

Unterschiedlich empfindliche Pappelvarietäten als Grundlage zur Ausarbeitung einer biochemischen Indikation pflanzengefährdender O₃- und SO₂-Konzentrationen

Josef Bückner

Synopsis

Simultaneous exposure of *Populus nigra* L. cv. Loenen and *Populus maximowiczii* Henri X *Populus nigra* L. cv. Rochester was proposed for the bioindication of ozone (O₃) and sulphur dioxide (SO₂). With respect to more than 75 different biochemical and phenomenological criteria the indication of O₃ and SO₂ proved to be specific even when a mixture of O₃ and SO₂ was applied (BÜCKER et al. 1993, Water Air Soil Pollut. 66:193–201; BÜCKER & DROGIES 1994, Essener Ökol. Schriften 4:133–140). In order to work out that bioindication for practical use, 5-week old cloned cuttings of both varieties were exposed to nitrogen dioxide (NO₂), elevated carbon dioxide (CO₂), different light intensities as well as to different water- and nutrient supply. In particular, it should be examined whether or not these abiotic factors induce leaf-abscission or an increase in MI%_p (percent myo-inositol of the total of soluble carbohydrates in the petioles), criteria proposed for the indication of O₃ and SO₂. Exposures were performed under controlled conditions in climatic chambers and in a cultivation chamber, respectively. Regarding both poplar varieties it was shown that 1) the two criteria are affected likewise throughout all types of exposure and 2) extreme water deprivation (< 20% water saturation of the soil) and extreme nutrient supply (16-times the normal and no nutrients) evoke leaf-abscission and an increase of the MI%_p like O₃ and/or SO₂. Therefore, it must be ensured that edaphic situations like those are excluded when applying cv. Loenen and cv. Rochester for active biomonitoring.

Bioindikation, Kohlendioxid, Ozon, Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid, Licht, Nährstoffe, Wasserversorgung, Populus nigra L., Populus maximowiczii Henri X Populus nigra L., Blattabwurf, myo-Inositol

Bioindication, carbon dioxide, nitrogen dioxide, ozone, sulphur dioxide, light, nutrients, water supply, Populus maximowiczii Henri X Populus nigra L., Populus nigra L., leaf abscission, myo-inositol

1. Einleitung

Zur Bioindikation von O₃ und SO₂, den Hauptluftschadstoffen in Mitteleuropa (GUDERIAN & BALLACH 1989), werden seit einiger Zeit verschiedene Pappelar-ten empfohlen (ARNDT & al. 1987). Selektierte Varietä-

ten der Schwarzpappel (*Populus nigra* L.) und der Balsampappel (*Populus maximowiczii* Henri) reagieren schon bei sehr niedrigen Schadstoffkonzentrationen reproduzierbar mit Abwurf ihrer älteren Blätter (MOOI 1980, 1981, 1984). Open-Top Kammerversuche mit Klonen von cv. Loenen, einer Schwarzpappelvarietät, und cv. Rochester, einer Hybride aus Schwarz- und Balsampappel, ergaben ein schadstoffspezifisches Reaktionsmuster (BÜCKER 1991, BÜCKER & al. 1993). Danach ist bei gemeinsamer Exposition beider Varietäten eine spezifische Indikationen von O₃ und SO₂ auch im Gemisch beider Schadstoffe möglich. Die zur Indikation am besten geeignete Reizantwort dieser Pappeln ist die in ihren Blattstielen relativ zu den löslichen Kohlenhydraten auftretende Anreicherung von myo-Inositol (MI%_p, BÜCKER & DROGIES 1994). Praktisch mit Expositionsbeginn und damit deutlich vor Blattvergilbung und Blattabwurf akkumuliert dieser Cyclit in den Blattstielen um ein Mehrfaches (BÜCKER & GUDERIAN 1994, FIALHO & BÜCKER 1995, Can. J. Bot., in submission).

Für den praktischen Einsatz von cv. Loenen und cv. Rochester sind neben den Kenntnissen zu ihrer Reaktion auf Luftschadstoffe auch Kenntnisse über die Auswirkung klimatischer und edaphischer Faktoren von großer Wichtigkeit. Damit die spezifische Schadstofferkennung gewährleistet bleibt, sollte durch solche Faktoren die zur Indikation herangezogene Reizantwort nicht ausgelöst werden. Von der Vielzahl möglicher Faktoren sind bei einem aktiven Monitoring vor allem solche besonders kritisch, die über den Boden künstlich in die Indikation miteingebracht werden. Im folgenden wird daher insbesondere der Einfluß variierter Nährstoff- und Wasserversorgung auf die Reizantworten Blattabwurf und MI%_p untersucht. Außerdem werden die Pappeln gegenüber erhöhtem CO₂, gegenüber NO₂ und gegenüber unterschiedlichem Lichtangebot exponiert.

2. Anzucht der Pflanzen, Exposition und Wirkungserfassung

Stecklinge von *Populus nigra* L. cv. Loenen und *Populus maximowiczii* Henri X *Populus nigra* L. cv. Rochester wurden von der Firma NAKB in Den Haag/Niederlande bezogen und in 3 Liter Plastik-

töpfe ausgepflanzt, die mit ungedüngter Einheitserde (Fa. Balster, Typ 0) aufgefüllt waren. Die Anzucht erfolgte über 5 Wochen unter kontrollierten Bedingungen in der Anzuchtammer (AK) der Universität-GH Essen (BÜCKER & DROGIES 1994). Je 4 Pflanzen einer Varietät wurden in Klimakammern (WENZEL & al. 1995) bzw. der Anzuchtammer gegenüber den in Tabelle 1 aufgeführten Stressoren exponiert. Der Einfluß dieser Faktoren wurde zum einen anhand des Blattabwurfs (in % der Gesamtblattzahl), zum anderen anhand des prozentualen Anteils von MI an den löslichen Kohlenhydraten (MI%_p) in den älteren Blattstielen (geerntet jeweils um 16.00 Uhr) charakterisiert. Die Bestimmung von löslichen Kohlenhydraten und MI erfolgte mittels Hochdruck Flüssigkeitschromatographie (BÜCKER & DROGIES 1994).

Tab. 1
Expositionen von *Populus nigra* L. cv. Loenen und *Populus maximowiczii* Henri X *Populus nigra* L. cv. Rochester gegenüber unterschiedlichen Luftschadstoffen, Lichtintensitäten, Wasser- und Nährstoffversorgungen;
KK = Klimakammern, AK = Anzuchtammer.

3. Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 stellt die Reaktion von cv. Loenen und cv. Rochester auf die in Tabelle 1 genannten Stressoren dar. Es zeigte sich, daß die Reizantworten Blattabwurf und Anstieg im MI%_p durch alle Expositionstypen hinweg gleichartig betroffen waren: Immer wenn eine der Pappelvarietäten durch Einwirkung eines Stressors Blätter abwarf, beginnend bei den unteren, älteren Blättern, war auch ein markanter Anstieg im MI%_p über 4 zu verzeichnen. Es kann also angenommen werden, daß ein Anstieg im MI%_p generell mit einem streßbedingten Blattabwurf verknüpft ist. Ausnahmen waren: 1) Nährstoffvariante 8 (8-fache Nährstoffgabe) rief sowohl bei cv. Loenen als auch bei cv. Rochester ein Anstieg bei MI%_p hervor obwohl kein Blattabwurf zu verzeich-

Tab. 1
Types of exposures of *Populus nigra* L. cv. Loenen and *Populus maximowiczii* Henri X *Populus nigra* L. cv. Rochester to different air pollutants, light intensities, water -, and nutrient supplies; AK = cultivation chamber, KK = climatic chambers.

Stressor	Typ	Exposition
Luftschadstoffe	KON	gefilterte Luft, KK, Dauer: 4 Wochen, RL:70%, Lichtintensität 450µmol E m ⁻² s ⁻¹ , Tag/Nacht:17/7, 350ppm CO ₂ , 0,5g Vollnährstoffe je Topf und Woche (Hakaphos blau, Fa Compo), 100% Wassersättigung des Bodens
	O ₃	KON + 30ppb O ₃ (11.00–18.00 Uhr 50ppb; 18.00–11.00 18ppb)
	SO ₂	KON + 12 ppb SO ₂ (kontinuierlich)
	O ₃ +SO ₂	KON + 30 ppb O ₃ +12 ppb SO ₂
	NO ₂	KON + 30 ppb NO ₂ (kontinuierlich)
	CO ₂	KON + 150 ppm CO ₂ (kontinuierlich)
Licht:	180	KON bei 180 µmol E m ⁻² s ⁻¹
	300	KON bei 300 µmol E m ⁻² s ⁻¹
Wasser	100	100 % Wassersättigung des Bodens, AK (wie KON jedoch 50% RL sowie 350 µmol E m ⁻² s ⁻¹ Lichtintensität)
	60	≤60 % Wassersättigung des Bodens
	40	≤40% Wassersättigung des Bodens
	20	≤20% Wassersättigung des Bodens
		≤Zugabe von H ₂ O-dest. nach Gewicht)
Nährstoffe:	1	0,5 g Vollnährstoffe (je Topf und Woche), AK
	0	keine weitere Nährstoffzugabe
	1/4	0,125 g Vollnährstoffe
	1/2	0,25 g Vollnährstoffe
	2	1 g Vollnährstoffe
	4	2 g Vollnährstoffe
	8	4 g Vollnährstoffe
	16	8 g Vollnährstoffe

nen war. Da aus vorangegangenen Experimenten mit Luftschadstoffen bekannt ist, daß die Akkumulation von MI dem Blattabwurf vorausgeht (FIALHO & BÜCKER 1995, Can. J. Bot., in submission), kann angenommen werden, daß bei Fortsetzung des Experiments über 4 Wochen hinaus auch hier Blattabwurf einsetzen wird. Interessant wäre es hier auch den Einfluß von niedrigen Temperaturen und verkürzter Tageslänge zu ermitteln, zumal der herbstliche Blattabwurf auf eine Kombination dieser Faktoren zurückgeführt wird. 2) Rochesterpappel waren bei einer Wassersättigung des Bodens unter 20 % akut vertrocknet, was darauf schließen läßt, daß der Reizschwellenwert für Wasserstreß bei cv. Rochester niedriger liegt als bei cv. Loenen.

Ein Anstieg von MI_p bzw. Blattabwurf trat ausschließlich bei Expositionen mit extremen Boden-

bedingungen auf. Bei Austrocknung des Bodens auf unter 20 % Wassersättigung einerseits sowie eine extreme Über- oder Unterversorgung mit Nährstoffen läßt, genau wie die Luftschadstoffe das MI_p auf deutlich über 4% ansteigen (Abb. 1). Geht man davon aus, daß bei einem aktiven Monitoring diese Faktoren innerhalb der gezeigten Grenzen gehalten werden können, so ist die schadstoffspezifische Indikation der O₃- bzw. SO₂-Wirkung nicht gefährdet. Die prinzipielle Anwendbarkeit dieser Indikation wird auch durch die Ergebnisse von Freilandexpositionen der Pappeln in 1993 unterstrichen. Dabei zeigten physico-chemische Messungen der Schadstoffkonzentrationen in der Außenluft und die Einschätzung der Luftqualität durch die Reaktion im MI_p von cv. Loenen und cv. Rochester eine gute Übereinstimmung (BÜCKER & DROGIES 1994). Anders als das MI_p erwies sich der Gehalt an MI je g Trockensubstanz Blatt-

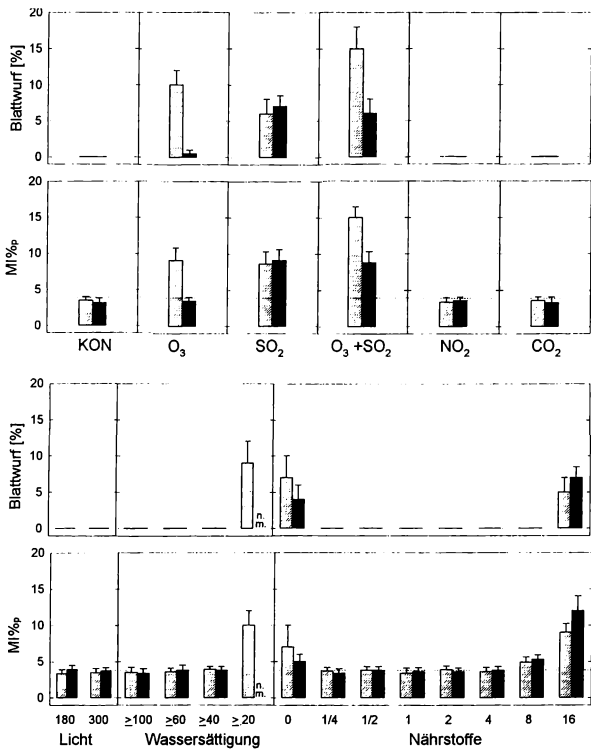


Abb. 1
Blattabwurf und MI_p von *Populus nigra* L. cv. Loenen (schraffierte Säulen) und *Populus maximowiczii* Henri X *Populus nigra* L. cv. Rochester (schwarze Säulen) unter Einwirkung von O₃, SO₂, O₃+SO₂, NO₂, CO₂ (oben) und unterschiedlichen Lichtintensitäten (in µmol E m⁻² s⁻¹), unterschiedlicher Wasserversorgung (in % Wassersättigung des Bodens) und unterschiedlicher Nährstoffversorgung (in x-fach normal; unten). Angaben sind Mittelwerte aus 4 Pflanzen ±SD; n.m. = nicht meßbar

Fig. 1
Leaf abscission and MI_p of *Populus nigra* L. cv. Loenen (hatched bars) and *Populus maximowiczii* Henri X *Populus nigra* L. cv. Rochester (black bars) due to O₃, SO₂, O₃+SO₂, NO₂, CO₂ (top) and different light intensities (in µmol E m⁻² s⁻¹), different water supply (in % water saturation of the soil) and different nutrient supply (in x-times the normal). Data represent the arithmetic mean of 4 plants, each ±SD; n.m. = not measurable

stiele zur Indikation wenig geeignet. Wie die löslichen Kohlenhydrate in den Stielen, war auch der MI-Gehalt durch alle abiotischen Faktoren hindurch starken Schwankungen unterworfen (Daten nicht gezeigt).

Im Vergleich zu anderen biochemischen Frühindikationsmerkmalen für die Einwirkung von Luftschadstoffen wie z.B. die Poolgrößen verschiedener Antioxidantien (Mehlhorn & al. 1986), die Aktivität von Peroxidasen (CURTIS & HOWELL 1971), die Bildung von Streß-Ethylen (TINGEY & al. 1976), und die Poolgrößen verschiedener Aminosäuren (JÄGER 1975) bietet das MI_p eine Frühindikationsmöglichkeit, die weitgehend ohne eine Kontrolle auskommt. Das MI_p der untersuchten Pappelvarietäten liegt unter »normalen« Wuchsbedingungen zwischen 3 und 4 und steigt erst bei Überschreitung eines kritischen Reizschwellenwerts an, und dann markant.

Untersuchungen zur Übertragbarkeit dieser Reaktion auf andere Pflanzenarten für die Bewertung einer Schadstoffwirkung stehen noch aus. Es ist allerdings seit längerer Zeit bekannt, daß viele Pflanzen unter Wasser, Salz und Temperaturstreß Cyclite wie MI akkumulieren (LOEWUS & LOEWUS 1983, SACHER & STAPLES 1985) und, daß mit dem herbstlichen Laubabwurf Cyclite in die Sproßachse verlagert werden und dort u.a. zur Frosthärtung angereichert werden (M. POPP, pers. Mitteilung).

Danksagung: Diese Arbeit wurde finanziell unterstützt durch ein Forschungsprojekt des Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus, Essen. Ich bedanke mich bei A. Haglauer, C. Kosch und S. Kühr für die kompetente technische Assistenz, bei A.F. Wrangel für die Erstellung der Computergraphik sowie bei Herrn Prof. Dr. R. Guderian für die Überlassung der Expositionseinrichtungen.

5. Literatur

- ARNDT, U., W. NOBEL & B. SCHWEIZER, 1987: Bio-indikatoren: Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. – Ulmer, Stuttgart, 388 S.
- BÜCKER, J., 1991: Immissionsbedingte Störungen im Kohlenhydrathaushalt junger Pappeln und Fichten. – Westarp Wiss., Essen 301 S.
- BÜCKER, J. & TH. DROGIES, 1994: Practical application of the poplar cultivars Loenen and Rochester to indicate the presence of phytorelevant O₃ and/or SO₂. – In W. KUTTLER & M. JOCHIMSEN (Vol. ed.): Immissionsökologische Forschung im Wandel der Zeit. (Festschrift für R. Guderian). – In: W. BURGHARDT, W. KUTTLER & H. SCHUMACHER (Ser. ed.): Essener Ökol. Schriften. – Westarp Wiss., Essen 133–140.
- BÜCKER, J. & R. GUDERIAN, 1994: Accumulation of myo-inositol in *Populus* as a possible indication of membrane disintegration due to air pollution. – J. Plant Physiol. 144: 121–123.
- BÜCKER, J., R. GUDERIAN & J. MOOI, 1993: A novel method to evaluate the phytotoxic potential of low ozone concentrations using poplar cuttings. – Water Air Soil Pollut. 66: 193–201.
- CURTIS, C.R. & R.K. HOWELL, 1971: Increase in peroxidase isoenzyme activity in bean leaves exposed to low doses of ozone. – Phytopathology 61: 1306–1307.
- GUDERIAN, R. & H.-J. BALLACH, 1989: Aufgaben und Probleme der Wirkungsforschung als Grundlage für den praktischen Immissionsschutz. – Ver. Ges. Ökol. 18: 289–297.
- JÄGER, H.J., 1975: Wirkung von SO₂-Begasung auf die Aktivität von Enzymen des Aminosäurestoffwechsels und den Gehalt freier Aminosäuren in unterschiedlich resistenten Pflanzen. – Z. Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz 82: 139–148.
- LOEWUS, F.A. & M.W. LOEWUS, 1983: Myo-inositol: its biosynthesis and metabolism. – Annu. Rev. Plant Physiol. 34: 137–161.
- MEHLHORN, H., H.G. SEUFERT, A. SCHMIDT & K.J. KUNERT 1986: Effect of SO₂ and O₃ on production of antioxidants in conifers. – Plant Physiol. 82: 336–338.
- MOOI, J., 1980: Influence of ozone on growth of two poplar cultivars. – Plant disease 64: 772–773.
- MOOI, J., 1981: Influence of ozone and sulphur dioxide on defoliation and growth of poplars. – Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt (Wien) 137: 47–51.
- MOOI, J., 1984: Wirkungen von SO₂, NO₂, O₃ und ihrer Mischungen auf Pappeln und einige andere Pflanzenarten. – Der Forst- und Holzwirt 18: 438–444.
- SACHER, R.F. & R.C. STAPLES, 1985: Inositol and sugars in adaption of tomato to salt. – Plant Physiol. 77: 206–210.
- TINGEY, D.T., C. STANDLEY & R.W. FIELD, 1976: Stress ethylene evolution: a measure of ozone effects on plants. – Atm. Environ. 10: 969–974.
- WENZEL, A.A., H. SCHLAUTMANN, C.A. JONES, K.T. KÜPPERS & H. MEHLHORN, 1995: Aminoethoxyvinylglycine, cobalt, and ascorbic acid all reduce ozone toxicity in mung beans by inhibition of ethylene biosynthesis. – Physiol. Plant. (in press)

Adresse

Dr. Josef Bücker
Institut für Angewandte Botanik
Universität-GH Essen
Universitätsstraße 5
45117 Essen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [24_1995](#)

Autor(en)/Author(s): Bückner Josef

Artikel/Article: [Unterschiedlich empfindliche Pappelvarietäten als Grundlage zur Ausarbeitung einer biochemischen Indikation pflanzengefährdender O₃- und SO₂-Konzentrationen 255-258](#)