

Kurze Mitteilung

Untersuchungen über die Produktion
von Äthylen in Nadelstreu

H. BLASCHKE und W. HAUGG

Lehrstuhl für Anatomie, Physiologie und Pathologie der Pflanzen
im Fachbereich Forstwissenschaft der Universität München

Formation of Ethylene in Coniferous Leaf Litter

Summary

The potential for ethylene production in fresh needle litter from *Larix decidua*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris* and *Pseudotsuga menziesii* was investigated.

Ethylene was produced when the litter kept in original wetness was incubated in 100-ml Erlenmeyer flasks at 28 °C in the presence of air. In the litter vapour ethylene was detected by gas chromatography during a one week incubation period in concentrations ranging from 35 to 90 per cent of the total amount of volatile C₁-C₂ hydrocarbons.

Possible relationships between physical and chemical conditions in coniferous litter and the microorganisms responsible for the formation of ethylene are discussed.

Einleitung

Bei der Charakterisierung der fungistatischen Wirkung volatiler Metaboliten in Böden wird den ungesättigten niedermolekularen Kohlenwasserstoffen, speziell dem Äthylen, zunehmendes Interesse entgegengebracht (BALIS 1976).

Die Beteiligung von Äthylen an der Fungistasis, an der Selbstregulation mikrobieller Zyklen und an anderen biodynamischen Prozessen in Böden konnte schon mehrfach nachgewiesen werden (HORA und BAKER 1970, 1972, SMITH 1973, SMITH und COOK 1974). Während über die Faktoren, die die Äthylenbildung begünstigen relativ viele Informationen vorliegen, weiß man noch wenig über die Bildung von Äthylen in Nadelstreu (LILL und WAID 1975, LILL und McWHIA 1976). Eigene Untersuchungen zu diesem Themenkomplex führten bei Fichtenstreu zum Nachweis von Äthylen. Ergänzende Arbeiten mit einem umfangreicheren Probenmaterial sollten diese Ergebnisse bestätigen und zusätzlich für die Erweiterung früherer Befunde sollte ein Vergleich mit unterschiedlichen Streuart in die Untersuchungen einbezogen werden.

BLASCHKE '78

Material und Methode

Als Untersuchungsmaterial dienten frische Streuproben, die in Reinbeständen von
Larix decidua (Alter 25 Jahre, aus Moorenweis)
Picea abies (Alter 50 Jahre, aus Grafrath)
Pinus sylvestris (Alter 30 Jahre, aus Kreuzhof)
Pseudotsuga menziesii (Alter 30 Jahre, aus Grafrath)

im Raume München im Oktober 1977 gesammelt wurden. Die Fraktion „Nichtnadelstreu“ (HUNGER 1975) wurde dabei aussortiert und nicht in die Untersuchungen einbezogen.

Es wurde von jeder Streuart eine repräsentative Mischprobe aus dem A ($A_{000}L$, $A_{00}F_1$, $A_{00}F_2$)-Horizont (nach MILLAR 1974) gewonnen und diese dann noch am gleichen Tag auf jeweils 6 Erlenmeyerkolben (100 ml) verteilt und bei 28 °C inkubiert. Parallel dazu kamen zur Untersuchung Proben der gleichen Nadelstreu, die luftgetrocknet gelagert und dann einheitlich auf einen Wassergehalt von 100 %¹⁾ gebracht wurden. Die Äthylenbildung in der Streu unter aeroben Bedingungen wurde dann über mehrere Tage hinweg gaschromatographisch erfaßt. Einzelheiten der Methodik sind bereits in einer vorausgehenden Mitteilung ausführlich beschrieben worden (BLASCHKE 1977).

Zur Sicherung der Ergebnisse sowie zur Ermittlung der Streubreite der C_2H_4 -Werte wurden für 6 Vergleichsproben pro Streuart 3 Gasanalysen ($n = 3 \times 6$ Messungen) durchgeführt. Die Meßdaten sind Mittelwerte aus 3 Gasanalysen. Die Mittelwertbildung ist erforderlich um die spezifische Variabilität besonders bei Produktionsmessungen möglichst weitgehend aufzufangen.

Ergebnisse und Diskussion

Durch die Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß bei aeroben Bedingungen Äthylen in nachweisbaren Mengen in der Nadelstreu von Douglasie, Fichte, Kiefer und Lärche gebildet wird. In Abb. 1 ist der Vergleich zwischen diesen 4 Nadelstreuarten bezüglich der Äthylenbildung in frischer Streu dargestellt. Der Mittlere Fehler der Mittelwerte bei den Äthylenanalysen lag zwischen 0,2 und 2,3 %. Grundsätzlich war bei den 4 Streuart in den ersten 48 Std. der Inkubation ein steiler Anstieg in der Äthylenproduktion zu verzeichnen. Dann mit Fortdauer der Inkubation unter aeroben Bedingungen erreicht die Äthylenbildung eine stationäre Phase; dies kommt in Abb. 1 im Abflachen der Kurve zum Ausdruck. Quantitative Unterschiede in der Äthylenproduktion waren trotz des ähnlichen Verlaufs deutlich zu erkennen. Die nativen Streuart mit niedrigem Wassergehalt hatten stets die geringeren Äthylengehalte in der Streuatmosphäre. Höhere Äthylengehalte waren stets mit höherem Wassergehalt korreliert. Die Feuchtigkeitsverhältnisse in nativer Streu ergaben sich aus der Ermittlung des Wassergehaltes über die Trockengewichtsbestimmung. Im einzelnen ergab die gravimetrische Bestimmung folgende Wassergehalte:

Kiefer 81 %, Douglasie 89 %, Fichte 109 %, Lärche 167 %¹⁾.

Für die unterschiedliche Äthylenbildung ist neben dem Feuchtezustand des Ausgangsmaterials auch der Gehalt an organischen Nährstoffen von Bedeutung. Die Äthylenbildung ist dort begünstigt, wo reichlich organisches Material vorhanden ist, d. h. in den Substraten, die gut mit mikrobiell verwertbaren Nährstoffen versorgt sind (SMITH 1973, 1976 a).

1) Wassergehalt in Prozent der lufttrockenen Streu (EBERMAYER 1876).

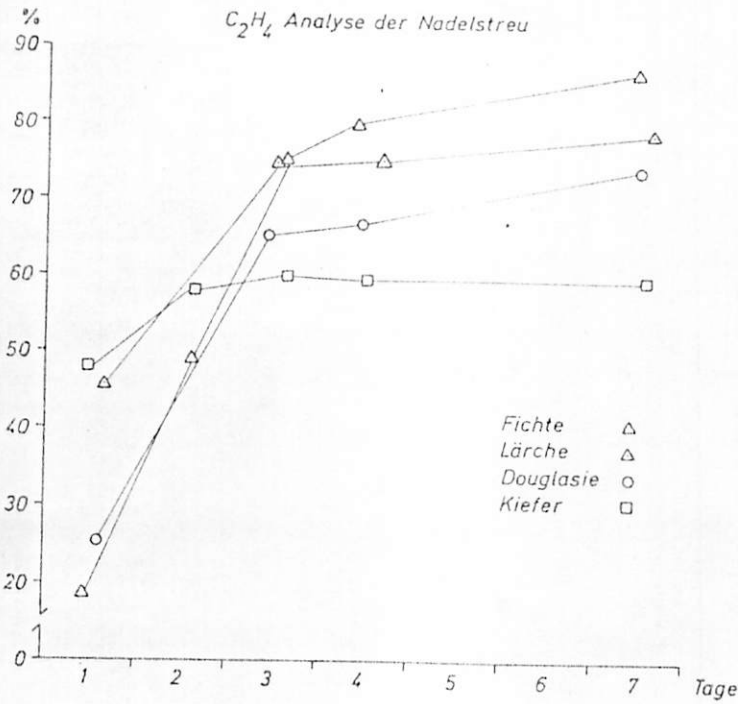


Abb. 1. Äthylenproduktion in frischen Nadelstreu mit unterschiedlichem Wassergehalt.

Aus anderen Freilanduntersuchungen geht hervor, daß die Äthylenkonzentration an verschiedenen Standorten und in verschiedenen Proben deutlich variiert, auch innerhalb eines Standorts zu verschiedenen Zeiten im Verlauf eines Jahres (DOWDELL et al. 1972). Eine der eingangs festgelegten Versuchsbedingungen war deshalb eine nicht zu weit von den natürlichen Verhältnissen abweichende Konstellation der Faktoren Temperatur, Feuchte und Gefüge.

Die Schwankungen in der Äthylenproduktion an verschiedenen Mikrostandorten im Streuhorizont konnten durch eine umfangreiche Probennahme in Nadelholzreinbeständen größtenteils eliminiert werden. Das Aufarbeiten der einzelnen Streuproben zu einer Mischprobe war erforderlich um diese Schwankungen aufzufangen, allerdings würde durch die mechanische Durchmischung das Streumaterial in seiner Lage wesentlich, in seiner Struktur aber nur geringfügig verändert. Inwieweit diese Behandlung Einfluß auf die Äthylenbildung ausübt, konnte nicht Gegenstand der Untersuchungen sein. Trotzdem kann aus den Ergebnissen geschlossen werden, daß die Äthylenbildung auch unter natürlichen Freilandbedingungen in der Nadelstreu gegeben ist, da alle Arbeiten bei der Probennahme und der Aufarbeitung mit besonderen Kautelen unter Beibehaltung möglichst natürlicher Bedingungen — was den Feuchtigkeitsgehalt und die aeroben Verhältnisse in der Streu angeht — ausgeführt wurden.

Hungen

$A_{00}(F_2)$ -
Erlen-
Proben
erhalten
wurde
sind be-

den für
-Daten
-Varia-

ungen
Kiefer
streu-
stlere
rund-
-An-
ation
; dies
niede
men.
geren
öhe-
aben
ung.

Aus-
thy-
l. h.
sind

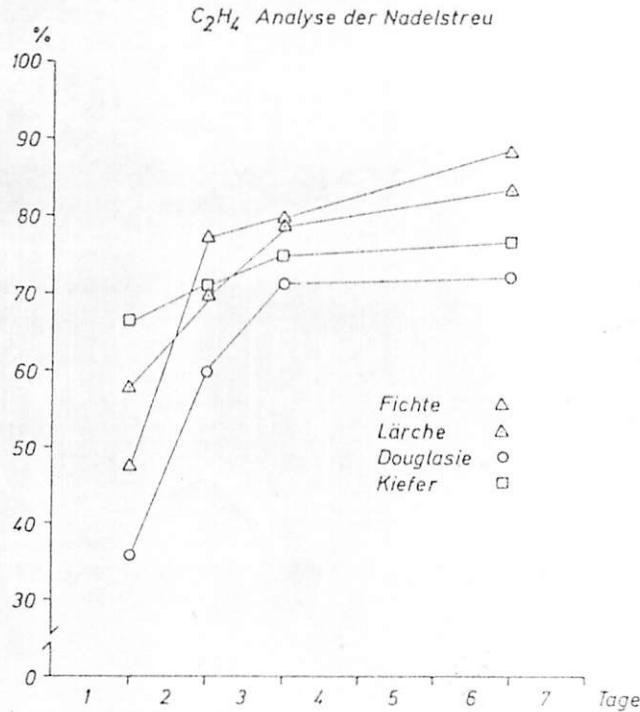


Abb. 2. Äthylenproduktion in Nadelstreuproben bei gleicher Haftwassermenge.

Die Abb. 2 zeigt den Verlauf der Äthylenproduktion in dem zuvor luftgetrockneten Streumaterial bei gleichem Wassergehalt aller Einzelproben, wobei einerseits der Anstieg der Kurve innerhalb 48 Std. zum anderen das Abflachen der Kurve mit zunehmender Inkubationsdauer wiederum bei den 4 Streuarten grundsätzlich ähnlich verläuft. Die entsprechenden Verhältnisse wurden bereits bei Abb. 1 beschrieben. Da jedoch in diesem Fall von gleichen Wassergehalten, d. h. von gleichen Haftwassermengen in allen Streuproben ausgegangen wurde, können die beobachteten quantitativen Unterschiede in der Äthylenproduktion bei den vorgegebenen Versuchsbedingungen auf ein unterschiedliches Äthylenbildungsvermögen zurückgeführt werden. Bereits nach 24 Stunden waren unterschiedliche Äthylengehalte in der Streumatmosphäre verschiedener Streuarten festzustellen. Auffallend ist, daß die Streuproben bei Kiefer immer die höchsten Äthylengehalte aufweisen; dies deutet auf eine für Kiefernstreu anfänglich hohe Äthylenbildungsrate, die dann aber nach 48 Std. merklich absinkt (vgl. Abb. 1). Dagegen weisen die Streuproben bei Douglasie immer die relativ wie auch absolut geringsten Äthylenwerte auf, wobei die gesamte Äthylenproduktion im weiteren Verlauf immer deutlich geringer ist als bei den anderen Streuarten.

Betrachtet man die Bildung von Äthylen über den gesamten Untersuchungszeitraum, so verhalten sich die Nadelstreuarten Douglasie, Lärche und Fichte äh-

lich. In
bei na
Äthyle
andere
Std. In
Ein
mit de
streu:
in der
waren.
Besied
Ein
14 Tag
gehalt
streu.

Das
höhere
relativ
relativ
Nieder

Die
grunde
netter
räume
(schiedl
neben
wesentl
Um der
mikrob
detailli

Unte
neten 8
verschie
Schlußfo
zifische 8
Die F

Für o.

lich. In gewissem Sinn gilt das auch für Kiefer; typisch war jedoch für Kiefer sowohl bei nativem wie auch bei zuvor luftgetrocknetem Ausgangsmaterial, daß die Äthylengehalte in der Streuatmosphäre in den ersten 24 Std. deutlich über den der anderen Streuarten lagen, allerdings ist die Äthylenbildungsrate zwischen 24 und 48 Std. Inkubation vergleichsweise gering.

Einen Hinweis auf die unterschiedliche mikrobielle Aktivität im Zusammenhang mit der Äthylenproduktion ergab das Ausmaß der Pilzbesiedelung in den Nadelstreuproben. Die Bildung von Pilzhypen und das Erscheinen von Mycelgeflechten in der Nadelstreu, welche schon nach wenigen Tagen der Inkubation zu beobachten waren, deuten auf Verhältnisse, wie sie ähnlich unter natürlichen Bedingungen die Besiedelung der Streu mit Mikroorganismen begünstigen (SÖDERSTRÖM 1975).

Ein Vergleich der frischen Nadelstreuproben hinsichtlich des Pilzbesatzes nach 14 Tagen Inkubation unter aeroben Bedingungen ergab einen geringen Äthylengehalt bei Anwesenheit von dichten Pilzkolonien (*Trichoderma spec.*) in Douglasienstreu.

Das Auftreten von Luftmycel bei Fichte und Kiefer war in der Regel mit einer höheren Äthylenkonzentration verbunden. Hervorzuheben ist, daß bei Kiefer ein relativ hoher Äthylenwert gemessen werden konnte, der korreliert war mit einem relativ geringen Pilzbesatz, der sich fast ausschließlich auf die Basis der von häutigen Niederblättern umscheideten zweinadligen Kurztriebe beschränkte.

Die Ergebnisse der Untersuchungen, denen weitgehend aerobe Verhältnisse zugrunde lagen, bestätigen frühere Befunde (BLASCHKE 1977) bei zuvor luftgetrockneter Streu, sie schließen jedoch lokale anaerobe oder partielle anaerobe Kleinnischen (reduced microsites, GRIFFIN 1972) in der Nadelstreu nicht aus. Das unterschiedliche Vermögen Äthylen zu bilden ließ sich bei 4 Streuartentypen nachweisen, wobei neben der streuspezifischen Pilzflora (CONSIDINE et al. 1977) auch Bakterien im wesentlichen für die Äthylenbildung verantwortlich zu machen sind (SMITH 1976b). Um den Zusammenhang zwischen der Äthylenbildung in Streuhorizonten und den mikrobiellen Aktivitäten bei Zersetzung von Pflanzenresiduen zu klären, sind weitere detaillierte Untersuchungen erforderlich.

Zusammenfassung

Unter standardisierten Bedingungen wurde die Bildung von Äthylen in frischen und getrockneten Streuproben aus 4 Nadelwaldbeständen gaschromatographisch untersucht. Der Vergleich der verschiedenen Nadelstreuarten, die bei aeroben Verhältnissen inkubiert wurden, ermöglicht die Schlußfolgerung, daß neben dem Wassergehalt des Streumaterials für die Äthylenbildung der spezifische Mikroorganismenbesatz in unterschiedlichem Maße von Bedeutung ist.

Die Ergebnisse stimmen mit früheren Beobachtungen bei anderen Substraten überein.

Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes danke ich Herrn Dr. H. J. Schuck, München.

Literatur

- BALIS, C.: Ethylene-induced volatile inhibitors causing soil fungistasis. *Nature* **259**, 112–114 (1976).
- BLASCHKE, H.: Der Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf die Bildung von Äthylen in Fichtenstreu. *Flora* **166**, 203–209 (1977).
- CONSIDINE, D. J., FLYNN, N., and PATCHING, J. W.: Ethylene production by soil microorganisms. *Appl. Environ. Microbiol.* **33**, 977–979, 1977.
- DOWDELL, R. J., SMITH, K. A., CREES, R., and RESTALL, S. W. F.: Field studies of ethylene in soil atmosphere-equipment and preliminary results. *Soil Biol. Biochem.* **4**, 325–331 (1972).
- EBERMAYER, E.: Die gesamte Lehre der Waldstreu. Berlin 1876.
- GRIFFIN, D. J.: Ecology of Soil Fungi. Chapman & Hall, London 1972.
- HORA, T. S., and BAKER, R.: Volatile factor in soil fungistasis. *Nature* **225**, 1071–1072 (1970).
- — Soil fungistasis: Microflora producing a volatile inhibitor. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **59**, 491–500 (1972).
- HÜNGER, W.: Streumenge und Streuqualität im älteren Fichtenbestand unter natürlichen und künstlichen veränderten Ernährungsverhältnissen. *Flora* **164**, 449–478 (1975).
- LILL, R. E., and WAID, J. S.: Volatile phytotoxic substances formed by litter of *Pinus radiata*. *N.Z.J. For. Sci.* **5**, 165–170 (1975).
- and McWHIA, J. A.: Production of ethylene by incubated litter of *Pinus radiata*. *Soil Biol. Biochem.* **8**, 61–63 (1976).
- MILLAR, C. S.: Decomposition of coniferous litter. In: DICKINSON, C. H., and PUGH, G. J. F.: Biology of leaf litter decomposition. Vol. 1, 105–126. London, New York 1974.
- SMITH, A. M.: Ethylene as a cause of soil fungistasis. *Nature* **246**, 311–313 (1973).
- and COOK, R. J.: Implications of ethylene production by soil bacteria for biological balance of soil. *Nature* **252**, 703–705 (1974).
- Ethylene in soil biology. *Ann. Rev. Phytopath.* **14**, 53–73 (1976a).
- Ethylene production by bacteria in reduced microsites in soil and some implications to agriculture. *Soil Biol. Biochem.* **8**, 293–298 (1976b).
- SÖDERSTRÖM, B. E.: Vertical distribution of microfungi in a spruce forest soil in the south of Sweden. *Trans. Br. mycol. Soc.* **45**, 419–425 (1975).

Eingegangen 8. Dezember 1977.

Anschrift der Verfasser: Dr. HELMUT BLASCHKE und WOLFGANG HAUGG, Forstbotanisches Institut, Amalienstraße 52, D - 8000 München 40.

