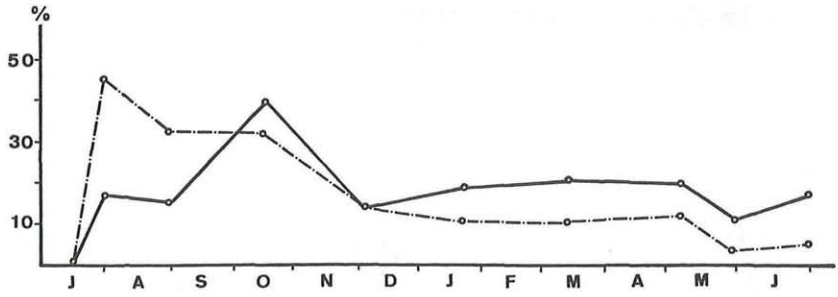

Abb. 5. Chlorophyll b-Abbau in gesunden (———) und pilzbefallenen (—·—·—) Fichtennadeln

In den von *Chrysomyxa* befallenen Fichtennadeln war der Chlorophyllabbau bereits im August sehr hoch; er ging im September zurück

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

und erreichte das Herbstmaximum der Kontrollen nicht mehr. Der erste Chlorophyll b-Abbau stellte sich in gesunden und infizierten Nadeln also zur gleichen Zeit ein wie der Chlorophyll-a-Abbau, nämlich Anfang August. Er war jedoch im pilzbefallenen Exemplar mit rd. 48% dreimal so hoch wie im ungeschädigten Baum. Anfang September begann dann die Abbaurate auf 30% zu sinken. Das herbstliche Maximum (Kontrolle 40%) wurde von der geschädigten Fichte nicht mehr ausgebildet und in weiterer Folge ging die Abbaurate in allen Fichten zurück, wobei in den pilzbefallenen Nadeln bis zur Hälfte weniger Chlorophyll b abgebaut wurde als in den Kontrollen.

Besprechung

Frühere Untersuchungen haben ergeben, daß in den pilzbefallenen Fichtennadeln Veränderungen der Plastiden auftreten (GRILL, LACKNER & SCHARNER 1978), die den mycetogenen Chlorosen (FISCHER & GÄUMANN 1929, LITTLEFIELD 1981) nahekommen. Aus diesem Grund wurde auch ein Einfluß auf den Pigmentgehalt und den Chlorophyllabbau in Nadeln, die von *Chrysomyxa abietis* befallen sind, vermutet. Im Verlauf der Untersuchungen konnten auch tatsächlich Abweichungen in den Jahresgängen des geschädigten Baumes von den gesunden Kontrollen beobachtet werden.

Im wesentlichen zeigen die Jahresgänge des Chlorophyllgehalts von Kortrollen ein ähnliches Bild wie bereits bei GRILL, POLZ & PFEIFHOFER 1983 berichtet wurde. Nach einer Periode der Chlorophyllzunahme nach dem Austrieb kommt es zu einem Sommermaximum, das nach einem kurzfristigen Minimum im Herbst in maximale Chlorophyllgehalte, welche vor allem durch Chlorophyll a gebildet wurden, im Winter übergeht. Diese hohen Werte nehmen gegen das Frühjahr wieder ab. Einzig unterschiedlich zu der oben zitierten Arbeit sind in unserem Fall zeitliche und mengenmäßige Unterschiede sowie ein etwas gröberes Kurvenbild. Einerseits sind die ökologischen und klimatischen Verhältnisse anders, es handelt sich hier um Schattenbäume, andererseits waren die Untersuchungsabstände doch relativ groß, was seinen Grund im geringen Materialangebot geeigneter *chrysomyxa*-belasteter Fichten hatte. Analoges ist auch zum Verhalten des enzmatischen Chlorophyllabbaus zu sagen, der in großen Zügen ein inverses Verhalten zum Chlorophyllgehalt zeigt (GRILL, POLZ & PFEIFHOFER 1983). Im Anfangsstadium des Befalls, nach dem Austreiben der jungen Nadeln, wurde ein schnellerer Anstieg im Chlorophyllgehalt beobachtet als es bei ungeschädigten Proben der Fall war. Mit zunehmender Schädigung wurde im Juli auch der Chlorophyllabbau über den Vergleichswert gesteigert und der Chlorophyllgehalt sinkt unter den des gesunden Baumes, der in der Folge auch nicht mehr erreicht wird. Von diesem

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Absinken ist Chlorophyll a etwas stärker betroffen als Chlorophyll b, so daß auch der a/b-Quotient erniedrigt ist.

Dieses unterschiedliche Verhalten junger Nadeln ist schwer zu interpretieren. Allein die Möglichkeit unterschiedlichen Austriebes ist auszuschließen, da alle Bäume daraufhin genau beobachtet wurden bzw. auch die Nadeln vom Ausbildungszustand her keine Unterschiede zeigten. Möglich wäre allerdings eine genetisch determinierte schnellere physiologische Entwicklung der befallenen Bäume, ein Gesichtspunkt, der erst zu prüfen ist, wenn entweder die angefertigten Stecklinge in pilzfreiem Gebiet genügend Material liefern oder wenn einmal Pilzbefall ausbleibt. Denkbar wäre auch eine anfängliche Stimulierung des Stoffwechsels nach Infektion durch den Pilz (vgl. auch LITTLEFIELD 1981), was unserer Meinung nach hier am ehesten zutreffen dürfte, worauf bei weiterem Wachstum des Pilzes im Wirt Einschränkungen im gesamten Stoffwechsel folgen. Eine anfängliche Stimulierung wurde auch bei der Peroxidaseaktivität beobachtet (GRILL, ESTERBAUER & BIRKNER 1980) und auch Untersuchungen über das Ascorbinsäuresystem (GRILL, WELT & ESTERBAUER 1978) widersprechen dem nicht.

Im Herbst, wenn der Pilz in die Zellen eindringt (GRILL, LACKNER & SCHARNER 1978, GRILL, HAFELLNER & WALTINGER 1980) und die Sporenbildung einsetzt (GÄUMANN 1959), ist neben der Photosynthese (LINVE 1964) auch die Abbauaktivität gegenüber dem Herbstmaximum der Kontrolle stark erniedrigt und der Chlorophyllgehalt steigt ebenfalls zu keinem Wintermaximum mehr an.

Die geringfügige scheinbare Erholung der Nadeln im Frühjahr kann auf den Abfall stark infizierter Nadeln und die dadurch bedingte relative Zunahme nur schwach geschädigter Nadeln zurückgeführt werden.

Die Chlorophyllverminderung in infizierten Nadeln ist also einer pathologischen Beeinflussung der Zellen durch den Pilz und nicht einer durch diesen etwa vermehrten Aktivität des chlorophyllabbauenden Systems zuzuschreiben.

Literatur

ESTERBAUER, H., GRILL D. & ZOTTER, M. 1978. Peroxydase in Nadeln von *Picea abies* (L.) KARST. — Biochem. Physiol. Pflanzen 172: 155—159.

FISCHER E. & GÄUMANN E. 1929. Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze. — Fischer, Jena.

GÄUMANN E. 1959. Die Rostpilze Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der Schweiz. — In: GÄUMANN E. Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz 12. — Büchler & Co., Bern.

GRILL D., LACKNER E. & SCHARNER M. 1978. Untersuchungen an mit *Chrysomyxa abietis* befallenen Fichtennadeln. — Phyton 19: 71—82.

—, WELT R. & ESTERBAUER H. 1978. Untersuchungen über das Ascorbin-

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

säuresystem in mit *Chrysomyxa abietis* befallenen Fichtennadeln. — Z. Pfl. Krankh. 85: 502—508.

GRILL D., ESTERBAUER H. & BIRKNER M. 1980. Einfluß von *Chrysomyxa abietis* und Abgasen auf die Peroxidase in Fichtennadeln. — Z. Pfl. Krankh. 87: 236—243.

— —, HAFELLNER J. & WALTINGER H. 1980. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an *Chrysomyxa abietis* befallenen Fichtennadeln. — Phyton 20: 279—284.

—, POLZ I. & PFEIFHOFER W. 1983. Chlorophyll und Chlorophyllabbau in Fichtennadeln. — Phyton 23: 79—90.

HAGER A. & MEYER-BERTHENRATH T. 1966. Die Isolierung und quantitative Bestimmung der Carotinoide und Chlorophylle von Blättern, Algen und isolierten Chloroplasten mit Hilfe dünnschichtchromatographischer Methoden. — Planta 69: 198—217.

LINVE A. 1964. Photosynthesis in healthy and rust-affected plants. — Plant Physiol. 39: 614—621.

LITTLEFIELD L. L. 1981. Biology of the plant rusts. — Iowa State University Press, Ames.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: 23_2

Autor(en)/Author(s): Grill Dieter, Polz Iris

Artikel/Article: Der Einfluß von Chrysomyxa abietis auf Chlorophyll und Chlorophyllabbau in Fichtennadeln. 253-261