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

Phyton (Austria)	Vol. 19	Fasc. 3—4	269—279	10. 9. 1979

Scheiden chronisch SO_2-geschädigte Fichtennadeln Äthylen aus?

Von

Helmut GUTTENBERGER, Otto HÄRTEL und Irmtraud THALER *)

Mit 2 Abbildungen

Eingegangen am 20. Dezember 1978

Summary

Ethylene exhaled by needles of spruce chronically stressed by SO_2?

Vicia faba and *Phaseolus vulgaris* are grown together with spruce twigs chronically injured by SO_2. Thereby the number of stomata as well as the frequency of stomatal abnormities in both test plants rise in accordance with the degree of the preceding stress of the spruce used in the experiments. The growth of both the stems and the leaves of the test plants, however, seems rather to decrease in the presence of spruce, but it does not correspond to the degree of the SO_2 stress. The different results of the experiments performed in spring as well as in autumn are being discussed. The results are explained with exhalation of ethylene by SO_2-stressed spruce twigs.

Zusammenfassung

Vicia faba und *Phaseolus vulgaris* werden zusammen mit chronisch durch SO_2 geschädigten Fichtenzweigen kultiviert. Dabei erhöhen sich die Zahl der Spaltöffnungen pro mm^2 und die Häufigkeit von Stomataanomalien gleichsinnig mit dem Grad der vorangegangenen Schädigung der Fichtenzweige. Das Wachstum der Sprosse und der Blätter der Testpflanzen wird jedoch in Gegenwart der Fichtenzweige eher gehemmt, es steht jedoch in keiner erkennbaren Beziehung zum Grad der Schädigung der Fichtenzweige. Der im Frühjahr und im Herbst unterschiedliche Ausfall der Versuche wird diskutiert, die Ergebnisse werden mit einer Ausscheidung von Äthylen durch SO_2-geschädigte Fichten erklärt.

Einleitung

Bei den Wechselwirkungen verschiedener Pflanzen aufeinander, die MOLISCH 1937 als Allelopathie bezeichnet hat, spielt das von Pflanzen aus-

*) Univ.-Prof. Dr. Otto HÄRTEL, Univ.-Prof. Dr. Irmtraud THALER, Mag. Helmut GUTTENBERGER, Institut für Pflanzenphysiologie, Universität Graz, Schubertstraße 51, A-8010 Graz (Austria).

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

geschiedene Äthylen eine wichtige Rolle. Es wird von reifenden Früchten ausgeschieden und beschleunigt nicht nur die Reifung anderer Früchte, sondern wirkt sich auch auf das Längenwachstum sowie auf die Entwicklung der Blätter hemmend oder fördernd aus (vgl. GRÜMMER 1955, ABELES 1973). KROPFITSCH 1951 konnte an *Vicia faba*, die zusammen mit reifenden Äpfeln gezogen worden war, zeigen, daß nicht nur der Habitus der Pflanzen modifiziert, sondern auch die Ausbildung des Spaltöffnungsmusters wesentlich beeinflußt wird. In sehr geringer Konzentration fördert Äthylen das Längenwachstum, die Schließzellenentwicklung wird aber noch nicht beeinflußt. Bei stärkeren Äthyleneinwirkungen wird das Längenwachstum gehemmt und die Stomatazahl vermehrt, auch Stomatazwillinge und andere Spaltöffnungsanomalien können entstehen; das Verhältnis Epidermiszellen zu Spaltöffnungen wird zugunsten jener verschoben.

Neuerdings ist bekannt geworden, daß unter Streß stehende Pflanzen, aber auch virus-infizierte, Äthylen ausscheiden können (vgl. ABELES 1973). Der Gedanke lag nahe, zu prüfen, ob auch Fichten, die durch SO_2 geschädigt sind, in ähnlicher Weise Äthylen ausscheiden. Dies müßte durch Änderungen des Wachstums und der Spaltöffnungsmuster äthylenempfindlicher Testpflanzen nachweisbar sein. Über einige diesbezügliche Beobachtungen sei im Nachstehenden berichtet.

Material und Methode

Samen von *Vicia faba* L. und *Phaseolus vulgaris* L. wurden vorgequollen und in Kunststofftöpfe von 7 cm ⌀ in Erde pikiert. Sobald die Sproßspitzen erschienen, kamen die Töpfe in Glasaquarien oder unter Glasstürze von rd. 70 bzw. 20 l Inhalt zusammen mit in Wasser eingefrischten Fichtenzweigen. Diese erfüllten etwa ein Viertel bis ein Drittel des Raumes. Die Fichtenzweige stammten aus dem obersteirischen Industriegebiet und waren in unterschiedlichem Maße chronisch geschädigt, akute Schadenszeichen waren nicht vorhanden. Der Grad der Schädigung wurde durch den Ausfall des Trübungstests (HÄRTEL 1953, 1972) gekennzeichnet; die prozentuale Lichtabsorption wässriger, standardisiert hergestellter Nadelabkochungen gibt ein Maß für die Stärke der vorangegangenen Belastungen der Fichten durch schädigende Abgase, insbesondere SO_2 (vgl. PELZ 1959, DÄSSLER 1963). Als Kontrolle dienten gleichartige Ansätze, jedoch ohne Fichtenzweige.

Nach zehn Tagen wurden die Testpflanzen zum ersten Mal untersucht. Zu diesem Zeitpunkt hatten die Phaseolus-Pflanzen das erste Folgeblatt entwickelt, während bei Vicia bereits das zweite Folgeblatt ausgebildet war. Gemessen wurde die Höhe der Pflanzen, die Blattlänge und -breite, ferner wurde die Zahl der Stomata pro mm^2 und die Häufigkeit von Spaltöffnungsanomalien festgestellt.

Nach 14 Tagen wurden die Töpfe aus den Aquarien bzw. Glasstürzen herausgenommen und die Pflanzen wurden ohne den Einfluß von Fichten-

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

nadeln weiterkultiviert. Vier Wochen nach dem Ansatz wurden die Pflanzen ein zweites Mal ausgewertet; im Frühjahr war dies nach der Blüte, im Herbstversuch sind die Pflanzen nicht mehr zur Blüte gekommen. Bei der zweiten Auswertung wurde die mittlere Internodienlänge bestimmt, zum Vergleich der Blattdimensionen wurde nunmehr das dritte Folgeblatt herangezogen. Bei *Phaseolus* wurde auch die Chloroplastenzahl in den Schließzellen nach BUTTERFASS 1961 bestimmt. Im Anschluß an die zweite Auswertung wurden die Pflanzen 10 cm über der Erde abgeschnitten und an Sproßquerschnitten die Dicke des gesamten Holzteiles, die Dicke der verholzten Zellwände sowie bei *Vicia* auch die der Kollenchymzellen bestimmt.

Pro Versuchsserie kamen insgesamt 108 Pflanzen zum Einsatz. Nach den unvermeidlichen Ausfällen während des Versuches standen pro Ansatz 6 bis 20 Pflanzen zur Verfügung. Die erhaltenen Daten wurden statistisch bearbeitet (Mittelwerte, Standardabweichungen, t-Test nach STUDENT). In den Tabellen bedeutet: +++ = Signifikanz des Unterschiedes $P<0{,}001$, ++ = P-Werte zwischen 0,05 und 0,01, + = P-Werte zwischen 0,01 und 0,005; ° deutet eine Signifikanz $P>0{,}05$ an. In den Tabellen sind der besseren Übersicht wegen die prozentualen Änderungen der Sproßlänge, Blattlänge und -breite zu einem kumulativen Mittelwert vereinigt; die dazugehörige Signifikanz wurde nach FISHER über die Summation der den einzelnen P-Werten entsprechenden χ^2-Werte ermittelt (vgl. PÄTAU 1943, χ^2-Tabellen in GEIGY 1960).

Ergebnisse

Die erste Versuchsserie wurde im Frühjahr (Ansatz 18. Mai 1976) durchgeführt. Die unterschiedliche Schädigung der benutzten Zweigproben ist durch die Trübungswerte 45% = Probe I, gering durch SO_2 beeinflußt, 75% = deutlich beeinflußt und 86% = stark durch SO_2 belastet gekennzeichnet; K = Kontrolle ohne Fichtenzweige. Die Tabelle 1 gibt die an *Vicia* und *Phaseolus* erhaltenen Werte wieder. Sproßlänge, Blattlänge und -breite der zusammen mit Fichtenzweigen kultivierten Testpflanzen erscheinen gegenüber der Kontrolle deutlich vermindert. Die kumulativen Mittelwerte aus den drei Größen zeigen eine mittlere Abnahme des Wachstums um 14—17%, wobei aber die Signifikanz der beobachteten Unterschiede z. T. recht gering ist. Zwischen den Ansätzen mit verschieden geschädigten Fichtennadeln sind überhaupt keine Unterschiede im Wachstum zu erkennen.

Ganz anders verhält es sich mit der Stomatafrequenz. Bei *Vicia* nimmt sie gleichsinnig mit dem Trübungstest auf mehr als das Doppelte zu (123%); ähnliches, wenn auch nicht in so starkem Ausmaß trifft auch für *Phaseolus* zu, die Zunahme beträgt bei dieser Pflanze 84%. Bei beiden Testpflanzen sind sowohl die Unterschiede gegenüber der Kontrolle wie auch die zwischen

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

den Ansätzen mit verschieden stark geschädigten Fichtennadeln (mit Ausnahme *Phaseolus* Probe I und II) einwandfrei gesichert.

Nach einmonatiger Nachkultur außerhalb der Glocken, also ohne Einwirkung der Fichtenzweige, glichen sich die Wachstumsunterschiede (beurteilt nach der durchschnittlichen Internodienlänge) völlig aus, die Unterschiede bleiben im Bereich des Zufälligen; auf eine tabellenmäßige Wiedergabe dieser Messungen darf daher verzichtet werden. Die Stomatafrequenz der mit geschädigten Zweigen vorkultivierten Pflanzen bleibt bei *Vicia* mit 30—36% (P = 0,005), bei *Phaseolus* mit 33—52% (P = 0,025) deutlich erhöht. Die Relation Stomata/Epidermiszellen erscheinen bei den mit geschädigten Zweigen kultivierten Pflanzen zwar etwas erniedrigt, doch sind die Unterschiede nur gering und wohl nicht allzu aussagekräftig.

Ein in quantitativer Hinsicht etwas anderes Bild lieferte die zweite, im Herbst durchgeführte Versuchsreihe. Dies ist insoferne nicht verwunderlich, weil im Laufe des normalen Jahresganges Fichtennadeln im Herbst niedrigere Trübungswerte liefern. Die Zweige der Probenstelle I erschienen nunmehr auf Grund des Trübungstests normal, der Trübungswert an Probenstelle III (stark geschädigt) betrug aber immer noch 63% und weist damit eine starke Beeinflussung durch Abgase aus. Von der Probenstelle II (deutlich geschädigte Nadeln) konnten keine Zweige mehr in den Versuch einbezogen werden, da das Werk, dessen Abgase die Probenstelle belastet hatten, im Laufe des Jahres seinen Betrieb eingestellt hat. Die Ergebnisse der Herbstversuche sind in Tabelle 2 in gleicher Weise wie im Frühjahrsversuch dargestellt.

Vicia zeigte nur mehr eine ganz geringe, jedoch noch ganz im Bereich des Zufälligen liegende Abnahme des Wachstums, die vor allem die Blätter betrifft; die Sproßlänge bei Probe I erscheint sogar, wenn auch nicht signifikant, erhöht. Die Stomatazahl pro mm^2 erhöht sich eindeutig und gleichsinnig mit dem Schädigungsgrad der Fichten um 38—72%. Die Zahl der Stomataanomalien steigt gleichfalls an.

Anders als *Vicia* reagierte im Herbst *Phaseolus*. Die Sprosse sind zusammen mit geschädigten Fichtenzweigen sogar zu etwas größerer Länge herangewachsen, doch ist der Unterschied nicht gesichert; das Wachstum der Blätter ist etwas herabgesetzt, die kumulative Berechnung ergibt auch nur ganz geringe und rein zufällige Unterschiede zwischen den einzelnen Ansätzen; auch in der zweiten Auswertung nach vier Wochen ergaben sich durchwegs gleiche mittlere Internodienlängen. Die Stomatafrequenz der neben den schwach geschädigten Zweigen kultivierten *Phaseolus*-Pflanzen war leicht erhöht (P = 0,01), neben den stark geschädigten Zweigen der Probe III hingegen, allerdings wohl nur zufällig (P ~ 0,20), niedriger.

Greifen wir von den Stomataanomalien speziell die Zwillinge heraus und bringen sie mit den jeweiligen Trübungswerten der Fichtenzweige in Beziehung, so ergeben sich deutliche Zusammenhänge (Abb. 1). Besonders im Frühjahr steigt der Prozentsatz von Zwillingsspaltöffnungen stark an,

Tabelle 1

Ergebnisse der Frühjahrsserie

	Vicia faba				Phaseolus vulgaris			
	K	I	II	III	K	I	II	III
1 Trübungstest	—	45	75	86	—	45	75	86
2a Sproßlänge mm	333±32	273±81	245±87	306±71	272±94	195±22	226±62	203±18
2b Blattlänge mm	49±10	42± 7	47±11	43± 5	56±11	34± 6	40± 6	45± 9
2c Blattbreite mm	32± 8	26± 7	28± 6	25± 3	44±12	33± 4	33± 4	41± 5
3 Stomata/mm²	85±16	107±23	121±26	190±37	287±42	393±58	385±42	529±49
4 Stomataanomalien %	0,9	14,7 +++	2,9 +	5,8 +	9,3	17,4	4,0 ++	10,2+++
2a—c Veränderung gegenüber K in % (P)	—	−17 (0,025)	−14 (0,30)	−14 (0,10)	—	−31 (0,001)	−23 (0,02)	−17 (0,10)
Stomata/mm², Veränderung gegenüber K in % (P)	—	+26 (0,025)	+42 (0,05)	+123 (0,001)	—	+37 (0,001)	+34 (0,001)	+84 (0,001)

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

Tabelle 2
Ergebnisse der Herbstserie

	Vicia faba			Phaseolus vulgaris		
	K	I	III	K	I	III
1 Trübungstest	—	15	63	—	15	63
2a Sproßlänge mm	217±49	241±88	215±61	381±52	359±44	433±116
2b Blattlänge mm	43± 9	39± 5	35± 7	56±10	57±13	54± 12
2c Blattbreite mm	24± 5	23± 2	22± 4	51± 8	46±12	43± 10
3 Stomata/mm²	71±89	91±14	121±26	287±43	324±38	256± 54
Stomataanomalien %	0,6	1,0	1,3	0,1	0,0	1,1
2a—c Veränderung gegenüber K in % (P)	—	−2,5 (0,6)	−9 (0,20)	—	+5 (0,20)	−2 (0,50)
Stomata/mm², Veränderung gegenüber K in % (P)	—	+38 (0,005)	+72 (0,005)	—	+12 (0,01)	−10 (0,20)

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

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

im Herbst besteht kein deutlicher Zusammenhang. Jedoch tauchen im Herbst bei allen Versuchsansätzen mit Phaseolus Schließzellen von auffallender Größe auf. Während die Zahl der Chloroplasten bei Phaseolus in allen Versuchsansätzen einheitlich bei 7—8 pro Schließzellenpaar lag, betrug sie bei den übergroßen Schließzellen das 2—3fache (Abb. 2).

Nach der zweiten Auswertung wurden an Sproßquerschnitten die Dicke des Holzteils, die Dicke der verholzten Zellwände sowie die der Kollenchymzellen gemessen. Zwischen den einzelnen Ansätzen ergaben sich kaum

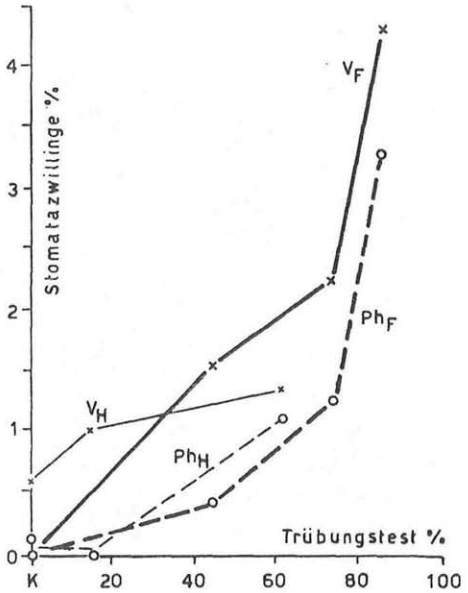

Abb. 1. Häufigkeit des Auftretens von Stomatazwillingen in Abhängigkeit von der durch den Trübungstest gekennzeichneten Schädigung der Fichtenzweige. V_F = *Vicia*, Frühjahrsversuch, Ph_F = *Phaseolus*, Frühjahrsversuch; V_H = *Vicia*, Herbstversuch, Ph_H = *Phaseolus*, Herbstversuch

Unterschiede, so daß auf eine Wiedergabe dieser Messungen verzichtet werden kann.

Besprechung der Ergebnisse

Die vorgelegten Versuche haben ergeben, daß abgasbelastete Fichtennadeln auf die Testpflanzen *Vicia faba* und *Phaseolus vulgaris* im Frühjahr einen eindeutigen wachstumshemmenden Einfluß ausüben. Dieser erscheint aber vom Grad der vorangegangenen Belastung der Fichtennadeln durch Abgase (SO_2) unabhängig. Im Herbst ist dieser Einfluß auf das Wachstum nicht mehr vorhanden. Die Stomatazahl pro mm^2 nimmt bei den zusammen

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

mit Fichtennadeln kultivierten Testpflanzen zu; dabei ergibt sich ein deutlicher und statistisch gesicherter Zusammenhang mit der vorangegangenen SO_2-Belastung der Fichtenzweige. Dieser Anstieg ist bei *Vicia* auch bei den im Herbst gezogenen Pflanzen gesichert, nicht hingegen bei *Phaseolus*, deren Spaltöffnungszahlen pro mm^2 verhalten sich im Herbstversuch unregelmäßig. Auch die Zahl der Stomataanomalien, insbesondere der Zwillinge, steigt mit der Stärke der Abgasbelastung der Fichten an; dieser Anstieg ist gleichfalls im Frühjahr wesentlich ausgeprägter.

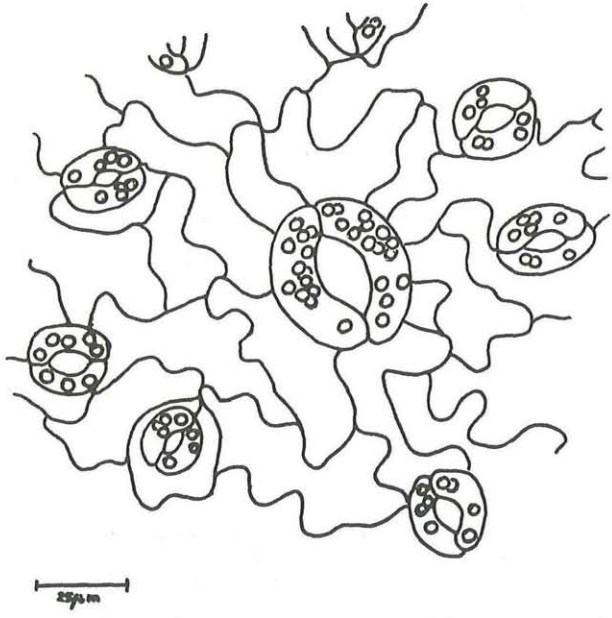

Abb. 2. *Phaseolus vulgaris*: Ein übergroßes Schließzellenpaar im Vergleich zu normalen von der Blattunterseite des 3. Folgeblattes nach Kultur mit schwach geschädigten Fichtenzweigen

Der unterschiedliche Ausfall der Frühjahrs- und Herbstversuche kann einmal auf einen verschiedenen physiologischen Zustand der Fichtennadeln zurückgehen, worauf der Jahresgang des Trübungstests hinweist, aber auch auf eine verschiedene Reaktionsfähigkeit der Testpflanze selbst. Im Herbst waren die durchschnittlichen Sproßlängen bzw. in der zweiten Auswertung die Internodienlängen sowie die Blätter von *Vicia* kleiner als im Frühjahr, bei *Phaseolus* war das Verhältnis gerade umgekehrt. Dies könnte auf ein unterschiedliches photoperiodisches Verhalten zurückzuführen sein; *Vicia faba* ist eine Langtagpflanze, *Phaseolus vulgaris* hingegen eine Kurztagpflanze (Bünning 1939).

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

Beschränken wir uns auf den Frühjahrsversuch, so könnten wir Tabelle 1 entnehmen, daß die Wachstumsänderungen bei Gegenwart von Fichtenzweigen durchwegs geringer waren als bei Kontrollpflanzen, die ohne Fichtenzweige herangewachsen waren. Da die Wachstumsdepression in keinem Zusammenhang mit der Stärke der vorangegangenen Schädigung der Fichtenzweige stand, könnte daraus der Schluß abgeleitet werden, daß Fichtenzweige ganz allgemein das Wachstum der Testpflanzen hemmen, wie dies bereits MOLISCH 1937 auch für Wicken gefunden hatte; auch das Ausmaß der Depression entspricht ungefähr dem von MOLISCH beobachteten. Doch reichen unsere Daten nicht aus, um die Frage nach der generellen Wirksamkeit von Exhalationen von gesunden Fichtennadeln auf das Wachstum anderer Pflanzen zu beantworten. Bei der im Frühjahrsversuch als Kontrolle benutzten Fichtenprobe konnte auf Grund des Trübungstests eine gelegentliche Einwirkung von Abgasen nicht ausgeschlossen werden. Im Herbstversuch wurde noch eine weitere Fichtenprobe aus einem praktisch unbelasteten, klimatisch jedoch mit den anderen Probestandorten keinesfalls vergleichbarem Gebiet miteinbezogen (in den Tabellen aus diesem Grunde auch nicht angeführt). Sie verursachte im Herbstversuch ebensowenig Wachstumsänderungen wie dies mit den anderen Fichtenproben der Fall war.

Aber auch ein weiterer Grund kann für das Ausbleiben deutlicher Wachstumsreaktionen der Testpflanzen in Frage kommen. Es ist bekannt, daß Pflanzen in ihrer Entwicklung ein Maximum der Empfindlichkeit gegenüber schädigenden Abgasen durchlaufen; bei Getreidepflanzen erwies sich das Dreiblattstadium am empfindlichsten, ähnliches gilt auch für andere Pflanzen (VAN HAUT 1961). Nimmt man nun an, daß dieser Gang der Empfindlichkeit nicht nur für Schadgase, sondern auch für allelopathische Einwirkungen zutreffen könnte, so dürfte in unseren Versuchen das Stadium maximaler Empfindlichkeit nicht erreicht worden sein, da die Größe der verfügbaren Kulturkammern eine genügend lange Kultur nicht zuließ. Die Pflanzen waren dann zu kurz den allelopathischen Einwirkungen ausgesetzt gewesen, um auch bei der zweiten Auswertung eindeutige Unterschiede erkennen zu lassen.

Waren also die Wachstumsunterschiede nicht eindeutig im Sinne einer von der Schädigung der Fichtenzweige abhängigen Wachstumsbeeinflussung interpretierbar, so ist dies hinsichtlich der Veränderungen der Spaltöffnungen sehr wohl der Fall. Die Differenzierung der Spaltöffnungsapparate erfolgt ja in einem sehr frühen Stadium der Knospenentwicklung und muß daher zur Gänze unter dem Einfluß der Exhalationen der Fichtenzweige stattgefunden haben. Dadurch erwiesen sich die Spaltöffnungsmuster als wesentlich empfindlichere Indikatoren für allelopathische Einwirkungen als das Wachstum. Eine vom Grad der SO_2-Belastung der Fichten abhängige Erhöhung der Spaltöffnungsdichte fand sich statistisch eindeutig gesichert nicht nur im Frühjahrsversuch bei beiden Testpflanzen, sondern bei *Vicia*

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

auch im Herbstversuch; nur bei *Phaseolus* blieb im Herbst die Spaltöffnungsfrequenz von den Fichtenzweigen unbeeinflußt. Auch die Häufigkeit von Spaltöffnungszwillingen nahm klar mit dem Grad der Schädigung der Fichte zu. Damit finden sich ähnliche Veränderungen durch Fichten ausgelöst, wie sie KROPFITSCH 1951 bei den gleichen Testpflanzen durch Apfelgas erzielen konnte. Der Schluß liegt nahe, auch bei unseren Versuchen eine ähnliche Ursache dieser Veränderungen anzunehmen, nämlich Ausscheidung von Äthylen, die durch SO_2-Schädigung bzw. SO_2-Einfluß auf Fichtenzweige gesteigert werden könnte. BUCHER 1978 berichtete, daß nach künstlicher SO_2-Begasung von Fichten Äthylen gaschromatographisch nachgewiesen wurde. Künstliche Begasung entspricht wegen der dabei verwendeten SO_2-Konzentrationen einer akuten Schädigung. Es ist daher durchaus im Bereich der Möglichkeit gelegen, daß auch chronisch geschädigte bzw. von SO_2 belastete Fichtenzweige ohne äußerlich erkennbare Zeichen akuter Schädigung Äthylen ausscheiden können.

Wir kennen in keinem Falle den eigentlichen Angriffspunkt der schädigenden Gase in der Zelle. Eines der frühesten Symptome einer Abgaswirkung dürften Angriffe auf plasmatische Membranen sein, Veränderungen des osmotischen Verhaltens sind bereits bei sehr geringen Konzentrationen der schädigenden Agentien nachgewiesen worden (ANDRÉ 1934, HÄRTEL & MIKLAU—GRASSL 1974). Neuerdings wurde weiters bekannt, daß die Äthylenproduktion der Zellen alternder Gewebe durch Permeabilitätsverlust plasmatischer Membranen und damit durch den Zusammenbruch bestimmter plasmatischer Kompartimente gesteigert wird (KENDE & BAUMGARTNER 1974). Dies könnte die Äthylenproduktion SO_2-geschädigter Fichtenzweige erklären und gäbe ein weiteres Argument, daß die durch SO_2-Einwirkung eingeleiteten physiologischen Veränderungen denen eines vorzeitigen Alterns entsprechen (BÖRTITZ 1969).

Literatur

ABELES F. B. 1973. Ethylene in Plant Biology. — New York, London.

ANDRÉ A. 1934. Untersuchungen über die Einwirkung von schwefliger Säure auf Blattzellen. — Diss. Bonn.

BÖRTITZ S. 1969. Physiologische und biochemische Beiträge zur Rauchschadenforschung. 11. Mitteilung: Analysen einiger Nadelinhaltsstoffe an Fichten unterschiedlicher Rauchhärte aus einem Schadgebiet. — Arch. Forstwesen. 18: 123—131.

BUCHER J. B. 1978. SO_2-induziertes Stress-Aethylen in den Assimilationsorganen von Waldbäumen. — Tagungsbericht IUFRO-Tagung „Luftverunreinigung—Rauchschäden" Ljubljana 1978 (im Druck).

BÜNNING E. 1939. Die Physiologie des Wachstums und der Bewegungen. — Springer, Berlin.

BUTTERFASS Th. 1961. Das Verhalten der Chloroplastenzahlen in den Schließzellenpaaren von Zuckerrüben verschiedener Ploidiestufen vom Keimling bis zur blühenden Pflanze. — Der Züchter 31: 62—71.

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

DÄSSLER H-G. 1963. Probleme der forstlichen Rauschschadenforschung. — Biol. Zbl. 82: 217—228.

GEIGY J. R. AG. 1960. Dokumente Geigy, wissenschaftliche Tabellen (red. K. DIEM). — Basel.

GRÜMMER G. 1955. Die gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen. — Jena.

HÄRTEL O. 1953. Eine neue Methode zur Erkennung von Raucheinwirkungen an Fichten (Trübungstest). — Zbl. ges. Forst- u. Holzw. 72: 12—21.

— 1972. Langjährige Meßreihen mit dem Trübungstest an abgasgeschädigten Fichten, Ergebnisse und Folgerungen. — Oecologia (Berl.) 9: 102—111.

— & MIKLAU—GRASSL S. 1974. Über den Einfluß von SO_2 auf Pflanzenzellen. — Phyton (Austria) 16: 81—90.

HAUT H. VAN 1961. Die Analyse von Schwefeldioxidwirkungen auf Pflanzen im Laboratoriumsversuch. — Staub 21: 52—56.

KENDE H. & BAUMGARTNER B. 1974. Regulation of aging in flowers of *Ipomoea tricolor* by ethylene. — Planta (Berlin) 116: 279—289.

KROPFITSCH M. 1951. Apfelgas-Wirkung auf die Stomatazahl. — Protoplasma 40: 256—265.

MOLISCH H. 1937. Der Einfluß einer Pflanze auf die andere — Allelopathie. — Jena.

PÄTAU K. 1943. Zur statistischen Beurteilung von Messungsreihen (eine neue t-Tafel). — Biol. Zbl. 63: 152—168.

PELZ E. 1959. Rauchschadendiagnose. — Arch. Forstwesen 8: 750—759.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn

Jahr/Year: 1979

Band/Volume: 19_3_4

Autor(en)/Author(s): Guttenberger Helmut, Härtel Otto, Thaler Irmtraud

Artikel/Article: Scheiden chronisch SO2-geschädigte Fichtennadeln Äthylen aus?. 269-279