POSTER zu Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Berlin 1980) Band IX 1981

Wirkungen des Cadmiums auf Veränderungen von CO_2-Gaswechsel und Transpiration bei *Phaseolus vulgaris* L. nach Ozon-Begasung

- Andreas Faensen-Thiebes und Dieter Overdieck -

Phaseolus vulgaris was grown in hydro-culture and parts of the nutrient solutions were contaminated with 0.05 and 0.1 ppm Cadmium (Cd). In addition one part of the culture was exposed to 0.3 and another part to 0.5 ppm ozone for 2 hours in environmentally controlled chambers. Net photosynthesis, dark respiration, and transpiration rates of leaves were measured in a climatized cuvette before and after exposure to ozone. The measurements of the ozone treated plants lasted up to 17 hours after gas application.
Cadmium stimulated net photosynthesis, whereas ozone inhibited photosynthesis and transpiration distinctly. The additional Cd application decreased slightly the effect of ozone on photosynthesis and on transpiration at higher ozone concentrations.

Air pollution, cadmium, combining effects, ozone, Phaseolus vulgaris, photosynthesis, transpiration.

1. Einführung

Neben den viel untersuchten Wirkungen einzelner Schadstoffe gibt es vergleichsweise nur wenige Kenntnisse über deren kombinierte Wirkung.

Die CO_2-Assimilation als zentraler Punkt des pflanzlichen Stoffwechsels ist dabei ein empfindliches Maß für die Toxizität einzelner Umweltgifte und wird deshalb viel als Bewertungskriterium für deren Pflanzenschädlichkeit genommen (BENNET und HILL 1974). Ozon, als wichtigster Bestandteil des photochemischen Smogs, bewirkt eine starke Senkung der CO_2-Assimilation (OVERDIECK, FAENSEN-THIEBES 1981, dort weitere Literatur).

Ziel der Untersuchung war es, festzustellen, ob und wie diese Ozonempfindlichkeit durch Cadmium verändert wird.

2. Material und Methoden

Samen von *Phaseolus vulgaris* L. cv. *saxa* wurden in feuchtem Kies zur Keimung gebracht und nach 7-10 Tagen in Hydrokulturgefäße mit 1.5 l Nährlösung eingesetzt. Im Alter von 3 Wochen, nachdem das erste Fiederblatt gerade voll entfaltet war, wurde bei einigen Pflanzen die Nährlösung mit 75 bzw. 150 µl einer 1000 ppm Cd-Lösung versetzt, so daß die Nährlösungen 0.05 bzw. 0.1 ppm Cadmium enthielten. Zwischen 3 und 7 Tagen nach Cadmium-Zugabe wurden die Gaswechselmessungen und Ozonbegasungen, wie in diesem Band beschrieben (OVERDIECK, FAENSEN-THIEBES 1981), am ersten Fiederblatt durchgeführt.

Für die Berechnungen des Ozon- und Cadmiumeinflusses auf den Gaswechsel wurden die Werte vor der Begasung und 1, 6 und 17 Stunden nach dem Ende der 2-stündigen Begasung zusammengefaßt und mit ihnen eine 3-faktorielle Varianzanalyse mit anschließendem Duncan-Test (WEBER 1972) durchgeführt.

Zur Bewertung der sichtbaren Schäden (Chlorosen und Nekrosen) wurden drei Gruppen gebildet:

I Keine Schäden
II Schäden auf die Primärblätter beschränkt
III Schäden auch am ersten Fiederblatt.

3. Ergebnisse

Die Kontamination der Nährlösung mit 0.05 bzw. 0.1 ppm Cd stimuliert die Nettoassimilation von 5.7 über 6.2 (bei 0.05 ppm) auf 7.2 mg $CO_2/dm^2 \cdot h$ (bei 0.1 ppm Cd), ohne die Transpiration zu erhöhen. Der Unterschied zwischen der Kontrolle und der 0.01 ppm-Kontaminationsstufe ist signifikant (Tab. 1).

Tab. 1: CO_2-Nettoassimilation und Transpiration des 1. Fiederblattes von *Phaseolus vulgaris* L. vor einer 2-stündigen Ozonbegasung und 1, 6 und 17 Stunden danach.
Ozonkonzentrationen: 0.3 und 0.5 ppm. Ein Teil der Pflanzen war zusätzlich mit 0.1 ppm Cadmium kontaminiert. + : signifikante Senkung gegenüber dem Wert vor der Ozonbegasung ($p < 0.5$); Bezugsgröße: einseitige Blattfläche.

Behandlung			CO_2-Nettoassimilation mg $CO_2/dm^2 \cdot h$				Transpiration mg $H_2O/dm^2 \cdot h$			
n	Cadmium ppm	Ozon ppm	vor Begasung	Stunden danach 1	6	17	vor Begasung	Stunden danach 1	6	17
3		0.15	6.7	6.1	6.1	6.7	1720	1250	1070	1720
5		0.3	5.7	4.6	4.4	5.2	1180	640+	590+	760+
5		0.5	5.7	2.6+	2.7+	4.0	1570	520+	510+	820+
5	0.1	0.3	7.3	5.5	5.9	6.2	1660	750+	730+	1140+
5	0.1	0.5	6.8	4.9	5.3	5.8	1390	700+	780+	940+

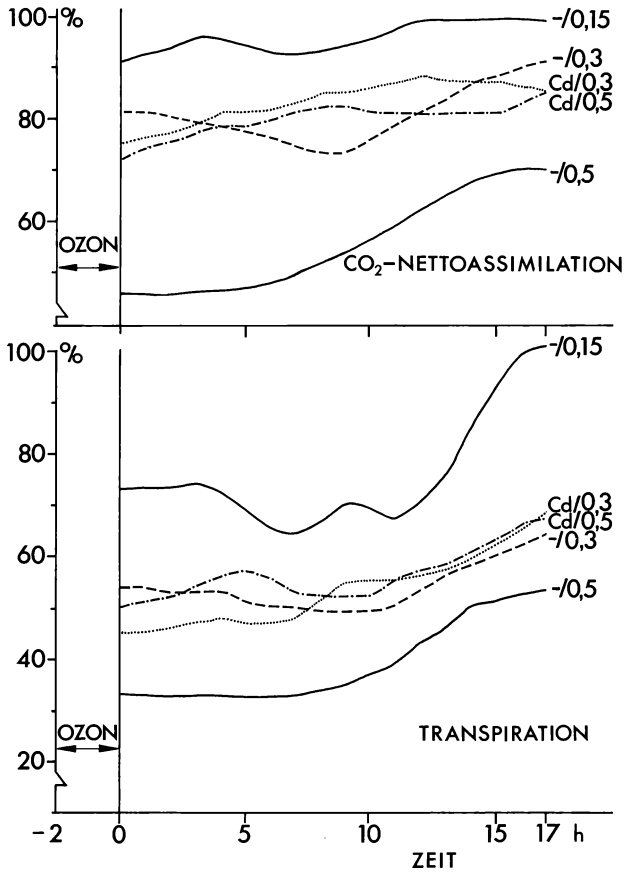

Abb. 1: CO_2-Nettoassimilation und Transpiration des 1. Fiederblattes von *Phaseolus vulgaris* L. nach 2-stündiger Ozonbegasung in % des Wertes vor der Begasung. Cd vor dem Schrägstrich bedeutet zusätzliche Belastung mit 0.1 ppm Cadmium in der Nährlösung; der Wert hinter dem Schrägstrich gibt die Ozonkonzentration in ppm an.

Abb. 1 zeigt die Entwicklung der Nettophotosynthese und Transpiration nach 2-stündiger Ozon-Behandlung mit und ohne Cd-Belastung. Bei den nicht kontaminierten Pflanzen nimmt die Photosyntheseleistung abhängig von der Ozon-Konzentration deutlich ab. Die zusätzliche Cd-Belastung verringert bei 0.3 ppm Ozon diese Photosynthesedepression wenig und bei 0.5 ppm stark.

Die Transpiration zeigt die gleiche Tendenz, jedoch wirkt Ozon hier stärker. Selbst bei 0.15 ppm Ozon, wo die Nettoassimilation nicht einmal um 10% abgesunken ist, nimmt die Transpiration stark und langanhaltend ab.

Transpiration und Nettophotosynthese zeigen nach Begasung zunächst eine Phase gleichbleibender Raten. Danach steigen die Werte bis zum Ende der Meßzeit wieder an. Es ist anzunehmen, daß sich diese Erholung noch weiter fortsetzt. Beide Vorgänge unterschieden sich jedoch leicht im Zeitpunkt ihrer Erholung: Die CO_2-Nettoassimilation beginnt schon 1 bis 8 Stunden, die Transpiration erst etwa 10 Stunden nach der Begasung wieder anzusteigen.

Tab. 1 zeigt die Werte von Transpiration und Photosynthese zu den Zeitpunkten vor der Begasung und 1, 6 und 17 Stunden danach. Die Varianzanalyse dieser Werte bestätigt für die Photosynthese den Einfluß von Cd-Gabe, Ozonkonzentration und Zeitpunkt der Messung, für die Transpiration den von Cd-Gabe und Meßzeitpunkt.

Der Gaswechsel der ozonbehandelten Pflanzen, eingeteilt in drei Schadgruppen, wird in Abb. 2 und Tab. 2 wiedergegeben. Während die Photosyntheseleistung starke Unterschiede zwischen den Schadgruppen aufweist, sind diese Differenzen bei der Transpiration geringer. Diese ist bei

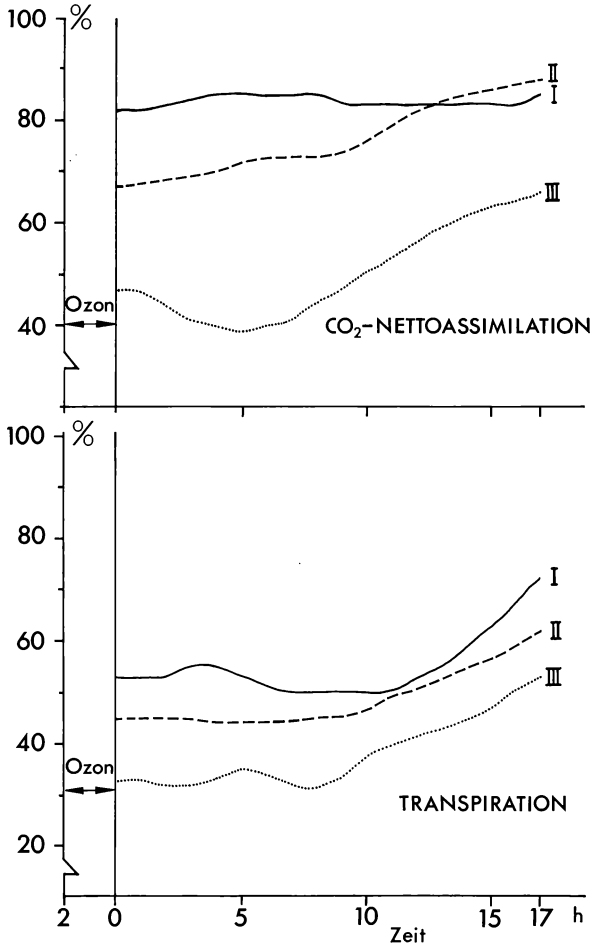

Abb. 2: CO_2-Nettoassimilation und Transpiration des 1. Fiederblattes von *Phaseolus vulgaris* L. nach 2-stündiger Ozonbegasung (0.3 und 0.5 ppm O_3) in % des Wertes vor der Begasung, gruppiert in 3 Schadgruppen: I. Keine Schäden, II. Nekrosen oder Chlorosen an den Primärblättern, III. Nekrosen oder Chlorosen auch am 1. Fiederblatt.

allen drei Gruppen stark gesenkt und steigt erst nach ca. 10 Stunden an. Die CO_2-Assimilation jedoch entwickelt sich abhängig von der Schadstufe und zeigt nahezu konstant Werte um 85% bei I, kontinuierlichen Anstieg in II, Absinken und ein anschließenden Ansteigen in Gruppe III. Die Varianzanalyse sichert den Einfluß der Schadstufe auf die Photosynthese, nicht jedoch auf die Transpiration.

Tab. 2: CO_2-Nettoassimilation und Transpiration des 1. Fiederblattes von *Phaseolus vulgaris* L. vor einer 2-stündigen Ozonbegasung und 1, 6 und 17 Stunden danach. Einteilung in 3 Schadgruppen: I. keine Schäden, II. Nekrosen und Chlorosen an den Primärblättern, III. Nekrosen und Chlorosen auch am 1. Fiederblatt.
+ : signifikante Senkung gegenüber dem Wert vor der Ozonbegasung ($p < 0.5$); Bezugsgröße: einseitige Blattfläche.

		Schadgruppe	CO_2-Nettoassimilation mg $CO_2/dm^2 \cdot h$				Transpiration mg $H_2O/dm^2 \cdot h$			
n			vor Begasung	Stunden danach 1	6	17	vor Begasung	Stunden danach 1	6	17
10	I	Keine Schäden	7.2	5.8+	6.1	6.1	1560	830+	770+	1130+
10	II	Leichte Schäden	6.1	4.1+	4.5+	5.4	1460	660+	630+	900+
5	III	Schwere Schäden	6.1	2.9+	2.4+	4.0+	1390	460+	470+	730+

4. Diskussion

Besonders die Arbeitsgruppe um BAZZAZ hat die Wirkung von Cadmium auf den pflanzlichen Gaswechsel untersucht (HUANG et al. 1974; CARLSON et al. 1975; CARLSON, BAZZAZ 1977). Dort ist die Senkung von Photosynthese und Transpiration bei Sojabohne, Sonnenblume, Mais und Platane unter Einfluß von Cadmium jedoch mit wesentlich höheren Konzentrationen erreicht worden als sie von uns angewendet wurden.

Andererseits ist das Wachstum häufig bei sehr geringen Cadmiumkonzentrationen im Substrat stimuliert (TURNER 1973; BINGHAM et al. 1975 u. 1976; HEMMEN 1976). Diese Befunde werden durch unsere am ersten Fiederblatt gewonnenen Ergebnisse gestützt. Denkbar wäre ein durch Cadmium bedingter erhöhter Assimilatbedarf, der eine Steigerung der Photosyntheseleistung induziert. Eine solche Erhöhung der Photosynthese konnten THORNE, KOLLER (1974) an Sojabohnen beobachten, nachdem ein Teil der Blätter verdunkelt worden war.

Die von uns ermittelte geringere Photosyntheseleistung nach Ozonbelastung haben wir bereits an anderer Stelle in diesem Band diskutiert (OVERDIECK und FAENSEN-THIEBES 1981).

Die Interaktion von Cadmium und Ozon ist nicht leicht zu verstehen. CZUBA, ORMROD (1974) fanden, daß bei Kresse und Salat durch Ozon verstärkt Carotinoide und Chlorophylle abgebaut werden, wenn zusätzlich mit Cadmium belastet wird. ORMROD (1977) erhielt bei *Pisum sativum* vermehrte Blattschäden durch Ozon, wenn er sie vorher mit Cadmium kontaminiert hatte. Sobald jedoch die Cd-Konzentration so hoch war, daß sie die Erbsen schädigte, konnte der Schaden durch Ozon nicht mehr gesteigert werden. Auch HARKOV et al. (1979) fanden, daß der Coergismus zwischen Ozon und Cadmium von den verwendeten Konzentrationen abhängt.

Unsere Untersuchung kommt zu einem ähnlichen Ergebnis: Cadmium verändert die Ozonwirkung nicht immer, sondern mildert die Schäden durch Ozon, wenn das Gas besonders hohe Konzentrationen erreicht. Bei einer Ozon-Konzentration von nur 0.3 ppm ist der Cadmium-Einfluß nur gering. Dies gilt sowohl für CO_2-Nettoassimilation als auch Transpiration.

Auch für andere Schadstoffe ist es nicht möglich, ihr Zusammenwirken vereinfachend Synergismus oder Antagonismus zu nennen, z.B. bei der Kombination SO_2 mit Ozon (HEAGLE, JOHNSTON 1979) und Blei mit Cadmium (CARLSON, BAZZAZ 1977). Es hängt jeweils von den Konzentrationen und der Art der Schädigung ab, welche Form des Zusammenwirkens vorherrscht.

HILL, LITTLEFIELD (1969) haben an vielen Kulturpflanzen festgestellt, daß die Gaswechselraten durch Ozon gesenkt werden, ohne daß dabei Schäden sichtbar werden mußten. Ozon-Belastung führte bei allen untersuchten Pflanzen zum Schließen der Stomata, und dies wird als Grund für die verminderte Photosynthese angesehen. Bei ihren Versuchen, wie auch bei ELKIEY, ORMROD (1979), öffneten sich die Stomata kurze Zeit nach der Begasung wieder. Die Transpiration war also sehr bald nicht mehr behindert. Bei uns stieg dagegen in allen Schadgruppen die Transpiration erst wieder nach etwa 10 Stunden an. Dabei verliefen Nettophotosynthese und Transpiration nicht immer parallel, d.h. im Blattparenchym könnten Prozesse in Gang gebracht worden sein, die sich unabhängig von den Stomata entwickeln und zu einem teilweise unabhängigen Verlauf von Transpiration und Photosynthese führen.

Die im Vergleich zur Nettophotosynthese allgemein stärkere Senkung bei der Wasserdampfabgabe kann durch die unterschiedlichen Diffusionskoeffizienten von CO_2 und H_2O bedingt sein. Außerdem könnte eine Rolle spielen, daß bei einer Bestrahlungsstärke von nur 170 $\mu E/m^2 \cdot s$ der Carboxilierungs-Widerstand, verglichen mit dem stomatären Widerstand, sehr groß ist und sich deshalb verminderte Spaltöffnungsweiten nicht so stark wie erwartet auf die Netto-Photosynthese auswirken.

Die Untersuchung wurde gefördert durch das Umweltbundesamt.

Literatur

BENNET J.H., HILL A.C., 1974: Acute inhibition of apparent photosynthesis by phytotoxic air pollutants. In (Ed. DUGGER M.): Air pollution effects on plant growth ACS Symposium Series Nr. 3, Washington 1974.

BINGHAM F.T., PAGE A.L., MAHLER R.J., GANJE T.J., 1975: Growth and Cadmium accumulation of plants grown on a soil treated with Cadmium-enriched sewage sludge. J. Environ. Qual. 4: 207-211.

BINGHAM F.G., PAGE A.L., MAHLER R.J., GANJE T.J., 1976: Yield and Cadmium accumulation of forage species in relation to Cadmium content of sludge-amended soil. J. Environ. Qual 5: 57-60.

CARLSON R.W., BAZZAZ F.A., ROLFE G.L., 1975: The effect of heavy metals on plants II. Net photosynthesis and transpiration of whole corn and sunflower plants treated with Pb, Cd, Ni and Tl. Environ. Res. 10: 113-120.

CARLSON R.W., BAZZAZ F.A., 1977: Growth reduction in American Sycamore (Platanus occidentalis L.) caused by Pb-Cd interaction. Environ. Pollut. 12: 243-253.

CZUBA M., ORMROD D.P., 1974: Effects of Cadmium and Zinc on ozone-induced phytotoxicity in cress and lettuce. Can. J. Bot. 52: 645-649.

ELKIEY T., ORMROD D.P., 1979: Leaf diffusion resistance responses of three Petunia cultivars to ozone and/or sulfur dioxide. JAPCA 29: 622-625.

HARKOV R., CLARKE B., BRENNAN E., 1979: Cadmium contamination may modify response of tomato to atmospheric ozone. JAPCA 29: 1247-1249.

HEAGLE A.S., JOHNSTON J.W., 1979: Variable responses of soybeans to mixtures of ozone and sulfur dioxide. JAPCA 29: 729-732.

HEMMEN C., 1976: Vegetationsversuche zur Cadmium- und Quecksilberaufnahme bei Anwendung von Abwasserklärschlamm. Diss. Bonn, Landwirtsch. Fak.

HILL A.C., LITTLEFIELD N., 1969: Ozone. Effect on apparent photosynthesis, rate of transpiration, and stomatal closure in plants. Environ. Sci. Technol. 3: 52-56.

HUANG C.Y., BAZZAZ F.A., VANDERHOEF L.N., 1974: The inhibition of soybean metabolism by Cadmium and Lead. Plant Physiol. 54: 122-124.

ORMROD D.P., 1977: Cadmium and Nickel effects on growth and ozone sensitivity of pea. Water, Air, Soil Pollut. 8: 263-270.

OVERDIECK D., FAENSEN-THIEBES A., 1981: Wirkungen von Ozon auf CO_2-Gaswechsel und Transpiration bei Nicotiana tabacum L. BEL W-3 und Phaseolus vulgaris L. var. saxa. Verh. Ges. f. Ökologie IX (Berlin 1980):

THORNE J.H., KOLLER H.R., 1974: Influence of assimilate demand on photosynthesis, diffusive resistance, translocation, and carbohydrat levels of soybean leaves. Plant Physiol. 54: 201-207.

TURNER M.A., 1973: Effect of Cadmium treatment on Cadmium and Zinc uptake by selected vegetable species. J. Environ. Qual. 2: 118-119.

WEBER E., 1972: Grundriß der biologischen Statistik. 7. Aufl. Stuttgart (G. Fischer).

Adressen

Andreas Faensen-Thiebes
Institut für Ökologie (Botanik) TU
Rothenburgstr. 12

D-1000 Berlin 41

Priv.-Doz. Dr. Dieter Overdieck
Fachbereich 5 (Biologie/Ökologie) Univ.
Albrechtstr. 16

D-4500 Osnabrück

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: 9_1981

Autor(en)/Author(s): Faensen-Thiebes Andreas, Overdieck Dieter

Artikel/Article: Wirkungen des Cadmiums auf Veränderungen von CO2-Gaswechsel und Transpiration bei Phaseolus vulgaris L. nach Ozon-Begasung 277-281