UFZ-UMWELTFORSCHUNGSZENTRUM LEIPZIG-HALLE GMBH

UFZ-Bericht

Nr. 29/2000 Dissertation

Einfluss von Pestiziden auf den Stoffhaushalt von Mais und Sommergerste in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften

Frank Böhme

ISSN 0948-9452

Einfluß von Pestiziden auf den Stoffhaushalt von Mais und Sommergerste in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

vorgelegt der

Mathematisch - Naturwissenschaftlich - Technischen Fakultät
(mathematisch - naturwissenschaftlicher Bereich)
der Martin-Luther-Universität Halle - Wittenberg

von

Herrn Diplomchemiker Frank Böhme
geb. am 23.02.1972 in Halle (Saale)

Gutachter:

1. Prof. Dr. R. Csuk, Halle (Saale)
2. Prof. Dr. M. Körschens, Bad Lauchstädt
3. Prof. Dr. G. Adam, Halle (Saale)

Halle (Saale), 09.11.2000

Glossar

Abb.	Abbildung
ALA	Alanin
ARG	Arginin
AS	Aminosäure
ASE	Accelerated Solvent Extraction
ASP	Asparaginsäure
C_{org}	organischer Kohlenstoff
C/N	Kohlenstoff / Stickstoff
CKW	Chlorkohlenwasserstoffe
CYS	Cystein
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
ECD	Electron Capture Detector (Elektroneneinfangdetektor)
EI	Elektronenstoßionisation
Fa.	Firma
FM	Frischmasse
GC	Gaschromatographie
GLU	Glutaminsäure
GLY	Glycin
GPC	Gelpermeationschromatographie
HIS	Histidin
HPLC	High Performance Liquid Chromatography (Hochleistungsflüssigkeitschromatographie)
KAK	Kationenaustauschkapazität
ILE	Isoleucin
LEU	Leucin
LM	Lösungsmittel
LYS	Lysin
MET	Methionin
MS	Massenspektrometrie
n.b.	nicht bestimmt
n.n.	nicht nachweisbar
N_t	Nitrogen Total (Gesamtstickstoff)
NI	Nitrifikationsinhibitor
PHE	Phenylalanin
PRO	Prolin
PSM	Pflanzenschutzmittel
PTV	Programmable Temperature Vaporization
SER	Serin
SD	Standardabweichung
Tab.	Tabelle
THR	Threonin
TM	Trockenmasse
TYR	Tyrosin
UV	Ultraviolett
VAL	Valin
Wdh.	Wiederholung
WK	Wasserkapazität

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung ..... -1-

2. Kenntnisstand ..... -2-

3. Material und Methoden ..... -13-

3.1 Gefäßversuche ..... -13-
3.1.1 Verwendete Pestizide ..... -13-
3.1.2 Verwendete Böden ..... -15-
3.1.3 Versuchspflanzen ..... -16-
3.1.4 Versuchsansatz und Durchführung ..... -16-
3.1.5 Probenahme und Lagerung ..... -18-
3.2 Analytik ..... -18-
3.2.1 Trockenmasse und Stickstoffbestimmung ..... -18-
3.2.2 Pestizidanalytik ..... -19-
3.2.3 Aminosäureanalytik ..... -24-
3.3 Auswertung ..... -26-
3.3.1 Wiederfindungstests, Nachweis- und Bestimmungsgrenzen ..... -26-
3.3.2 Statistitik ..... -27-

4. Ergebnisse und Diskussion ..... -28-

4.1 Wirkung von Terbuthylazin und Methoxychlor auf die Wasseraufnahme von Mais und Sommergerste ..... -28-
4.2 Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf die Entwicklung von Maispflanzen (Versuchsserie 1 – G1/97) ..... -34-
4.2.1 Trockenmassebildung und Stickstoffaufnahme von Mais bei Terbuthylazin- und Methoxychlorapplikation ..... -34-
4.2.2 Rückstände der Pflanzenschutzmittel in Mais ..... -39-
4.3 Entwicklung von Mais und Sommergerste bei Methoxychlorapplikation (Versuchsserie 2 – G1/98) ..... -46-

4.3.1 Einfluß von Methoxychlor auf die Trockenmassebildung und die Stickstoffaufnahme von Mais und Sommergerste ..... -46-
4.3.2 Rückstände von Methoxychlor in Mais und Sommergerste ..... -50-
4.4 Wirkung von Methoxychlor auf den Aminosäurepool der Versuchspflanzen ..... -58-

5. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen ..... -68-
Summary ..... -74-

6. Literaturverzeichnis ..... -79-

7. Anhang ..... -89-

7.1 Versuchspläne ..... -89-
7.1.1 Versuch G1/97 ..... -89-
7.1.2 Versuch G1/98 ..... -91-
7.2 Abbildungen ..... -94-
7.3 Meßwerte ..... -100-
7.4 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis ..... -117-

Danksagung

Selbständigkeitserklärung

Lebenslauf

1. Einleitung und Zielstellung

Die Mitte dieses Jahrhunderts weltweit einsetzende Intensivierung der Landwirtschaft, speziell der Pflanzenproduktion, ist eng mit der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und Mineraldüngern, insbesondere Stickstoffdüngemitteln, verbunden.
Nach Schätzungen läßt sich etwa die Hälfte der pflanzlichen Ertragssteigerung auf den erhöhten N-Düngereinsatz zurückführen, da steigende Stickstoffgaben mit der Höhe pflanzlicher Erträge korrelieren [FAUST et al. 1981]. Stickstoff nimmt als quantitativ wichtigstes mineralisches Nährelement eine herausragende Stellung ein. So ist es ein grundlegender Bestandteil vieler für die Pflanze lebenswichtiger Verbindungen (Proteine, Aminosäuren, DNA, RNA, Chlorophylle .....) [SCHILLING 1982].
Auch der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (Herbizide, Insektizide und Fungizide) hat eine direkte positive Auswirkung auf den pflanzlichen Ertrag, da diese Populationen konkurrierender bzw. schädlicher Organismen reduzieren. Daß Pestizide auch aktiv den Stoffkreislauf der Pflanze beeinflussen, wurde in den letzten Jahren wiederholt gezeigt. Untersuchungen zu Gehalts- und Verteilungsänderungen der Pflanzeninhaltsstoffe wie auch der Pestizidrückstände innerhalb der Pflanze sind in Bezug auf Risikoabschätzungen von Relevanz, da sie direkt die Nahrungskette betreffen und somit eine Bedeutung für die menschliche Ernährung haben [ESSERS et al. 1998].

Mit der vorliegenden Arbeit soll geklärt werden, inwieweit die Pflanzenschutzmittel Terbuthylazin und Methoxychlor einen Einfluß auf den Stoffhaushalt – gemessen am Wasserhaushalt, den Trockenmasseertrag und den Stickstoffhaushalt von Mais und Sommergerste in Abhängigkeit von der Bodenart, der Vegetationszeit und der Aufwandmenge des Pestizides haben. Gleichzeitig soll über Rückstandsanalysen der entsprechenden PSM wie auch über Bestimmungen der Aminosäuremuster der Pflanzen bzw. Pflanzenteile Aussagen zur Qualität der Ernteprodukte auch hinsichtlich von Risiken einer Grenzwertüberschreitung gemacht werden.

2. Kenntnisstand

Bei "Untersuchungen zum Boden/Pflanze-Transfer ausgewählter organischer Umweltschadstoffe in Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften" konnte HEINRICH [1998] feststellen, daß Maispflanzen mit zunehmender Organochlorpestizid-konzentration im Boden auch einen steigenden Stickstoffentzug in Wurzel und Sproß aufwiesen. Besonders im Wurzelbereich fand sich bei einer Organochlorpestizidbelastung des Bodens von 10 ppm an PSM eine Erhöhung des N-Entzuges um 40% im Vergleich zur unbehandelten Variante. Dagegen wies der Maissproß bei Pestizidanwendung einen deutlich geringeren Stickstoffentzug (-66%) auf, der erst bei einer Aufwandmenge von 100 ppm über das Niveau der Kontrolle anstieg (+51%). HEINRICH [1998] führte dies bei pestizidbelastetem Boden auf eine Anreicherung der Pestizide im Wurzelbereich zurück. Eine steigende Organochlorpestizidkonzentration im Boden korrelierte mit einer Erhöhung des Stickstoffgehaltes der Wurzel und war mit einer verzögerten N-Verlagerung in den Sproß verbunden.

Neben einer Veränderung des Stickstoffgehaltes der einzelnen pflanzlichen Organe bei Applikation von Pflanzenschutzmitteln fand QUARTA [2000] eine Erhöhung des Trockenmasseertrags bei Ackerbohnen, welche mit Cypermethrin (Insektizid) und Diclofop-methyl (Herbizid) behandelt wurden (Abb. 1).

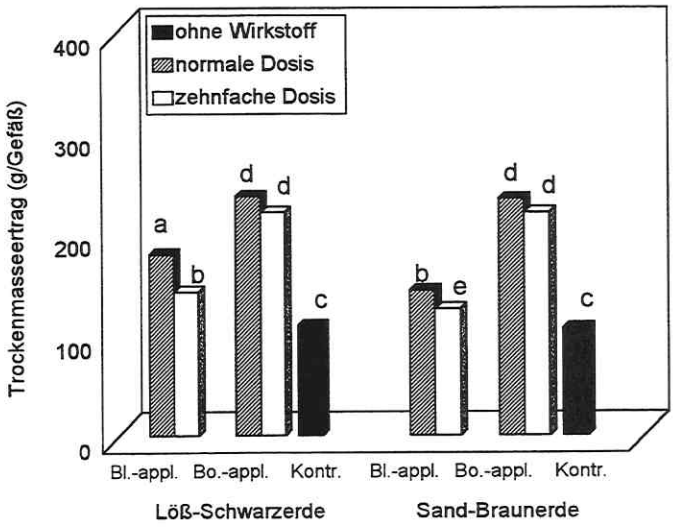


Abb. 1: Einfluß von Cypermethrin auf den Trockenmasseertrag von Ackerbohnen im Gefäßversuch [Quarta 2000]

Über die Änderung der Trockenmasseerträge bei Pflanzen und die Neuverteilung des pflanzlich gebundenen Stickstoffs bei Einsatz von Pestiziden wird mehrfach in der Literatur berichtet.

Der Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf den Stickstoffentzug und somit auf Wuchs und Ertrag wurde besonders bei Reispflanzen untersucht.
Über die Wechselwirkungseffekte zwischen Stickstoffdüngung und Insektizidapplikation berichtete SALAM et al. [1989]. In dem durchgeführten Experiment wurden die Auswirkungen von vier verschiedenen Stickstoffgaben (N= 0, 60, 90, und 120 kg/ha) auf Wurzel- und Sproßtrockenmasse, Blattfläche, Stickstoffaufnahme und Ertrag mit den Insektiziden Carbofuran (0,75 kg/ha) und Phorat (1 kg/ha) sowie einer Variante ohne Insektizid an Reis getestet. Des Weiteren spielten klimatisch bedingte Einflüsse (Südwest- und Nordostmonsun) eine Rolle. Das Ziel dieser Arbeit war die Optimierung von Ertrag und kombinierter Stickstoffdünger-Insektizidanwendung unter ökonomischen Gesichtspunkten.
SALAM et al. [1989] fanden, daß der Trockenmasseertrag sowohl der Wurzel als auch des Sprosses bei einer N-Gabe von 120 kg/ha und Carbofuranapplikation am höchsten war. Aber auch die Trockenmasse bei den mit Phorat behandelten Reispflanzen zeigte eine signifikante Erhöhung im Vergleich zur unbehandelten Variante. Dieser Trend wurde ebenfalls bei den übrigen N-Stufen gefunden. Lediglich der 60 kg/ha N-Düngerlevel bewirkte bei dem Sproß der Pflanzen, die einer Phoratapplikation ausgesetzt waren, einen höheren Trockenmasseertrag als die der Carbofuranvariante. Der Versuch ohne zusätzliche N-Düngung zeigte ein ähnliches Verhalten.
Über eine Zunahme der Wurzeltrockenmasse bei mit Carbofuran behandeltem Reis berichten auch VENUGOPAL und LITSINGER [1980].
Der Blattflächenindex der einzelnen Versuchsvarianten verhielt sich analog zu dem Ertrag der Trockenmasse von Sproß und Wurzel.
SALAM et al. [1989] stellten weiterhin fest, daß sich die Stickstoffaufnahme signifikant bei der Applikation oben genannter Insektizide erhöhte. So lag diese im Falle von Carbofuran um 22-36% und von Phorat um 18-26% höher als bei den Varianten ohne Insektizidbehandlung.

2. Kenntnisstand

Die Erhöhung der N-Aufnahme von Reis bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln wird mehrfach in der Literatur erwähnt [MANI et al. 1976; BALASUBRAMANIYAN und MORACHAN 1981; SATHASIVAM et al. 1982; THAKUR et al. 1988].

Nur NARAIN [1975], der den Einfluß verschiedener N-Dünger auf die pflanzliche Stickstoffaufnahme unter Pestizidapplikation (Lindan und Aldrin) untersuchte, konnte im Gegensatz dazu keine Beeinflussung feststellen.

In den Experimenten von SALAM et al. [1989] kam es neben dem Anstieg der pflanzlichen Trockenmasse und dem gesteigerten N-Entzug bei der Behandlung mit Pestiziden ebenfalls zu einer Erhöhung des Kornertrages. Allerdings wurde auch festgestellt, daß ein Ertragsoptimum zwischen Insektizideinsatz und aufgewandter Stickstoffdüngergabe existiert. Dieses günstige Verhältnis lag bei Konstanthaltung der verwendeten Pflanzenschutzmittelmengen (Carbofuran - 0,75 kg/ha und Phorat - 1 kg/ha) im Falle von Reis bei einer Stickstoffaufwandmenge von 90 kg/ha (Abb. 2). Durch die kombinierte Verwendung von Carbofuran bzw. Phorat konnte im günstigsten Fall eine Kornertragssteigerung von bis zu 24% gegenüber der Kontrolle erreicht werden. SOMASUNDARAM [1981] wie auch VENUGOPAL [1981] fanden bei der alleinigen Applikation von Carbofuran gleiche Effekte. THAKUR et al. [1988] registrierte, daß Reispflanzen bei Anwendung von verschiedenen Pestiziden neben einem höheren Ertrag eine wesentlich bessere Entwicklung, einen kräftigeren Wuchs und auch einen erhöhten Proteingehalt im Korn aufwiesen.

LEE [1976] konnte in Laborversuchen mit Carbofuran behandelten Erbsenpflanzen feststellen, daß Carbofuran und dessen Metabolite die IAA-Oxidase[1] inhibierten. Dadurch erhielt die Pflanze ein erhöhtes Maß an Wuchshormonen. Von SALAM et al. [1989] wurde die Hypothese aufgestellt, daß bei Reispflanzen ein ähnlicher Mechanismus existiert. Die verbesserte Wurzelaktivität bzw. -produktion, welche durch die Trockenmassedaten bewiesen wurde, führte zu einer erhöhten Nährstoffaufnahme, besonders von Stickstoff, wodurch sich die bessere Entwicklung der Reispflanzen bei Insektizidanwendung, speziell mit Carbofuran und Phorat, erklärte.

[1] IAA= indole-3-acetic acid (Indol-3-essigsäure) - Pflanzenhormon (Auxin)

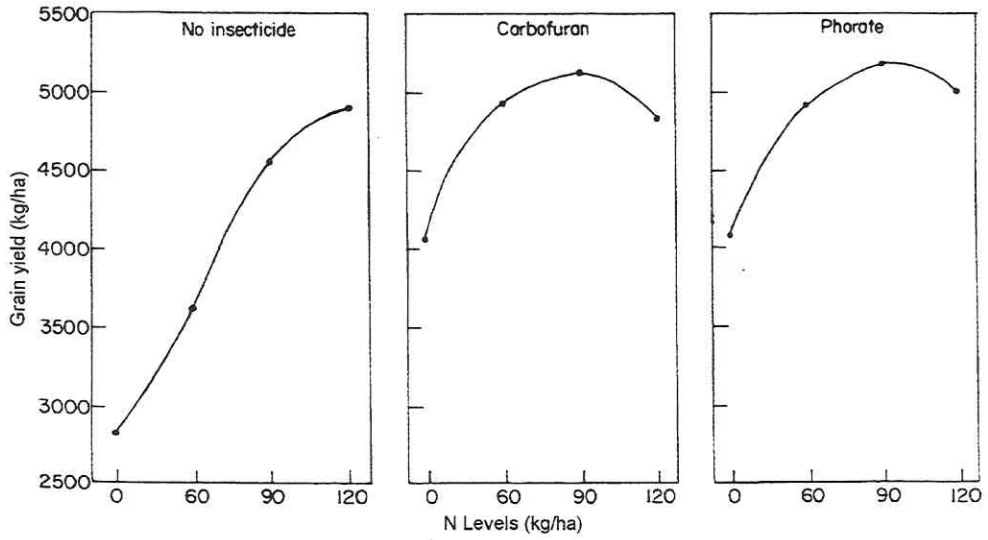


Abb. 2: Kornerträge von Reis bei vier verschiedenen Stickstoffgaben mit und ohne Insektizid [SALAM et al. 1989]

Ähnliche Studien wie bei Reispflanzen erfolgten auch an Zuckerrohr (*Saccharum officinarum*). Schon in den Jahren 1959 und 1963 stellten SIDDIQUI et al. sowie SINGH und SANDHU Einflüsse der Pestizide Lindan und Telodrin auf den Pflanzenertrag fest. JAISWAL et al. [1973] trafen die Aussage, daß die beiden oben genannten Pflanzenschutzmittel direkt als Wuchsstimulantien wirken. Sie induzieren verstärkt den Sproßaustrieb wie auch die Entwicklung der Bestockung und der Wurzeln. Entsprechend der Ergebnisse von SALAM et al. [1989], SOMASUNDARAM [1981], THAKUR et al. [1988] und VENUGOPAL [1981], die den Einfluß auf Reispflanzen untersuchten, fand sich auch im Fall von *Saccharum officinarum* eine Erhöhung der Stickstoffaufnahme durch die Wurzeln bei Lindan- bzw. Telodrinapplikation. Dieser Effekt war mit einer Zunahme des Wurzel- und des Sproßgewichtes der Pflanze verbunden. Dagegen nahm der Gehalt sowohl an reduzierenden wie auch an nichtreduzierenden Zuckern durch die Pflanzenbehandlung mit diesen Insektiziden ab. Gleiches galt auch für den Anteil an löslichen Stickstoffverbindungen, während im Gegensatz dazu der Anteil der unlöslichen N-Verbindungen stieg. JAISWAL et al. [1973] kamen zu der Schlußfolgerung, daß Pestizide eine bessere Stickstoffverfügbarkeit für die Pflanze ermöglichen.

Auch SINGH und PRASAD [1990] untersuchten bei Zuckerrohr die Effekte von Pflanzenschutzmitteln auf Ertrag, Zuckersaftqualität und Nährstoffaufnahme. Neben Lindan setzten sie das Insektizid Phorat ein, welches im Reisanbau Verwendung findet. Im Unterschied zu JAISWAL et al. [1973] wurde festgestellt, daß die kombinierte Anwendung von Harnstoff als Stickstoffdünger und Insektizid zu einer Steigerung des Zuckergehaltes führte. Das günstigste Verhältnis zwischen N-Düngung und Pestizidanwendung stellte dabei im Fall von Lindan eine Stickstoffgabe von 120 kg/ha bei einer Applikation von 1 kg/ha Wirkstoff und im Fall von Phorat eine N-Aufwandmenge von 180 kg/ha bei einer Insektizidmenge von 1 kg/ha dar. Hinsichtlich der Stickstoffaufnahme und des Zuckerrohrertrages gleichen sich die Ergebnisse von JAISWAL et al. [1973] und SINGH und PRASAD [1990].

Neben den in tropischen und subtropischen Gebieten angebauten Fruchtarten Reis und Zuckerrohr, wurde auch der Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf den N-Haushalt von Weizen, Gerste, Mais, Kartoffel, Tomate u.a. untersucht.
Die Wirkung von Fungiziden auf die Stickstoffaufnahme von Tomaten sowie auf Nitrifikation und Denitrifikation im Boden testeten SOMDA et al. [1991]. Sie konnten feststellen, daß einige Fungizide, wenn sie in hoher Konzentration vorliegen, im Boden akkumulieren und negative Auswirkungen auf die Bodenmikroorganismen bzw. den Pflanzenwuchs haben. Sie verglichen die Effekte der NH_4^+- Oxidation bei der Applikation von jeweils 10 mg/kg Benlate (Benomyl), Captan und Schwefelkalk in Bezug auf die Nitrifikationsinhibitoren (NI) Nitrapyrin und Terrazol unter konstanten Bedingungen (Temperatur, Boden, Feuchte). Captan inhibierte die Nitrifikation um 21% mehr als Schwefelkalk, aber im Vergleich zu den NI um weniger als 20%. Benlate zeigte dagegen keine Wirkung. Bei diesem Fungizid konnte aber eine beschleunigte NO_3^-- Reduktion zu N_2O und N_2 in flüssigem Medium beobachtet werden. Schwefelkalk und Captan wirkten, ähnlich wie Nitrapyrin und Terrazol, im Gegensatz dazu als NO_3^-/NO_2^-- Reduktionsinhibitoren.
Neben diesen Faktoren, die in Abhängigkeit von den jeweiligen Bodeneigenschaften für die N-Verfügbarkeit für die Pflanze eine Bedeutung hatten, wurden auch Bestimmungen der pflanzlichen Trockenmasse, des Wurzelgröße/Sproß-Verhältnisses und der Stickstoffaufnahme der Pflanzen unter Pestizidapplikation bei gleichzeitiger N-Düngung durchgeführt. Ähnlich den Ergebnissen von SALAM et al.

[1989] und JAISWAL et al. [1973] war ein Anstieg der Trockenmasse, der N-Aufnahme wie auch des Wurzel/Sproß-Verhältnisses bei Fungizid- bzw. NI-Anwendung zu verzeichnen.
SASSEVILLE [1993] gibt einen kurzen Überblick über die Wirkungen von 6 verschiedenen Pestiziden auf Tomatenpflanzen. Dabei waren sowohl Pflanzen fördernde wie auch toxische Effekte zu beobachten. Die Resultate von SASSEVILLE [1993] unterstreichen die Komplexität dieser Problematik.
JAIN et al. [1980] untersuchten den Einfluß von Morphactin ebenfalls an Tomaten. Im Mittelpunkt des Interesses standen dabei mögliche Veränderungen u.a. in der Aminosäure- und Proteinfraktion. Es wurde festgestellt, daß es bei den behandelten Varianten stets zu einem Anstieg des Proteingehaltes im Vergleich zur Kontrolle kam. Der Gehalt an freien Aminosäuren variierte und war durch die verwendeten Applikationsdosen von Morphactin bestimmt. Ein weiterer Einflußfaktor war das Entwicklungsstadium der Pflanzen. So konnte während der Blühphase der höchste Gehalt an freien AS bei allen Varianten verzeichnet werden.

Mais, eine wichtige Getreideart, ist gleichzeitig auch eine häufig genutzte Versuchspflanze. Auch hier erfolgten Untersuchungen zur Beeinflussung des pflanzlichen N-Haushaltes unter Pestizideinwirkung. Durch die Verwendung von ^{15}N-markierten Düngemitteln konnten Erkenntnisse über die Stickstoffverteilung bzw. -gehaltsänderung in der Pflanze gewonnen werden.
Bereits 1971 und 1973 veröffentlichten HERA et al. erste Ergebnisse zur Stickstoffaufnahme und zum Stickstoffmetabolismus von Maispflanzen, die mit Atrazin behandelt wurden.
Ein gesteigerter Kornertrag bei den mit Pestizid behandelten Pflanzen war ein Resultat der Arbeit. Das Korn wies einen höheren Protein-/Aminosäuregehalt, besonders an Zein und Lysin, als die unbehandelte Variante auf.
1971 wurden innerhalb des gleichen Arbeitskreises vorwiegend Untersuchungen zur Aufnahme und zur Stickstoffverwertung aus Düngemitteln unter Triazineinfluß durchgeführt. Es ergab sich eine enge Korrelation zwischen Atrazinapplikation und der Stickstoffdüngung, die sich in der Änderung einiger Proteinfraktionen (Albumine und Gluteline) widerspiegelte. HERA et al. [1971] fanden, daß Atrazin auf den N-

Metabolismus der Maispflanzen verändernd wirkte. Dies bedingte eine Änderung des N-Anteils in den Organen (Blatt und Stengel) der behandelten Pflanzen.
Einen Anstieg des Gehaltes an Rohprotein bei der Applikation von Atrazin und Simazin beobachteten RIES und GAST [1965], RIES et al. [1967] sowie GAST und GROB [1969]. EASTIN und DAVIS [1967] stellten bei der Behandlung von Maispflanzen mit 4 und 16 kg/ha Atrazin eine Erhöhung des N-Anteils im Korn fest.
CERVELLI et al. [1982] untersuchten die Effekte von Atrazin auf die Transformation von Stickstoff im Boden und dessen Aufnahme durch Mais. Als Stickstoffdünger wurde dabei ^{15}N-markierter Harnstoff verwendet. Neben den Untersuchungen über die Tiefenverteilung von organisch und anorganisch gebundenem Stickstoff im Boden wurde auch der N-Entzug durch Korn und Kolben bei Maispflanzen mit und ohne Atrazinbehandlung bestimmt (Tab. 1).

Atrazingabe [kg/ha]	Stickstoffentzug		
	Korn [kg/ha]	Maiskolben [kg/ha]	gesamt [kg/ha]
0	32	24	56
2	43	43	86
6	49	57	106

Tab. 1: Entzug und Verteilung von Stickstoff in Maiskorn und Maiskolben zur Erntezeit bei verschiedenen Atrazingaben [CERVELLI et al. 1982]

Analog zu vorhergehenden Arbeiten, war auch hier ein Anstieg des Stickstoffgehaltes unter Pestizidapplikation festzustellen.
Die stimulierende Wirkung von s-Triazinen auf die Aktivität verschiedener Enzyme (Phosphorylase, Pyruvatkinase, Cytochromoxidase und Glutamatdehydrogenase) in Maisblättern und den dadurch beschleunigten Stoffwechsel verbunden mit einem Anstieg des Trockenmasseertrages, der Stickstoffaufnahme und des Aminosäure-/ Proteingehaltes belegte WU et al. [1971]. Dieser Effekt ist allerdings nicht nur auf die Pestizidgruppe der Triazine beschränkt. So zeigten die Arbeiten von THAKRE und SAXENA [1972], WOLFSON und SHEARER [1981] sowie CHABROL et al. [1988], daß auch andere Pflanzenschutzmittel den Wuchs, den Trockenmasseertrag, die N-Aufnahme und damit auch den AS-/Proteingehalt positiv beeinflussen können.

SINGH und SHANER [1995] testeten die Wirkung 6 unterschiedlicher Pestizide (Photosynthese-, Fettsäuresynthese- und Aminosäuresyntheseinhibitoren) auf den freien AS-Pool in Maispflanzen. Als Ergebnis ihrer Experimente fanden sie, daß es je nach verwendeten PSM zu erheblichen Gehaltsänderungen bei einigen Aminosäuren kam. Diese Änderungen waren von der Wirkungsart des Pestizides abhängig. In Allgemeinen war jedoch eine Erhöhung des Gesamtgehaltes an Aminosäuren zu verzeichnen.

In Studien über den Einfluß von Herbiziden auf Kultur- und Wildpflanzen unter Verwendung von ^{15}N-Düngern konnten LADONIN et al. [1980] feststellen, daß unterschiedliche Pflanzen differenzierte Empfindlichkeiten auf Herbizide zeigten und daß es dabei zu einer Änderung in der Ausnutzung des Stickstoffs im Prozeß der Proteinbiosynthese kam. Speziell die Wirkung der Pestizide 2,4-D, Atrazin, Lenazil und Dicamba auf den Stickstoffmetabolismus unterschiedlicher Nutzpflanzen (Mais, Erbsen und Bohnen) stand im Mittelpunkt des Reports.

Bei Erbsenpflanzen erfolgte eine deutliche Veränderung (Inhibierung) der ^{15}N-Aufnahme unter 2,4-D - und Dicamba - Einfluß. So war eine Neuverteilung des pflanzlich gebundenen Stickstoffs zwischen den Organen festzustellen. Die Blätter verarmten an Proteinstickstoff und zeigten eine andere Proteinzusammensetzung als die Kontrollpflanzen. In den Stielen erfolgte dagegen eine N-Anreicherung. Diese Effekte belegten den Einfluß beider Herbizide auf die Proteinbiosynthese. Eine Erklärung für den geringeren Proteingehalt in den Blättern konnte LADONIN nicht geben. Während der Proteinanteil in den Erbsenblättern unter Pestizidapplikation sank, stieg gleichzeitig die Konzentration der nichtproteingebundenen N-haltigen Pflanzeninhaltsstoffe.

Durch die Verwendung von ^{15}N als Tracer konnte LADONIN et al. [1980] die Herkunft der Störungen verfolgen. So wurde die Senkung des Proteinstickstoffgehaltes in fast allen Pflanzenfraktionen mit Ausnahme von Mitochondrien und Früchten bei 2,4-D-Applikation festgestellt. Auffällig ist, daß besonders in den Fraktionen mit viel Chloroplasten, Zellwänden und Stützgewebe der Proteinanteil abnahm. Dies deutete auf eine starke Veränderung der Stoffwechselfunktionen bei Verwendung von 2,4-D in Erbsen hin.

Wie auch bei HERA et al. [1973] ließ sich in der Kornfraktion der mit Atrazin behandelten Maispflanzen eine Zunahme des Proteinstickstoffgehaltes um bis zu

35% beobachten. Die Zunahme des Proteinanteils und der Rückgang des nichtproteingebundenen Stickstoffs im Maiskorn zeigte sich in allen Fällen und belegt die Intensivierung der Proteinbiosynthese in den Zellen bei Pestizidapplikation. LADONIN et al. [1980] stellte eine Wachstumssteigerung bei mit Atrazin behandelten Maispflanzen fest. Eine Erhöhung der ^{15}N-Aufnahme aus dem Dünger und der gleichzeitige ^{15}N-Einbau in die pflanzlichen Proteine waren weitere Ergebnisse der Experimente. Durch die Versuche mit ^{15}N konnte bestätigt werden, daß Atrazin die Aufnahme von Stickstoff in die Erbsenpflanzen, im Unterschied zu Mais, senkte und sich der N-Anteil der Proteine verringerte (bis auf 33%).

Neben der Unterdrückung von parasitären und konkurrierenden Organismen, können Pflanzenschutzmittel auch stimulierend auf den pflanzlichen Stoffwechsel wirken, wie Untersuchungen an Gerste, Weizen, Kartoffel u.a. zeigten.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über einige der bisher untersuchten Nutzpflanzenarten, bei denen eine Reaktion auf Pestizidbehandlung nachweisbar war.

Tab. 2: Untersuchungen über den Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf den Trockenmasseertrag, den Stickstoffentzug sowie den Aminosäure-/ Proteingehalt verschiedener Nutzpflanzen

Art	Verfasser
Mais	SINGH und SHANER [1995]; CHABROL et al. [1988]; CERVELLI et al. [1982]; WOLFSON und SHEARER [1981]; LADONIN et al. [1980] u.a.
Gerste	SAMERSOV und PRISHCHEPA [1991]; LEBEDEV et al. [1988]; IBENTHAL und HEITEFUSS [1981]; GRUZDEV [1980, 1976]
Weizen	SZYNAL [1992]; KONSTANTINIDOU-DOLTSINI et al. [1987]; WYBIERALSKA und WYBIERALSKI [1985]; PREW et. al. [1983]; FEDTKE [1972]; THAKRE und SAXENA [1972]
Roggen	BRUINSMA UND SCHUURMAN [1966]
Hafer	BAUMANN und GÜNTHER [1976]; WIEDMAN und APPLEBY [1972]
Hirse	SINGARAM und MANICKAM [1978]
Reis	SALAM et al. [1989]; THAKUR et al. [1988]; SOMASUNDARAM [1981]; VENUGOPAL und LITSINGER [1980]; MANI et al. [1976] u.a.
Zuckerrohr	SINGH und PRASAD [1990]; JAISWAL et al. [1973]; SINGH und SANDHU [1963]; SIDDIQUI et al. [1959]
Sojabohnen	HOSSAIN et al. [1984]
Ackerbohnen	HUFFAKER et al. [1964]; MILLER et al. [1962]
Bockshornklee	HIPPALGAONKAR [1982]
Erbsen	LADONIN et al. [1980]; LEE [1976]
Raps	WILD und WENDLER [1991]
Gurke	WIEDMAN und APPLEBY [1972]
Tomate	SASSEVILLE [1993]; SOMDA et al. [1991]; JAIN et al. [1980]
Kartoffel	WODA-LESNIEWSKA [1994]; ZWOLINSKA-SNIATALOWA [1984]; FEDTKE [1972]; KOBAYASHI und KATSURA [1968]
Baumwolle	TAMILSELVAN et al. [1991]

Die durch Pestizide verursachte Anregung des pflanzlichen Stoffwechsels, welche sich unter anderem im Anstieg der Trockenmasse und der Stickstoffaufnahme äußert, geht immer mit einer Veränderung des Aminosäure- bzw. Proteinhaushaltes einher.

FEDTKE [1972] zeigte am Beispiel der Kartoffel und des Herbizides Metribuzin wie stark diese Gehalte von der applizierten PSM-Dosis abhängen (Abb.3).

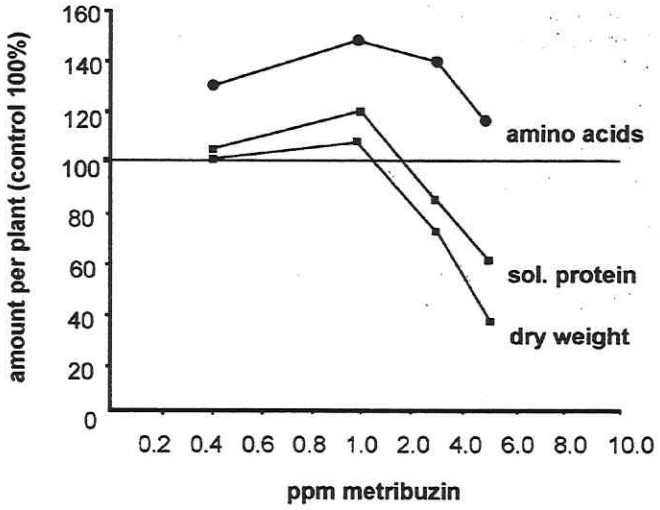


Abb. 3: Trockenmasseerträge und Gehalte an Aminosäuren und löslichen Proteinen von Kartoffelpflanzen (20 Tage alt) bei unterschiedlichen Applikationsdosen von Metribuzin [FEDTKE 1972]

Die Ergebnisse von FEDTKE lassen sich verallgemeinern, wobei jedoch die Wirkung immer von der Pflanze selbst (z.B. LADONIN et al. [1980]) und vom Pflanzenschutzmittel (z.B. SINGH und SHANER [1995]) bzw. dessen Konzentration abhängig ist. Auch Umwelteinflüsse (Temperatur, Licht, Wasser, Boden u.a.) spielen eine nicht unerhebliche Rolle.

Weiterhin ist das Stickstoffangebot im Boden ebenso von entscheidender Relevanz für den Aminosäure-/Proteinhaushalt der Pflanze [RENDIG und JIMENEZ 1978; DRAWERT et al. 1975; MERTZ 1963 u.a.].

2. Kenntnisstand

Aus der Literaturauswertung wird ersichtlich, daß von der Mehrzahl der Autoren ein Einfluß von Pestiziden auf den pflanzlichen Stoffkreislauf bestätigt wurde.
Besonders hervorzuheben sind dabei die Wirkungen auf die Aminosäure- bzw. Proteinbiosynthese. So führen die Ergebnisse verschiedener Studien [PREW et al. 1983; WOLFSON und SHEARER 1981; THAKRE und SAXENA 1972 u.a.] zu der Erkenntnis, daß Pflanzenschutzmittel auch direkt den Ertrag, besonders durch eine Veränderung des Gehaltes an organisch gebundenem Stickstoff, beeinflussen.

In diesem Zusammenhang sei jedoch auch darauf hingewiesen, daß von den zitierten Autoren nur die Wirkungen von Pestiziden auf den pflanzlichen Stickstoffhaushalt untersucht wurden, wobei häufig ein Anstieg des Gehaltes an Aminosäuren und Proteinen verzeichnet werden konnte. Es fehlen jedoch Angaben über Restgehalte der verwendeten PSM in den Pflanzenorganen. Dieser Faktor ist jedoch für eine Abschätzung potentieller Risiken in der Nahrungsaufnahme für Mensch und Tier wichtig und neben dem Aminosäure-/Proteingehalt ein entscheidendes Qualitätsmerkmal von Futter- bzw. Nahrungspflanzen.
Untersuchungen zum Einfluß von Pestiziden auf Nutzpflanzen sind deshalb von Bedeutung, da durch sie gleichzeitig

- Aussagen zu landwirtschaftlich relevanten Fragestellungen, wie z.B. die Wirkung von PSM auf den Ertrag und den Aminosäure-/Proteingehalt von Getreide

getroffen werden können sowie

- Risikoabschätzungen für Nahrungs- bzw. Futtermittel, aufgrund von Pestizidrückstandsmessungen

möglich sind.

3. Material und Methoden

3.1 Gefäßversuche

1997 und 1998 wurden unter kontrollierten Bedingungen in einem Gewächshaus je ein Gefäßversuch angelegt (Überblick siehe Tab. 6).

Folgende Fragestellungen wurden dabei bearbeitet:

- G1/97

  Einfluß von PSM auf den Stickstoffentzug, den Trockenmasseertrag und die Wasseraufnahme von Mais in Abhängigkeit von der Bodenart und der Vegetationszeit
- G1/98

  Einfluß von PSM auf das Aminosäuremuster, den Stickstoffentzug, den Trockenmasseertrag und die Wasseraufnahme von Mais und Sommergerste in Abhängigkeit von der Bodenart und der Vegetationszeit

3.1.1 Verwendete Pestizide

Um den direkten Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf die Pflanze zu klären, wurden hinsichtlich der obigen Fragestellungen zwei Pestizide (Terbuthylazin und Methoxychlor) gewählt:

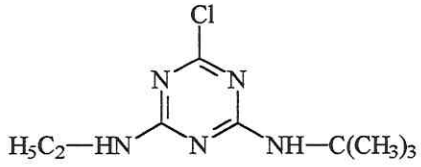
Terbuthylazin

Terbuthylazin (Tab. 3) ist ein herbizider Wirkstoff aus der Gruppe der s-Triazine, der auch momentan noch in der Landwirtschaft Verwendung findet. Seine Aufnahme erfolgt über Wurzel und Blatt. Die Wirkungsweise dieses Herbizides beruht auf der Hemmung der Photosynthese, hervorgerufen durch die Störung der Hill-Reaktion in den Chloroplasten der Blattgewebezellen.

Bevorzugtes Anwendungsgebiet ist die Bekämpfung dicotyler Unkräuter im Vor- und Nachlaufverfahren in Mais-, Kartoffel-, Erbsen- und Getreidekulturen sowie im Obst- und Weinbau [PERKOW et al. 1996; BBA 1997].

Terbuthylazin, welches zu den am häufigsten angewandten Herbiziden gehört, wurde in Form des Handelspräparates GARDOPRIM 500 flüssig (Wirkstoffgehalt: 490 g/l Terbuthylazin) für den Gefäßversuch eingesetzt.

Tab. 3: Physikalische Eigenschaften von Terbuthylazin [PERKOW et al. 1996; IVA 1990]

 **Terbuthylazin** 4-tert-Butylamino-2-chlor-6-ethyl-amino-1,3,5-triazin $C_6H_{16}ClN_5$ [M = 229,72 g/mol]	• Kristallin, farblos • Dichte: 1,19 g/cm^3 [20 °C] • Schmelzpunkt: 177-179 °C • Dampfdruck: 0,15 mPa [20 °C] • Löslichkeit: 8,5 mg/l [Wasser; 20 °C]

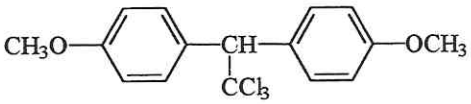
Methoxychlor

Bei Methoxychlor (Tab. 4), welches eine ähnliche chemische Struktur wie das in Deutschland verbotene DDT aufweist, handelt es sich um ein Insektizid mit Berührungs- und Magengiftwirkung.

Dieses Pestizid findet besonders gegen Kirschfruchtfliege, Rapsschädlinge, Weizengallmücke und in Kombination mit anderen Insektiziden (z.B.: Malathion, Lindan) gegen saugende Insekten, Schildläuse, Spinnmilben u.a.m. Anwendung [PERKOW et al. 1996]. Darüber hinaus dient bzw. diente Methoxychlor als Modellsubstanz für aktuelle und vorangegangene Untersuchungen (Lysimeterversuche, Untersuchungen zum Boden/Pflanze-Transfer [HEINRICH und SCHULZ 1996a-c und 1997; HEINRICH 1998; SCHULZ und HEINRICH 1997 und 1999]).

Für den Gefäßversuch wurde Methoxychlor (Reinheit: 95%) der Firma PROMOCHEM verwendet.

Tab. 4: Physikalische Eigenschaften von Methoxychlor [PERKOW et al. 1996; IVA 1990]

 **p,p'-Methoxychlor** 1,1,1-Trichlor-2,2-bis-(4-methoxy-phenyl)-ethan $C_{16}H_{15}Cl_3O_2$ [M = 345,65 g/mol]	• Kristallin, farblos • Dichte: 1,41 g/cm^3 [25 °C] • Schmelzpunkt: 89 °C • Dampfdruck: <10^{-3} Pa [20 °C] • Löslichkeit: 0,1 mg/l [Wasser; 25 °C]

3.1.2 Verwendete Böden

Zur Klärung des Einflusses der Bodenart auf die zu Beginn dieses Abschnittes gestellten Fragestellungen wurden zwei verschiedene Böden ausgewählt, die unterschiedliche Bodeneigenschaften repräsentieren (Tab. 5).

Löß-Schwarzerde

Bei der vom Standort Bad Lauchstädt (Ausgleichsfläche[2]) stammenden Löß-Schwarzerde handelte es sich um die obere Schicht (0-30 cm) eines Haplic Chernozems [KÖRSCHENS und PFEFFERKORN 1998].

Diese Bodenart ist typisch für das mitteldeutsche Trockengebiet und wird landwirtschaftlich intensiv genutzt.

Sand-Braunerde

Die vom Standort Müncheberg (Ausgleichsfläche) stammende Sand-Braunerde eines Cambic Arenosols ist ein leichter und nährstoffarmer Boden, der auch landwirtschaftlich genutzt wird.

Tab. 5: Bodenchemische und -physikalische Parameter der verwendeten Böden

Bodenart	Löß-Schwarzerde Haplic Chernozem	Sand-Braunerde Cambic Arenosol
Ton (%)	21,6	4,4
Feinschluff (%)	7,2	4,0
Mittelschluff (%)	24,8	6,4
Grobschluff (%)	38,8	14,1
Feinsand (%)	4,5	36,0
Mittelsand (%)	2,6	31,2
Grobsand (%)	0,5	3,9
Kationenaustauschkapazität ($cmol_c$/100 g Boden)	38,6	10,7
pH-Wert ($CaCl_2$)	6,8	5,0
C_{org} (%)	2,15	1,16
N_t (%)	0,198	0,120
C/N-Verhältnis	11	10

[2] Eine Ausgleichsfläche ist in der Landwirtschaft eine bearbeitete aber nicht unter Versuch stehende Fläche.

3.1.3 Versuchspflanzen

Für die 1997 und 1998 durchgeführten Untersuchungen wurde Mais (*Zea mays*) der Sorte Anjou 09 und im Versuch G1/98 weiterhin Sommergerste (*Hordeum vulgare*) der Sorte Alexis verwendet.

Die differenzierte Empfindlichkeit beider Pflanzenarten auf Stickstoffgaben, wie auch ihre unterschiedliche Toleranz gegenüber Pflanzenschutzmitteln waren Auswahlkriterium.

3.1.4 Versuchsansatz und Durchführung

Die Durchführung aller Experimente erfolgte in einem Gewächshaus mit integrierter Wetterstation, in welchem aufgrund einer automatischen Gesamtdach- bzw. Kulissenfensterbewegungssteuerung praktisch die gleichen Temperaturbedingungen und Lichtverhältnisse wie im Freiland herrschten.

Bei den Versuchen kamen KICK BRAUCKMANN-Gefäße (Fa. STOMA) zum Einsatz. Diese Gefäße wurden mit 8,6 kg (Löß-Schwarzerde) bzw. 9,5 kg (Sand-Braunerde) homogenisiertem und auf 2 mm gesiebtem Boden gefüllt.

Für jedes Gefäß erfolgte die Startdüngung durch das Einmischen einer definierten Düngermenge (Anhang 7.1) und eine Einstellung der Bodenfeuchte auf 60 Prozent der maximalen Wasserkapazität. Diese Feuchte wurde während des Versuchszeitraumes gehalten.

Um eine möglichst realitätsnahe und homogene Applikation der Pestizide zu ermöglichen, wurde eine definierte Menge an gedüngtem Boden (ca. 1 cm obere Bodenschicht im KICK BRAUCKMANN-Gefäß) abgenommen und entsprechend der Versuchspläne (Anhang 7.1) einer kontrollierten Pestizidapplikation unterzogen.

Der behandelte und durchmischte Boden wurde anschließend oberflächlich auf den unbehandelten Boden des entsprechenden Gefäßes aufgebracht.

Die Pestizidbehandlung erfolgte in der praxisüblichen und in der zehnfachen Aufwandmenge. Dabei kam bei Methoxychlor eine Lösung dieses Stoffes in Aceton und im Fall von Terbuthylazin eine wäßrige Suspension (GARDOPRIM 500 fl.) zum Einsatz.

Entsprechend der jeweiligen Versuchsanstellung wurden 3 bzw. 4 Wiederholungen durchgeführt (Tab. 6).

Tab. 6: Gefäßversuche – Überblick

Versuch	Boden /-menge	Ernten (nach .... Tagen)	Varianten	Wiederholungen	Versuchspflanze	Anzahl der Gefäße
G1/97	Löß-Schwarzerde 8,6 kg Bad Lauchstädt [Ausgleichsfläche] Sand-Braunerde 9,5 kg Müncheberg [Ausgleichsfläche]	30, 60, 90, 120	ohne Pestizid normale[#1] Applikationsdosis Terbuthylazin 10fache[#2] Applikationsdosis Terbuthylazin normale[#1] Applikationsdosis Methoxychlor 10fache[#2] Applikationsdosis Methoxychlor	4	Mais	160
G1/98	Löß-Schwarzerde 8,6 kg Bad Lauchstädt [Ausgleichsfläche] Sand-Braunerde 9,5 kg Müncheberg [Ausgleichsfläche]	30, 45, 60, 90, 105, 120 (Mais) 30, 60, 90, 120 (Sommergerste)	ohne Pestizid normale[#1] Applikationsdosis Methoxychlor 10fache[#2] Applikationsdosis Methoxychlor	3	Mais Sommergerste	180

[#1] – normale = vom Hersteller empfohlene Dosis (Terbuthylazin – 3,725 mg; Methoxychlor – 0,57 mg)
[#2] – 10fache = zehnfache der vom Hersteller empfohlenen Dosis (Terbuthylazin – 37,25 mg; Methoxychlor – 5,7 mg)
• Applikationsdosis der Pestizide im Bezug zur Gefäßfläche (380,13 cm^2)

Die Aussaat der Kulturpflanzen erfolgte im Anschluß an die Vorbereitung der Gefäße für den Versuch.
Mit Beginn der Aussaat, über den gesamten Versuchszeitraum von 120 Tagen, wurde der tägliche Wasserverbrauch jedes Gefäßes protokolliert.
Die Bewässerung der einzelnen Gefäße erfolgte mit entionisiertem Wasser.

3.1.5 Probenahme und Lagerung

Gemäß der Versuchspläne erfolgten Zwischenernten der Pflanzen. Es wurden dabei ober- und unterirdische Pflanzenteile voneinander getrennt. Der oberirdische Teil wurde weiter in Blätter, Sproß sowie Kolben bzw. Ähre fraktioniert. Die Wurzeln wurden durch Sieben und anschließender Wäsche gründlich vom Boden befreit. 50g des gesiebten Bodens wurden entnommen und für spätere Analysen bei -20 °C gelagert.
Im Anschluß an diese Aufarbeitung erfolgte die Bestimmung der Frischmasse für die Pflanzenorgane. Das frische Material wurde im nächsten Schritt grob zerkleinert und in Portionen von je 50 g für Folgeuntersuchungen bei -20 °C im Tiefkühlschrank eingefroren.
Um den Einfluß von Methoxychlor auf den Aminosäurepool der einzelnen oberirdischen Pflanzenteile zu klären (G1/98), war es außerdem notwendig ca. 3 g des Pflanzenmaterials in flüssigen Stickstoff zu gefrieren und zu lagern.
Weiterhin wurden für die Trockenmassebestimmung Aliquote jeder Pflanzenfraktion abgenommen.

3.2 Analytik

3.2.1 Trockenmasse und Stickstoffbestimmung

Zur Bestimmung der Trockenmasse erfolgte eine zwölfstündige Trocknung der Pflanzenaliquote bei 105 °C im Umlufttrockenschrank. Das trockene Material wurde anschließend gewogen, gemahlen und auf 0,5 mm gesiebt.
Mit den bei der Ernte ermittelten Frischmassen und der Trockenmasse des Aliquotes konnte die Gesamttrockenmasse der einzelnen Pflanzenteile berechnet werden. Sie war gleichermaßen Prüf- und Berechnungsmerkmal.

Zur Ermittlung des Trockenmasseanteils des Bodens diente ein Feuchte-Analyser (MA 30) der Firma SARTORIUS.
Der Gesamtstickstoffgehalt der Boden- und Pflanzenproben wurde mit Hilfe eines Elementaranalysators (ELEMENTAR vario EL) nach DIN/ISO – 10694 (August 1996) gemessen.

3.2.2 Pestizidanalytik

Die Analyse der Pestizidrückstände in den einzelnen Pflanzenteilen und im Boden verlief prinzipiell nach den in Abbildung 4 dargestellten Schritten.

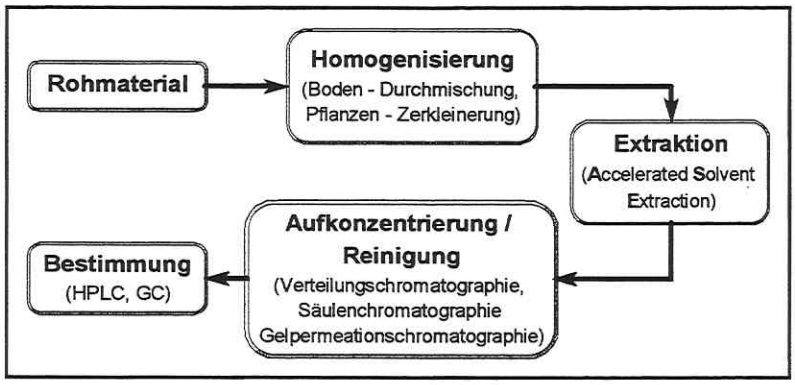


Abb. 4: Allgemeines Arbeitsschema zur Rückstandsanalytik

Aufgrund von Wiederfindungstests (Tab. 12) konnte sichergestellt werden, daß es dabei nicht zu Verlusten für die verwendeten Pestizide kam.
Im Fall der Pflanzenfraktionen von G1/98 wurde vor der Extraktion eine Gefriertrocknung des frisch aufgetauten Materials durchgeführt.

Extraktion

Die Extraktion der Boden- und Pflanzenmaterialien erfolgte mit Hilfe der Accelerated Solvent Extraction (ASE), bei der die entsprechenden Proben bei erhöhter Temperatur und erhöhtem Druck extrahiert werden. Die Extraktionsergebnisse sind mit denen der Soxhlet- bzw. Soxtec-Extraktion vergleichbar [POPP et al. 1997; SCHÄFER 1997]. Ein entscheidender Vorteil dieser Technik liegt in der enormen Zeitersparnis gegenüber den herkömmlichen Methoden, sowohl bei der Extraktion wie auch bei der nachfolgenden Aufarbeitung (geringe Rohextraktvolumina).

• Bodenproben

Zur Extraktion der Bodenproben wurden 10 g frisch aufgetauter Boden in einer ASE-Extraktionszelle (11 ml Volumen) eingewogen und mittels ASE extrahiert.

• Pflanzenproben

Die Extraktion der Pflanzenproben erfolgte ebenfalls mit Hilfe der ASE. Dazu wurde zerkleinertes Pflanzenmaterial (G1/97 – 20-30 g frisch aufgetaut; G1/98 – 5-10 g gefriergetrocknet) in ASE-Extraktionzellen (33 ml Volumen) eingewogen und in Anlehnung an die von SCHÄFER [1997] beschriebene Methode zweimal extrahiert.

In Abhängigkeit vom jeweiligen Pestizid wurden unterschiedliche Lösungsmittel verwendet. Die Extraktionsbedingungen für Boden und Pflanze sind in Tabelle 7 aufgeführt.

Tab. 7: ASE - Extraktionsbedingungen für Boden- und Pflanzenproben

	Boden	**Pflanze**
Probe	10 g (frisch)	20-30 g (G1/97 – frisch) 5-10 g (G1/98 – gefriergetrocknet)
Volumen der ASE-Zelle	11 ml	33 ml
Eluens (Vol:Vol)	Terbuthylazin: Dichlormethan : Aceton (1:1) Methoxychlor: n-Hexan : Aceton (1:1)	Terbuthylazin: Dichlormethan : Aceton (1:1) Methoxychlor: n-Hexan : Aceton (1:1)
Heat	5 min	5 min
Static	5 min	8 min
Flush	60 vol	60 vol
Purge	60 sec	60 sec
Cycles	1	2
Pressure	100 bar	100 bar
Temperature	100 °C	100 °C

Aufarbeitung der Rohextrakte

In diesem Arbeitsschritt erfolgte die Aufkonzentrierung sowie die Reinigung des Rohextraktes zur Entfernung störender Matrixbestandteile.

• Bodenproben

Bei der Aufarbeitung des Rohextraktes wurde im ersten Schritt das Restwasser mittels Na_2SO_4 (wasserfrei) entfernt, wobei der Rohextrakt über einen mit Natriumsulfat gefüllten Trichter in einen Spitzkolben abgelassen wurde.

Im Anschluß erfolgte ein Einengen des Extraktes bis fast zur Trockne im Vakuumrotationsverdampfer bei einer Badtemperatur von 40 °C. Das restliche Lösungsmittel wurde im seichten Stickstoffstrom verblasen und in einer definierten Menge des für den Folgeschritt geeigneten Lösungsmittels aufgenommen.

Der Bodenextrakt beider Pflanzenschutzmittel erforderte eine weitere Reinigung.

Die Aufreinigung erfolgte mittels Gelpermeationschromatographie (GPC). Das Prinzip der GPC besteht in der Trennung eines Stoffgemisches aufgrund unterschiedlicher Molekülgrößen der einzelnen Bestandteile. Die großen Moleküle werden im Unterschied zu den kleineren Molekülen nicht zurückgehalten während kleine Moleküle in die Poren der stationären Phase eindringen. Je kleiner das Molekül desto länger ist die Verweilzeit in dem aus geeigneten Polymeren bestehenden Gel.

Der pestizidhaltige Extrakt wurde in 5 ml eines Cyclohexan:Ethylacetat - Gemisches (1:1, V/V) aufgenommen und ein Aliquot von 2 ml in das GPC-System injiziert (Bedingungen siehe Tabelle 8).

Anschließend wurde das Lösemittelgemisch der gesammelten Pflanzenschutzmittelfraktion im Rotationsverdampfer bis fast zur Trockne entfernt, wiederum im N_2-Strom verblasen und in 1 ml Acetronitril (Terbuthylazin) für die Auftrennung mittels HPLC bzw. Isooctan (Methoxychlor) für die Auftrennung mittels GC aufgenommen.

Tab. 8: GPC - Parameter zur Aufreinigung der pestizidhaltigen Extrakte

Säulenmaterial	Bio-Beads, PSS-Gel (Fa. PSS)
Säulenparameter	20×300 mm, SDV 100A
Probenschleife	2 ml
Lösungsmittel	Cyclohexan : Ethylacetat (1:1)
Flußrate	2 ml/min
Vorlauf	28 min (Terbuthylazin) 29 min (Methoxychlor)
Sammlung	7 min (Terbuthylazin) 6 min (Methoxychlor)
Nachlauf	10 min

Um eine optimale Trennung der Pestizidfraktion von störender Matrix mittels des GPC-Systems zu ermöglichen wurden vor Beginn der Untersuchungen Tests mit Standardlösungen beider Pestizide durchgeführt. Über einen Zeitraum von 45 Minuten wurde pro Minute eine Fraktion abgenommen, welche im Anschluß vermessen wurde. Die in Tabelle 8 dargestellten Zeiten für Vorlauf, Sammlung und Nachlauf stellen das Optimum für die verwendeten Pflanzenschutzmittel dar.

• Pflanzenproben

Im ersten Schritt der Aufarbeitung wurde der Pflanzenrohextrakt der tiefgefrorenen, noch Wasser enthaltenden Pflanzenproben des G1/97 einer Verteilung zwischen einer wäßrigen, mit NaCl gesättigten und einer organischen Phase (Terbuthylazin - Dichlormethan; Methoxychlor - Hexan) unterzogen. Bei G1/98 entfiel dieser Schritt, da die Proben kein Wasser enthielten (Gefriertrocknung).

Die organische Phase wurde eingeengt und in Anlehnung an die von THIER und FREHSE [1986] beschriebene Methode auf eine chromatographische Säule (∅ = 20 mm) gegeben. Die Füllung dieser Säule bestand aus 8 g Al_2O_3 (mit 19 % Wasser desaktiviert) und einer 1 cm hohen Schicht Na_2SO_4 (wasserfrei). Im Folgenden wurde der Extrakt stufenweise mit 30 ml n-Hexan und im Anschluß mit 30 ml eines n-Hexan:Aceton - Gemisches (85:15, V/V) eluiert und im Vakuumrotationsverdampfer bei 40 °C eingeengt. Die weitere Reinigung erfolgte mittels GPC analog der im vorherigen Abschnitt beschriebenen Vorgehensweise (Tab. 8).

Die Pestizidfraktionen wurden nach der GPC-Reinigung erneut eingeengt, trockengeblasen und in 1 ml Lösungsmittel aufgenommen (Terbuthylazin - Acetonitril; Methoxychlor - Isooctan).

Quantitative Bestimmung der Pflanzenschutzmittel

Die quantitative Bestimmung der Pflanzenschutzmittel erfolgte mittels HPLC (Terbuthylazin) bzw. GC (Methoxychlor) unter Verwendung externer Standards.

• Terbuthylazin

Bei den Rückstandsuntersuchungen von Terbuthylazin kam ein HPLC-System der Firma KONTRON INSTRUMENTS zum Einsatz. Dabei handelte es sich um ein binäres Hochdruckgradientensystem mit UV-Detektor (UV 432).

Tab. 9: Bedingungen für die HPLC-Untersuchungen von Terbuthylazin

Säule	Ultra-Sep-ES PAK 6µm (Fa. SEPSERV) 125 × 2 mm; RP-18
Vorsäule	Ultra-Sep-ES PAK 6µm (Fa. SEPSERV) 10 × 2 mm; RP-18
Säulentemperatur	25 °C
Flußrate	0,4 ml/min
Gradient	Acetonitril : Wasser 65:35 auf 100% Acetonitril in 25 min 100% Acetonitril 2 min
Detektorwellenlänge	230 nm (UV)

• Methoxychlor

Für die quantitative Bestimmung von Methoxychlor in den Boden- bzw. Pflanzenproben wurde ein Kapillargaschromatographiesystem mit µ-ECD und splittlosem PTV-Einlaß (HEWLETT PACKARD; HP 6890) verwendet.

Tab. 10: Bedingungen für die GC-Untersuchungen von Methoxychlor

Trennsäule	Ultra 1 (HEWLETT PACKARD) ∅ 0,2 mm; Länge 25 m; Belegung 0,11 µm
Detektortemperatur	300 °C
Injektortemperatur	250 °C
Ofen - Temperaturprogramm	80 °C 1 min mit 20 °C /min auf 170 °C 170 °C 1 min mit 0,5 °C /min auf 172 °C 172 °C 1 min mit 30 °C /min auf 300 °C 300 °C 4 min

3.2.3 Aminosäureanalytik

Für die Bestimmung von Aminosäuren spielt deren Bindungszustand eine wesentliche Rolle. Allgemein wird zwischen freien Aminosäuren sowie löslichen (kurzkettigen) und unlöslichen (langkettigen) Proteinen unterschieden. Letztere stellen Polymere dar, bei denen Aminosäuren über Peptidbindungen verknüpft sind. Alle Proteine bestehen aus 20 verschiedenen (proteinogenen) Aminosäuren.

Um Aussagen über den Einfluß einer Pestizidanwendung auf den pflanzlichen Stickstoffhaushalt treffen zu können, wurden die Aminosäuremuster der einzelnen Pflanzenorgane von Sommergerste und Mais (G1/98) untersucht.

Bestimmung des Gesamtgehaltes an Aminosäuren

Die Bestimmung des Gesamtgehaltes an einzelnen Aminosäuren erfolgte in Anlehnung an die im Methodenbuch des VDLUFA [1988] beschriebene Arbeitsvorschrift. Mit dieser Methode können freie Aminosäuren ebenso erfaßt werden wie proteinogene.

Mittels Hydrolyse werden die Peptidbindungen der Proteine gespalten und so freie AS erhalten, die vermessen werden.

Mit Ausnahme von Tryptophan, welches durch die Hydrolyse abgebaut wird, eignet sich diese Vorschrift für alle anderen Aminosäuren. Zur Bestimmung von Methionin und Cystein muß ein zusätzlicher Arbeitschritt (Oxidation) durchgeführt werden, um eine quantitative Erfassung dieser Stoffe zu gewährleisten.

Aufarbeitung

Im ersten Schritt erfolgte die Homogenisierung des während der Ernte gewonnenen und in flüssigem Stickstoff tiefgefrorenen und gelagerten Pflanzenmaterials. Dabei wurden die Pflanzenteile unter flüssigem Stickstoff solange gemörsert bis die jeweilige Probe eine feinpulverige Konsistenz hatte. Anschließend wurde eine Mischprobe aus je 3 g der einzelnen Wiederholungen pro Variante, Pflanzenteil und Erntetermin hergestellt.

Zur weiteren Aufarbeitung erfolgte die Einwaage der Mischproben (250 mg TM) in 100 ml Pyrex-Glasflaschen.

Zur Analyse von Methionin und Cystein wurden 5 ml kalte Oxidationsmischung zum Pflanzenmaterial zugegeben, die Flasche verschlossen und für 24 h im Eisbad bei 0°C belassen. Die Oxidation wurde durch Zugabe von 0,9 g Natriumdisulfit abgebrochen.

Im nächsten Schritt erfolgte die Hydrolyse. Dazu wurde jede Probe (oxidiert oder noch unbehandelt) mit 50 ml Hydrolyselösung versetzt und die Glasflasche mit aufgelegtem Deckel bei 110 °C in einen Trockenschrank gestellt. Nach ca. 1h wurde das Gefäß fest verschraubt und für weitere 23-24 h im Trockenschrank belassen. Nach der Hydrolyse wurde im Eisbad abgekühlt, mit Pufferlösung quantitativ in ein Becherglas überführt und unter Kühlung und Rühren ca. 40 ml Natronlauge zugegeben, so daß sich ein pH-Wert von 2,20 einstellte. Mittels Pufferlösung erfolgte ein Überspülen des Inhaltes in einen 200 ml Meßkolben. Im Anschluß wurden 2 ml eines internen Standards (20 µmol Norleucin pro ml) zugegeben, bis zur Marke mit Pufferlösung aufgefüllt, gut umgeschüttelt und 50-100 ml durch ein Membranfilter (0,45 µm; Nitrozellulose) filtriert. Das Filtrat wurde nochmals auf seinen pH-Wert geprüft und gegebenenfalls wieder auf pH 2,20 eingestellt.

Tab. 11: Verwendete Chemikalien zur Aminosäurebestimmung [VDLUFA 1988]

Chemikalien	Verwendung
Wasserstoffperoxid, w = 30%	Oxidationsmischung
Ameisensäure, w = 98-100%	Oxidationsmischung
Phenol	Oxidationsmischung, Hydrolyselösung, Pufferlösung
tri-Natriumcitrat, $C_6H_5Na_3O_7 \times 2\ H_2O$	Pufferlösung
Thiodiglycol	Pufferlösung
Natriumdisulfit	Abbruch der Oxidation
Salzsäure, ρ = 1,19 g/ml	Hydrolyselösung, Pufferlösung
Natronlauge, c = 7,5 mol/l	Neutralisation
Natronlauge, c = 2mol/l	pH-Wert - Einstellung

Trennung und Bestimmung der Aminosäuren

Ein aliquoter Teil des Filtrates wurde in einen Aminosäureanalysator [LC 3000, Fa. EPPENDORF/BIOTRONIC] injiziert. Die Trennung der Aminosäuren erfolgte durch Elution mit Pufferlösungen verschiedenen pH-Wertes, das Eluat wurde kontinuierlich mit Ninhydrin-Reagenz versetzt und die Extinktion der blau-violett gefärbten Lösung photometrisch in einer Durchflußküvette gemessen. Die Extinktionsmessung für Prolin erfolgte bei 440 nm, die der anderen Aminosäuren bei 570 nm.

3.3 Auswertung

3.3.1 Wiederfindungstests, Nachweis- und Bestimmungsgrenzen

Zur Überprüfung der Eignung der gewählten Aufarbeitungs- bzw. Quantifizierungsschritte wurden für die Boden- und Pflanzenproben Wiederfindungstests durchgeführt (Tab. 12).

Für die chromatographischen Systeme (HPLC und GC) wurden mit dem Programm CHROMCALIB Version 2 [KRAMER 1990] die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen für die geprüften PSM bestimmt (Tab. 12). Das Programm erlaubt die Berechnung von linearen, quadratischen und kubischen Kalibrierfunktionen unter besonderer Berücksichtigung der aus den zufälligen Fehlern bei der Kalibrierung resultierenden Konfidenzintervalle. Durch eine einfache ANOVA kann die Eignung des gewählten Modells getestet werden [DEMING et al. 1979, LUTHARDT et al. 1987].

Tab. 12: Wiederfindungsraten und Nachweis- / Bestimmungsgrenzen für die verwendeten PSM aus Boden- und Pflanzenproben (n=6)

Pflanzenschutzmittel	Nachweis-grenze [µg/l]	Bestimmungs-grenze [µg/l]	Wiederfindung und Standardabweichung [%]			
			Boden	SD	Pflanze	SD
Terbuthylazin (HPLC, UV-Detektor)	15	22	94	1,6	97	1,4
Methoxychlor (GC, µ-ECD)	1	4	95	3	91	7,3

3.3.2 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit der univariaten und multivariaten Varianzanalyse (ANOVA, MANOVA) des Programmes STATISTICA 5.1 (StatSoft). Für die Ermittlung des Einflusses des Pestizidgehaltes in Pflanzen in Abhängigkeit von der Versuchsdauer und der Applikationsdosis auf den Trockenmasseertrag und den Stickstoffentzug wurde ein multipler Mittelwertsvergleich (n=4 [G1/97] bzw. n=3 [G1/98]; Tukey Test; α=5%) durchgeführt.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Wirkung von Terbuthylazin und Methoxychlor auf die Wasseraufnahme von Mais und Sommergerste

Alle Pflanzen benötigen Wasser als Baustoff, Lösungs-, Transport-, Quellungs- und Kühlmittel [SCHILLING 1982]. Der Wasserbedarf hängt von der Pflanzenart und den gegebenen Umweltbedingungen ab. Er steht in direktem Zusammenhang mit der Kohlendioxidassimilation der Pflanze und ist damit eng mit deren Stoffwechselaktivität verbunden. Die Höhe des Wasserbedarfs ist ein aussagekräftiges Kriterium für die Intensität des pflanzlichen Stoffwechsels. Aufgrund dessen wurde der Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf die Wasseraufnahme von Mais und Sommergerste untersucht.
Über den gesamten Versuchszeitraum von 120 Tagen erfolgte eine tägliche Protokollierung des Wasserverbrauches jedes Gefäßes. Dabei zeigten sich z.T. deutliche Unterschiede zwischen den Varianten, den verwendeten Böden sowie den Pflanzenarten.

Der tägliche Wasserbedarf von Mais über 120 Tage (G1/97) war stark von dem jeweiligen Boden abhängig (Abb. 5 und 6). Auch hinsichtlich der Wirkung der eingesetzten Pflanzenschutzmittel auf die Wasseraufnahme war die Bodenart der entscheidende Einflußfaktor.
Bezüglich des Wasserbedarfes waren bei Löß-Schwarzerde und bei Sand-Braunerde zwei verstärkte Aufnahmephasen (Schossen bzw. Rispenschieben - Milchreife) zu verzeichnen, die mit einem beschleunigten Wachstum in diesen Perioden korrelierten. Sie sind typisch für die Entwicklung bei Mais [SCHILLING 1982; FRANKE 1984].
Beim Vergleich beider Bodenarten wird deutlich, daß die Wasseraufnahme über die gesamte Versuchsdauer von auf Sand-Braunerde wachsenden Maispflanzen geringer und wesentlich flacher war als die der auf Löß-Schwarzerde wachsenden Pflanzen. Da sich auch hinsichtlich der Größen der Habitate zwischen beiden Böden deutliche Differenzen ergaben, muß davon ausgegangen werden, daß die Löß-Schwarzerde bessere Wachstumsbedingungen

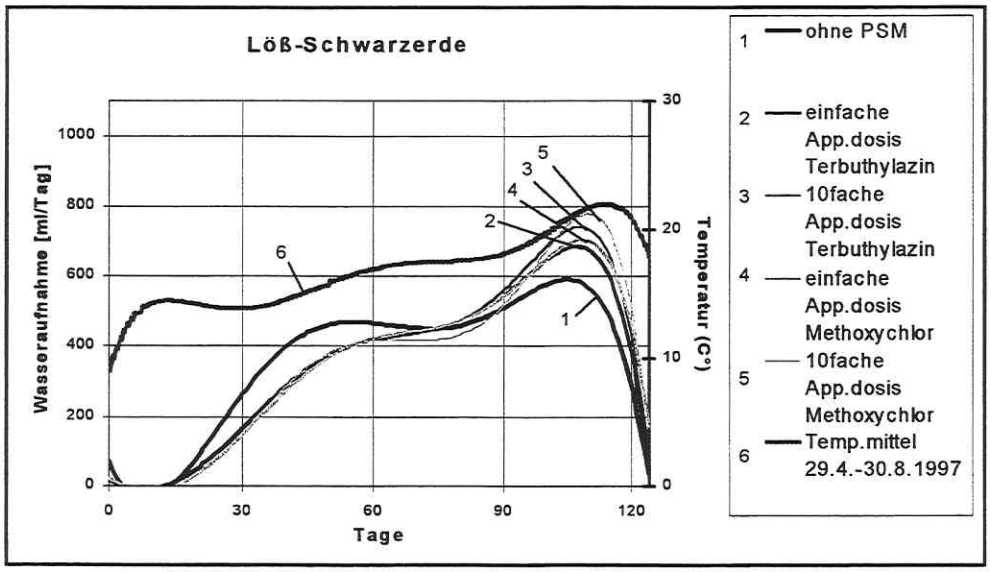


Abb. 5: Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf den täglichen Wasserverbrauch von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Löß-Schwarzerde

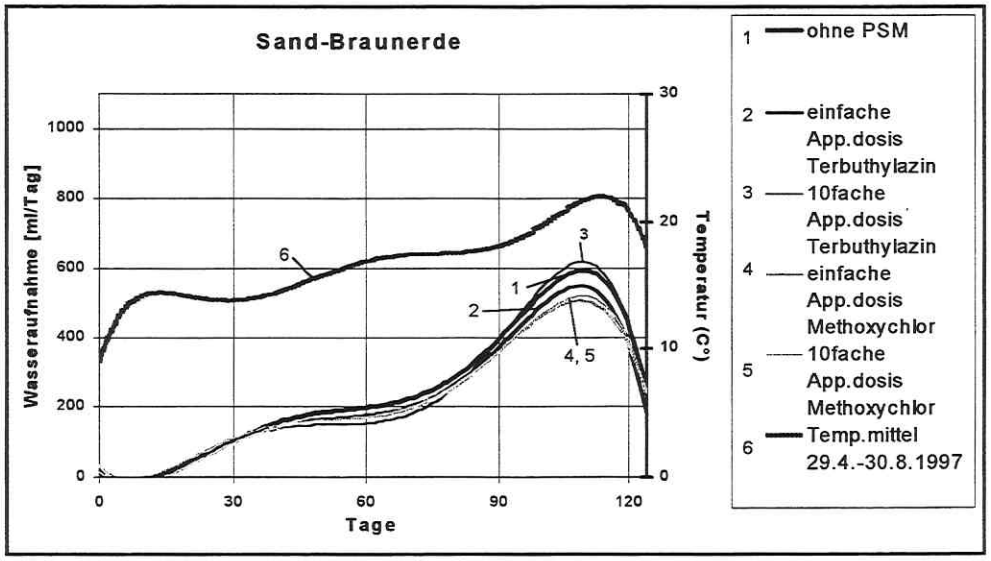


Abb. 6: Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf den täglichen Wasserverbrauch von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Sand-Braunerde

bezüglich der Bodeneigenschaften (Lagerungsdichte und Durchlüftung) bot. Ein Nährstoffmangel bei Sand-Braunerde kann ausgeschlossen werden, da die Pflanzen eine ausreichende Startdüngung erhielten und auch keine Mangelerscheinungen aufwiesen.

Während im Fall von Sand-Braunerde nur geringe Unterschiede in der täglichen Wasseraufnahme zwischen Pestizidvarianten und Kontrolle innerhalb des Versuchszeitraumes zu verzeichnen waren, zeigten sich bei Löß-Schwarzerde deutliche Änderungen. So kam es im Vergleich zur Kontrolle bei allen Gefäßen mit Pflanzenschutzmittelapplikation in der Periode des Schossens zu einer geringeren Wasseraufnahme. Möglicherweise ist dies mit einer Inhibierung des Wasserabsorptionsvermögens der Wurzel durch Terbuthylazin bzw. Methoxychlor zu erklären.

Im weiteren Versuchsverlauf glichen sich die Wasserverbräuche aller Varianten an, was auf eine Erholung der behandelten Maispflanzen deutet.

Die wesentlich erhöhte Wasseraufnahme in der zweiten Wuchsperiode (Rispenschieben - Milchreife) läßt die Schlußfolgerung zu, daß die eingesetzten Pestizide nach einer anfänglichen Inhibierung den pflanzlichen Stoffwechsel intensivierten. So zeigten alle Pestizidvarianten, besonders im Zeitraum von 100 bis 110 Tagen, einen deutlich größeren Wasserverbrauch als die Kontrollvariante. Dabei wiesen jeweils die Gefäße, bei denen die zehnfache Applikationsdosis des entsprechenden Pflanzenschutzmittels zu Einsatz kam, den höchsten Wasserbedarf auf (Abb. 5).

Ähnliche Resultate wurden auch in dem im Folgejahr durchgeführten Versuch (G1/98) gefunden (Anhang 7.2 Abb. 22A und 23A).

Während im Gefäßversuch G1/97 der Einfluß zweier unterschiedlicher Pflanzenschutzmittel (Terbuthylazin und Methoxychlor) auf Mais untersucht wurde, wurden in der darauffolgenden Versuchsanstellung (G1/98) die Reaktionen von zwei Nutzpflanzenarten (Mais und Sommergerste) auf Pestizidapplikation eines PSM (Methoxychlor) in unterschiedlichen Konzentrationen getestet.

Wie bei Mais, erwies sich auch im Fall der Sommergerste der Boden als wesentliche Einflußgröße (Abb. 7 und 8).

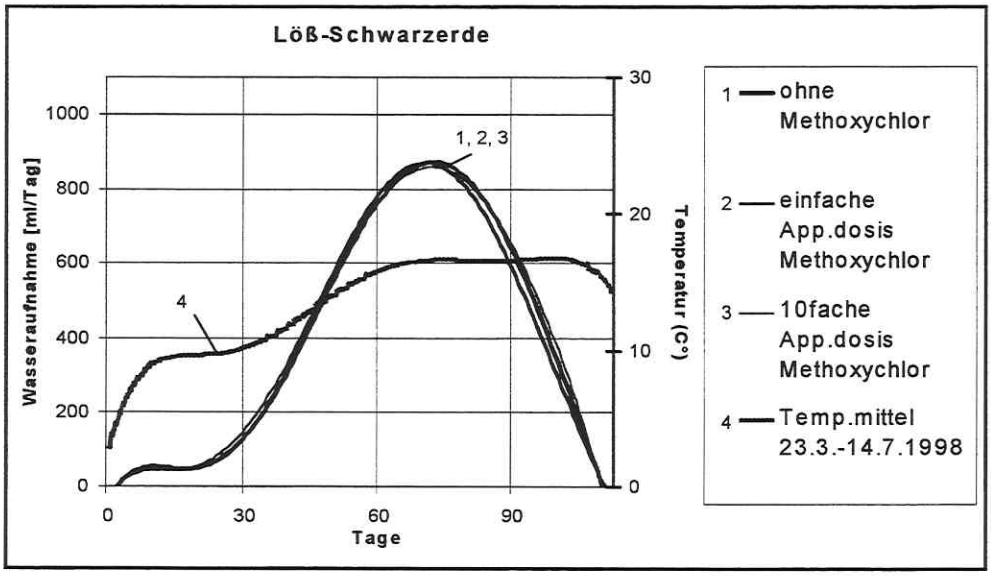


Abb. 7: Einfluß von Methoxychlor auf den täglichen Wasserverbrauch von Sommergerste in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde

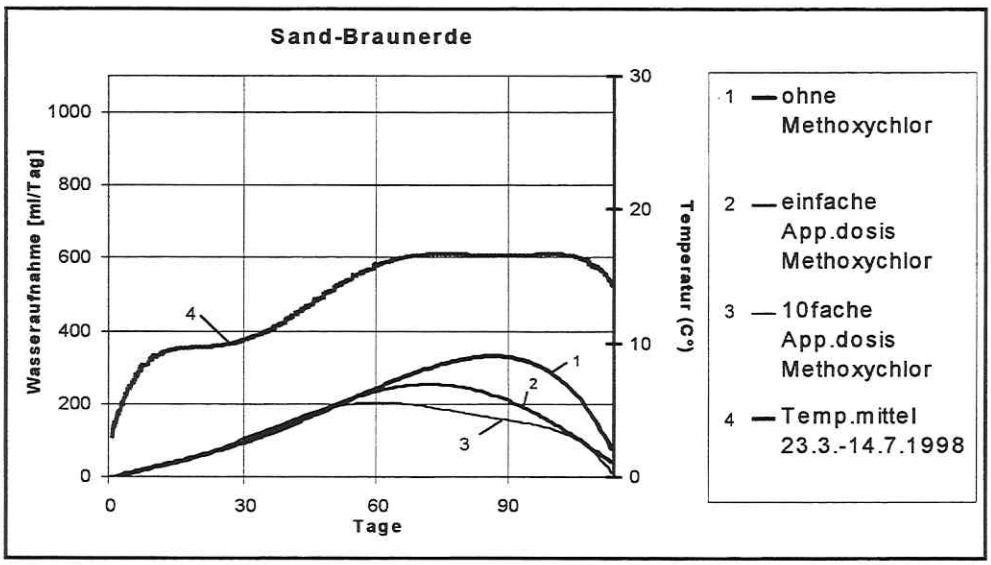


Abb. 8: Einfluß von Methoxychlor auf den täglichen Wasserverbrauch von Sommergerste in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Sand-Braunerde

Der Effekt der insgesamt geringeren Wasseraufnahme bei Sand-Braunerde konnte ebenfalls festgestellt werden. Darüber hinaus zeigten sich deutliche Unterschiede im Wasseraufnahmeverhalten zwischen beiden Pflanzenarten, zum einen im Verlauf und zum anderen in der Reaktion auf Pflanzenschutzmittel (Abb. 7 und 8).
Bei der auf Löß-Schwarzerde wachsenden Sommergerste zeigten sich keine Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten hinsichtlich des Wasserverbrauches. Dieser Boden besitzt einen hohen Anteil an Ton und organischer Bodensubstanz welche als Senke für Pflanzenschutzmittel wirkt. Die Methoxychlormoleküle wurden immobilisiert und zeigten somit nur eine verminderte bzw. keine Wirkung auf die Pflanze.
Da Sand-Braunerde einen wesentlich geringeren Gehalt an Ton und organischer Bodensubstanz aufwies und damit das PSM kaum festgelegt wurde, konnte das Pestizid durch die Wurzeln aufgenommen werden. Es traten merkliche Inhibierungserscheinungen auf, die mit ansteigender Methoxychlorkonzentration zunahmen. Dies äußerte sich in einem reduziertem Wasserverbrauch und einem Kümmerwachstum.

Die Wasseraufnahme von Sommergerste und Mais unterschied sich wesentlich.
Während sich auf Löß-Schwarzerde bei Mais deutliche Differenzierungen in der Wasseraufnahme der Varianten über den Versuchszeitraum hinweg zeigten, kam es bei Sommergerste zu keiner Änderung im Wasserverbrauch. Eine mögliche Erklärung dafür ist, daß die Wurzelexsudate von Mais in der Lage waren, die Bodenpartikel aufzuschließen, an welchen das Pestizid gebunden vorlag und dieses durch die eintretende Milieuänderung in der Rhizosphäre mobilisiert sowie aufgenommen wurde.
Weiterhin besaß Mais gegenüber dem Insektizid Methoxychlor eine größere Toleranz als Sommergerste, was anhand der Verläufe des Wasserverbrauchs bei Sand-Braunerde für beide Pflanzenarten deutlich wurde.
Die Umgebungstemperatur (Abb. 5, 6, 7, 8 sowie Anhang 7.2 Abb. 22A und 23A) spielte für die durchgeführten Gefäßversuche (G1/97 und G1/98) nur eine untergeordnete Rolle. Sie beeinflußte in geringem Umfang die Höhe der Wasseraufnahme durch die Pflanze aber nicht den Verlauf.

Nach dem momentanen Kenntnisstand wurden bisher keine Studien zum Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf die Wasseraufnahme von Kulturpflanzen durchgeführt.

Die Erfassung des Wasserbedarfs von Pflanzen über einen bestimmten Zeitraum ist eine geeignete Methode zur Identifikation stoffwechselbeeinflussender Prozesse.
Für Untersuchungen zum Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf die Wasseraufnahme von Mais und Sommergerste konnte so ein Überblick bezüglich des Eintretens, der Dauer und der Intensität des Pestizideinflusses auf die Versuchspflanzen gewonnen werden. Eine Übertragung der Ergebnisse in Hinblick auf eine Abschätzung des Wasserbedarfs von Nutzpflanzen unter praxisnahen Bedingungen ist jedoch nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich, da natürliche Umweltbedingungen in den Gefäßversuchen nicht berücksichtigt wurden und auch nicht Ziel der Untersuchungen waren.

4.2 Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf die Entwicklung von Maispflanzen (Versuchsserie 1 - G1/97)

Das Ziel der ersten Versuchsserie - G1/97 bestand in der Untersuchung des Einflusses des Herbizides Terbuthylazin und des Insektizides Methoxychlor in unterschiedlicher Applikationsdosis sowie der Bodenart auf die Entwicklung von Maispflanzen.
Neben dem Wasserverbrauch wurden insbesondere mögliche Änderungen bei der Trockenmassebildung und der Stickstoffaufnahme betrachtet. Weiterhin erfolgte eine Erfassung der Rückstandskonzentrationen des jeweiligen Pflanzenschutzmittels in den einzelnen Pflanzenteilen und im Boden.

4.2.1 Trockenmassebildung und Stickstoffaufnahme von Mais bei Terbuthylazin- und Methoxychlorapplikation

Um Aussagen bezüglich der Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Kulturpflanzen treffen zu können, ist die Erfassung von Trockenmasseertrag sowie der Stickstoffaufnahme der Pflanze unabdingbar. Beide Größen geben Hinweise auf die Intensität des pflanzlichen Stoffwechsels. Der Vergleich von Trockenmasse und N-Aufnahme von behandelten und unbehandelten Pflanzen läßt Schlußfolgerungen auf positive oder negative Einflüsse der PSM zu.
Arbeiten zum Einfluß von Pestiziden auf Nutzpflanzen [SOMDA et al. 1991; THAKUR et al. 1988; LADONIN et al. 1980; FEDTKE 1972 u.a.] zeigten, daß Trockenmassebildung und Stickstoffaufnahme besonders von der Pflanzenart, dem eingesetzten Pflanzenschutzmittel bzw. dessen Konzentration abhängig sind. Der Einfluß der Bodenart wurde dabei zumeist vernachlässigt.
Wie die durchgeführten Untersuchungen belegen, ist jedoch der Boden eine weitere, wichtige Einflußgröße. Die Bedeutung der Bodenart für die Trockenmassebildung von Mais geben die Abbildungen 9 und 10 wieder.

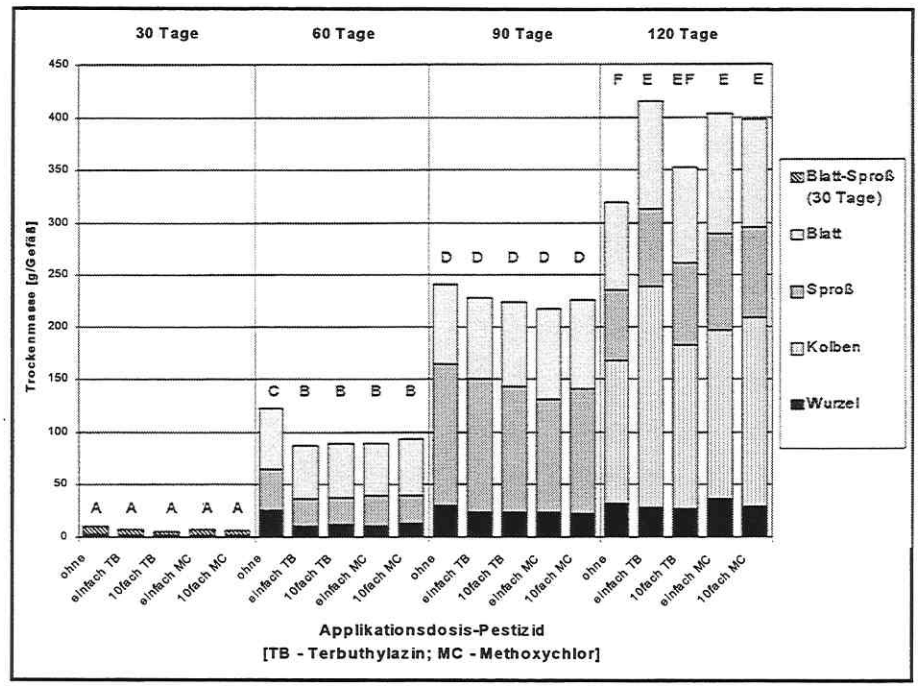


Abb. 9: Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf die Trockenmassebildung von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Löß-Schwarzerde*

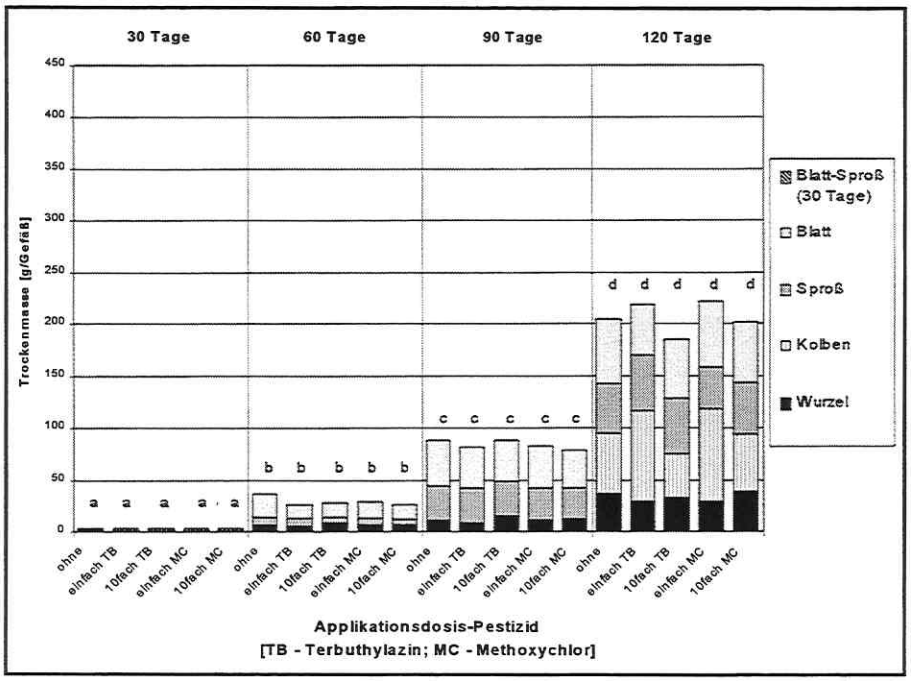


Abb. 10: Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf die Trockenmassebildung von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Sand-Braunerde*

* unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0{,}05$

Analog der Unterschiede im Wasserverbrauch der Maispflanzen zwischen beiden Böden waren auch deutliche Differenzierungen in der Trockenmassebildung zu verzeichnen. So lagen diese nach 120 Tagen (höchste TM) bei Löß-Schwarzerde um fast das Doppelte über denen von Sand-Braunerde.

Im Vergleich zur Nullvariante auf Löß-Schwarzerde waren nach 60 Tagen (Periode des Schossens) bei allen Pestizidvarianten signifikante Trockenmassedepressionen, vor allem bei Maiswurzeln, festzustellen. In der darauffolgenden Ernte (90 Tage) lagen alle TM-Erträge auf einem Niveau. Die deutlichsten Differenzen zwischen behandelten und unbehandelten Pflanzen zeigten sich am Ende des Entwicklungsstadiums von Mais (120 Tage). Insbesondere die Maiskolben der Pestizidvarianten hatten einen höheren Trockenmasseertrag als die Nullvariante.

Während für die ersten drei Ernten kaum oder keine Einflüsse von PSM-Art und Applikationsdosis verzeichnet werden konnten, wurden diese nach 120 Tagen im Gefäßversuch 97 (Löß-Schwarzerde) deutlich. Hier wiesen die mit normaler Applikationsdosis des Pestizides behandelten Maispflanzen die höchsten Erträge auf. Die mit Terbuthylazin behandelten Maispflanzen erreichten dabei das Maximum. In der Variante mit der zehnfachen Menge dieses Herbizides wurde der geringste TM-Anstieg im Vergleich zur Kontrolle festgestellt. Eine mögliche Erklärung dafür ist, daß die optimale Triazinkonzentration (normale Applikationsdosis) für die Stimulierung der Trockenmassebildung überschritten war, was sich in einer Verringerung des Trockenmasseertrages gegenüber der praxisüblichen Dosis äußerte.

Die Trockenmasseerträge der beiden Methoxychlorvarianten unterschieden sich nur geringfügig voneinander. Dieser Effekt ist auf die schlechte Wasserlöslichkeit des Insektizides zurückzuführen. Aufgrund der geringen Löslichkeit wurden anstelle von toxischen Wirkungen auf die TM-Bildung stimulierende Einflüsse (höhere TM der Methoxychlorvarianten gegenüber der Kontrolle) beobachtet. Eine Wachstumsstimulation von Pflanzen bei Verwendung subletaler Herbizid-konzentrationen konnten auch WIEDMAN und APPLEBY [1972] feststellen.

Im Gegensatz zur Löß-Schwarzerde wurden bei Sand-Braunerde neben einer verringerten Biomasseproduktion nur geringfügige, nicht signifikante Einflüsse der Pflanzenschutzmittel auf den Trockenmasseertrag ermittelt. Zum Erntezeitpunkt nach 120 Tagen zeigten sich jedoch im Trend bei der Trockenmassebildung für die

zehnfache Applikationsmenge der Pestizide Mindererträge. Sie deuten auf eine inhibierende Wirkung der PSM, bedingt durch ihre hohe Konzentration und geringe Sorption im Boden. Im Fall der praxisüblichen PSM-Aufwandmengen konnte eine nichtsignifikante Erhöhung der Trockenmasse gefunden werden. Die allgemein schlechtere Gesamtentwicklung der Maispflanzen auf Sand-Braunerde (hohe Lagerungsdichte) und die damit in Verbindung stehende verringerte Biomasseproduktion sind als Ursachen für die nicht signifikanten Änderungen in der TM-Bildung bei den Pestizidvarianten gegenüber der Kontrolle zu sehen.

Anhand des Stickstoffentzuges der Versuchpflanzen zum Zeitpunkt der Zwischenernten (Anhang 7.2 Abb. 28A und 29A) konnten Störungen der N-Aufnahme zu Beginn der Entwicklung (Löß-Schwarzerde – nach 30 Tagen; Sand-Braunerde – nach 60 Tagen) bei den Pestizidvarianten festgestellt werden. Die darauffolgenden Ernten deuten auf eine Erholung des pflanzlichen Stickstoffhaushaltes. Nach 120 Tagen war analog zum Trockenmasseertrag der Einfluß der PSM-Behandlung auf den N-Entzug sowohl bei Löß-Schwarzerde als auch bei Sand-Braunerde am größten (Abb. 11). Auch hier ließ sich feststellen, daß die in der Praxis übliche Applikationsdosis von Terbuthylazin die stärkste Wirkung auf den Stickstoffentzug der Gesamtpflanzen hatte. Nur bei dieser Variante konnte auch auf Löß-Schwarzerde ein signifikanter Anstieg gegenüber der Kontrolle registriert werden. Die Verwendung der zehnfachen Menge dieses Herbizides führte bei beiden Böden nicht zu einer Erhöhung des N-Entzuges. Eine Abhängigkeit der Stickstoffaufnahme von Mais bei unterschiedlichen Methoxychlordosen für die Bodenarten wurde nicht gefunden.
Im Unterschied zu den Ergebnissen der Trockenmassebildung zeigte sich bei Sand-Braunerde ein deutlicher Trend zur stimulierten Stickstoffaufnahme bei Pflanzenschutzmittelapplikation. Weiterhin kam es zu z.T. großen Differenzen zwischen den N-Entzügen der einzelnen Organe (Sproß, Wurzel und Kolben) der Varianten. Diese Änderungen in den Stickstoffgehalten der Pflanzenfraktionen erlaubt die Schlußfolgerung, daß die eingesetzten Pflanzenschutzmittel einen Einfluß auf den Stoffwechsel bzw. den Stickstoffhaushalt von Mais besitzen. Dieser äußerte sich z.T. in einer Umverteilung der stickstoffhaltigen Inhaltsstoffe innerhalb der Pflanze. Der Einfluß der Bodenart auf die Wirkung der Pestizide wird dadurch

belegt, daß im Gegensatz zu Sand-Braunerde bei Löß-Schwarzerde keine stärkeren Differenzen in der Stickstoffaufnahme der einzelnen Organe auftraten.

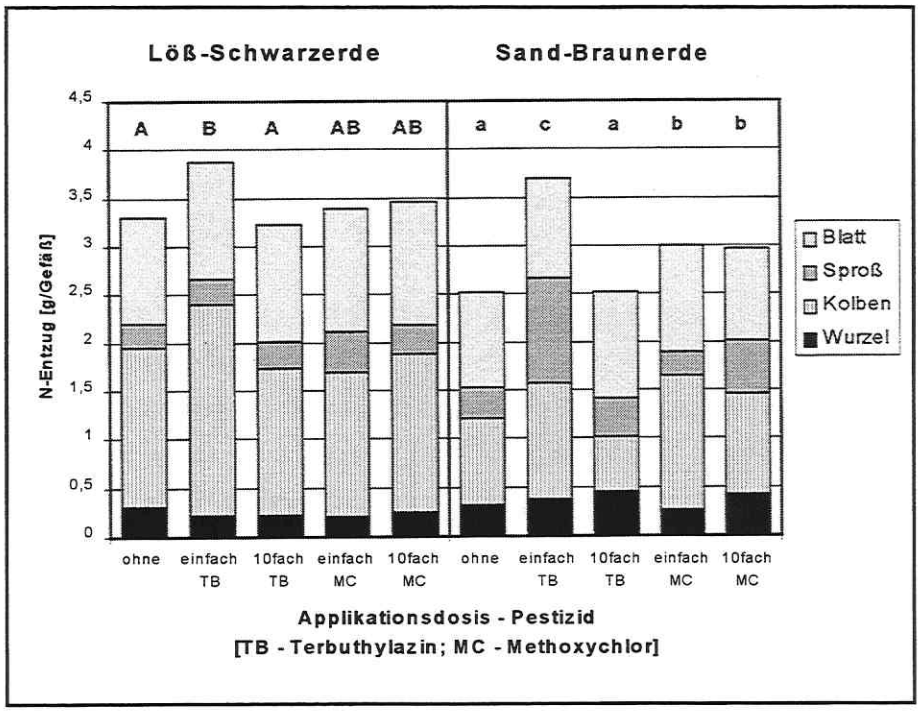


Abb. 11: Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf den Stickstoffentzug von Mais nach 120 Tagen in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde*

Die unterschiedliche Verfügbarkeit der Pflanzenschutzmittel für die Pflanzen in beiden Bodenarten ist der Grund für die auftretenden Änderungen im Stickstoffentzug und in der Trockenmassebildung. Hierbei spielt der Gehalt an Ton und organischer Bodensubstanz, wie im Abschnitt 4.1 erwähnt, eine entscheidende Rolle (siehe auch Abschnitt 4.2.2).

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen war ersichtlich, daß keine lineare Abhängigkeit zwischen Trockenmasseertrag und Stickstoffentzug besteht. Diese Aussage wird auch in der Literatur bestätigt [SOMDA et al. 1991; THAKUR et al. 1988; THAKRE et al. 1972 u.a.].

Die Resultate der Versuchserie 1 (G1/97) zeigten, daß für das Verhältnis von TM-Bildung und N-Aufnahme das verwendete Pestizid, dessen Applikationsdosis und die Bodenart bzw. deren Gehalt an organischer Substanz die entscheidenden

* unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0{,}05$

Einflußfaktoren sind. Dabei kann es je nach PSM-Verfügbarkeit sowohl zu stimulierenden als auch zu inhibierenden Effekten in der Trockenmassebildung bzw. im Stickstoffhaushalt der Pflanze kommen.

4.2.2 Rückstände der Pflanzenschutzmittel in Mais

Zur Validierung der im Abschnitt 4.2.1 getroffenen Aussagen zum Einfluß von PSM auf Trockenmassebildung und Stickstoffaufnahme von Mais, war es notwendig, Rückstandsanalysen für die verwendeten Pflanzenschutzmittel durchzuführen.
Die Abbildungen 12 und 13 gibt die Aufnahme der verwendeten Pestizide durch Mais (Gesamtpflanze) zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten für Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde wieder.
Aus beiden Grafiken ist ersichtlich, daß die Terbuthylazin- bzw. Methoxychloraufnahme im Fall der zehnfachen Applikationsdosis nach 120 Tagen auf beiden Bodenarten jeweils ein Maximum gleicher Größenordnung erreichte. Dieses Maximum war vom Pestizid abhängig und stellte deren maximale Aufnahme durch Mais für die im Abschnitt 3.1 beschriebene Versuchsanstellung dar.
Für die Variante mit der zehnfachen Menge an Pflanzenschutzmittel lag die Gesamtpestizidaufnahme nach 30, 60 und 90 Tagen auf Löß-Schwarzerde immer deutlich über den Entzügen auf Sand-Braunerde. Dieser Effekt läßt sich mit der schlechteren und verzögerten Gesamtentwicklung des auf Sand-Braunerde gewachsenen Mais für diesen Zeitraum erklären, die sich auch in der Trockenmassebildung ausdrückte (Tab. 13 und Abschnitt 4.2.1). Ein weiterer wichtiger Grund waren auftretende Metabolisierungen bzw. Abbauprozesse der verwendeten Pflanzenschutzmittel.
Abbaureaktionen finden häufig bevorzugt in leichten Böden statt. Da diese Böden wesentlich luftdurchlässiger sind und zumeist ein geringeres Adsorptionsvermögen haben, kann hier ein schnellerer Abbau der Pestizide durch biologische und chemische Prozesse erfolgen, als bei schwereren Böden (gleicher Wassergehalt, gleiche Temperatur und Nährstoffversorgung vorausgesetzt) [WILD und WENDLER 1995; NORDMEYER et al. 1991].

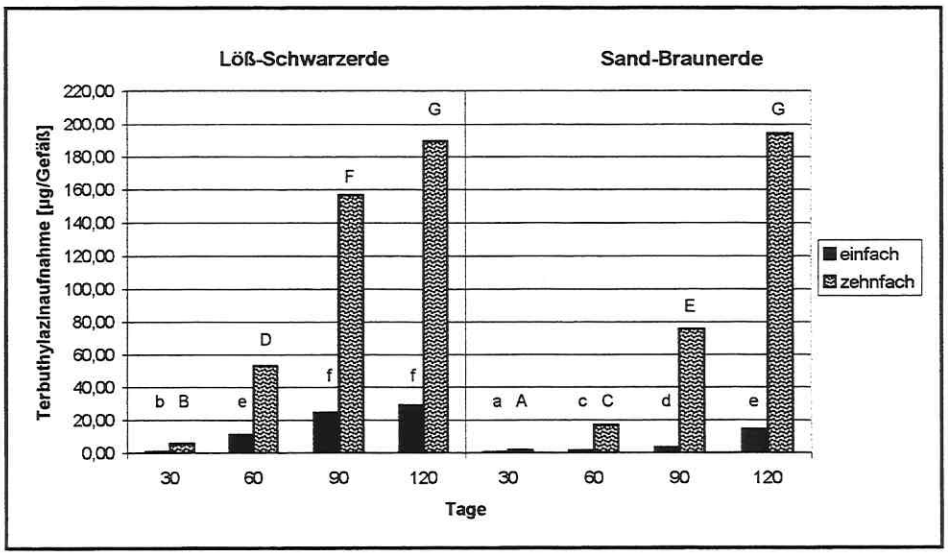


Abb. 12: Einfluß der Bodenart auf die Aufnahme von Terbuthylazin durch Mais (Gesamtpflanze) zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/97)*

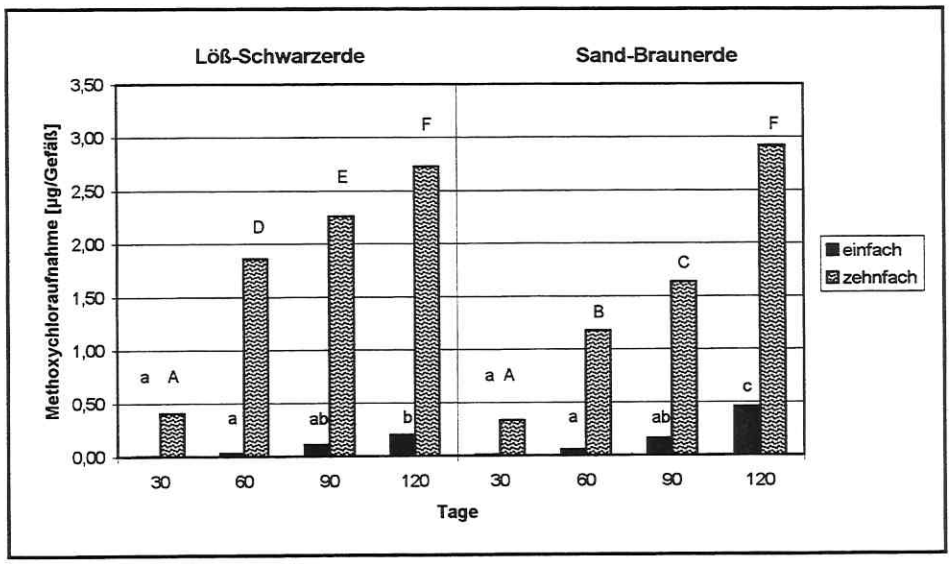


Abb. 13: Einfluß der Bodenart auf die Aufnahme von Methoxychlor durch Mais (Gesamtpflanze) zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/97)*

* unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0{,}05$

Im Fall der einfachen Applikationsdosis des Herbizides Terbuthylazin bei Sand-Braunerde, waren solche Metabolisierungen wahrscheinlich [LEITA et al. 1996; GAYLER et al. 1995; SCHROLL et al. 1992; NORDMEYER et al. 1991; BOWMAN 1989; BURKHARD und GUTH 1981]. Auftretende Metabolisierungsreaktionen, begünstigt durch die gute Abbaubarkeit, Löslichkeit und geringe Sorption des Herbizides bei Sand-Braunerde, erklären die deutlichen Differenzen der Aufnahme zwischen beiden Bodenarten.

Bei Verwendung der in der Praxis üblichen Menge an Methoxychlor zeigte sich dagegen ein anderer, bereits erwähnter Einflußfaktor auf die Aufnahme. Hier beeinflußte der unterschiedliche Ton- und organische Kohlenstoffgehalt der Böden (Abschnitt 3.1.2, Tab. 5) die Insektizidaufnahme durch die Pflanze. Das gute Sorptionsvermögen und die geringe Wasserlöslichkeit bzw. Mobilität des Stoffes, welche sich aus dessen chemischer Struktur erklären, sind als Ursachen für die auftretenden Unterschiede in der Insektizidaufnahme durch Mais auf beiden Böden zu sehen.

HEINRICH [1998] konnte bei Untersuchungen zum Einfluß der organischen Substanz des Bodens auf den Boden/Pflanzen-Transfer von Organochlorpestiziden eine negative Korrelation zwischen CKW-Aufnahme und C_{org}-Gehalt des Bodens feststellen. Dies heißt, daß mit Anstieg des organischen Kohlenstoffgehaltes im Boden die Mobilität und damit auch die Verfügbarkeit des Pestizides für die Pflanze sinkt. Auch andere Autoren [BLUME 1990; MOUVET et al. 1994; HAMAKER und THOMPSON 1972] gehen mit dieser Aussage konform. Nach HEINRICH [1998] besitzt auch die Bodenart einen signifikanten Einfluß auf den Pestizidaufnahme. Deshalb muß bei Untersuchungen zur Abhängigkeit der PSM-Aufnahme von der Bodenart neben dem organischen Kohlenstoffgehalt auch der Tongehalt berücksichtigt werden. So stellte SCHULZ [1999] fest, daß bei gleicher Versuchsanstellung das Insektizid Methoxychlor einen zehnmal höheren Anreicherungsfaktor in der Tonfraktion des Bodens aufwies als Lindan. SCHULZ [1999] begründete diesen Effekt mit der unterschiedlichen Wasserlöslichkeit beider Stoffe, welche im Fall von Methoxychlor wesentlich geringer war als bei Lindan.

Neben der Erfassung der Pestizidaufnahme in Abhängigkeit von der Bodenart war besonders der Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf den Stoffwechsel der Pflanze von Relevanz. Durch die Gegenüberstellung von PSM-Restgehalt und

Trockenmasseertrag bzw. Stickstoffentzug können Zusammenhänge gezeigt werden. In Tabelle 13 sind diese genannten Größen von Mais (Gesamtpflanze) für die einzelnen Varianten, die durchgeführten Ernten und die verwendeten Böden zusammengefaßt.

Tab. 13: Mittlerer Trockenmasseertrag, Stickstoffentzug und Pestizidaufnahme (n=4) von Mais (Gesamtpflanze) zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde in einem Gefäßversuch

		Löß-Schwarzerde			Sand-Braunerde		
Ernte	**Variante**	**TM [g/Gefäß]**	**N-Entzug [g/Gefäß]**	**PSM-Aufnahme [µg/Gefäß]**	**TM [g/Gefäß]**	**N-Entzug [g/Gefäß]**	**PSM-Aufnahme [µg/Gefäß]**
30 Tage	Kontrolle	11,0	0,555	-	3,5	0,193	-
	einfach TB	7,1	0,350	0,556	3,2	0,161	0,238
	10fach TB	5,4	0,272	5,818	3,2	0,181	1,745
	einfach MC	7,6	0,368	0,004	3,3	0,185	0,009
	10fach MC	6,4	0,305	0,403	3,6	0,195	0,330
60 Tage	Kontrolle	122,6	2,086	-	36,4	1,086	-
	einfach TB	86,8	2,055	11,146	26,3	0,817	1,327
	10fach TB	88,7	2,077	52,902	28,0	0,872	16,795
	einfach MC	89,5	2,202	0,032	28,7	0,966	0,056
	10fach MC	93,9	2,171	1,860	26,3	0,895	1,172
90 Tage	Kontrolle	240,7	2,461	-	88,2	1,893	-
	einfach TB	227,8	2,349	24,560	81,8	2,035	3,254
	10fach TB	223,8	2,610	156,554	88,1	1,909	75,408
	einfach MC	217,5	2,774	0,110	83,3	1,821	0,160
	10fach MC	225,9	2,575	2,258	78,9	1,703	1,632
120 Tage	Kontrolle	319,2	3,303	-	204,4	2,520	-
	einfach TB	414,8	3,874	28,909	219,0	3,695	14,236
	10fach TB	352,5	3,229	189,251	185,1	2,523	193,877
	einfach MC	402,6	3,398	0,198	221,6	3,000	0,451
	10fach MC	397,4	3,473	2,727	201,3	2,969	2,919

Wie aus der Tabelle ersichtlich, ergaben sich anhand der Pestizidrückstände in den Maispflanzen nicht gleichzeitig Einflüsse auf die Trockenmassebildung und den N-Entzug. Dieser Einfluß hängt von verschiedenen Faktoren ab und wurde bereits im Abschnitt 4.2.1 diskutiert.

Beim Vergleich von PSM-Restgehalt mit dem TM-Ertrag und Stickstoffentzug für die einzelnen Pflanzenorgane können jedoch Schlußfolgerungen hinsichtlich der Wirkung der eingesetzten Pestizide auf obengenannte Größen gezogen werden.

In Abbildung 14 ist am Beispiel von Maisblatt und Maiskolben der Restgehalt von Terbuthylazin, bei praxisüblicher und zehnfacher Applikation, dem Trockenmasseertrag und dem Stickstoffentzug für Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde nach 120 Tagen gegenübergestellt.

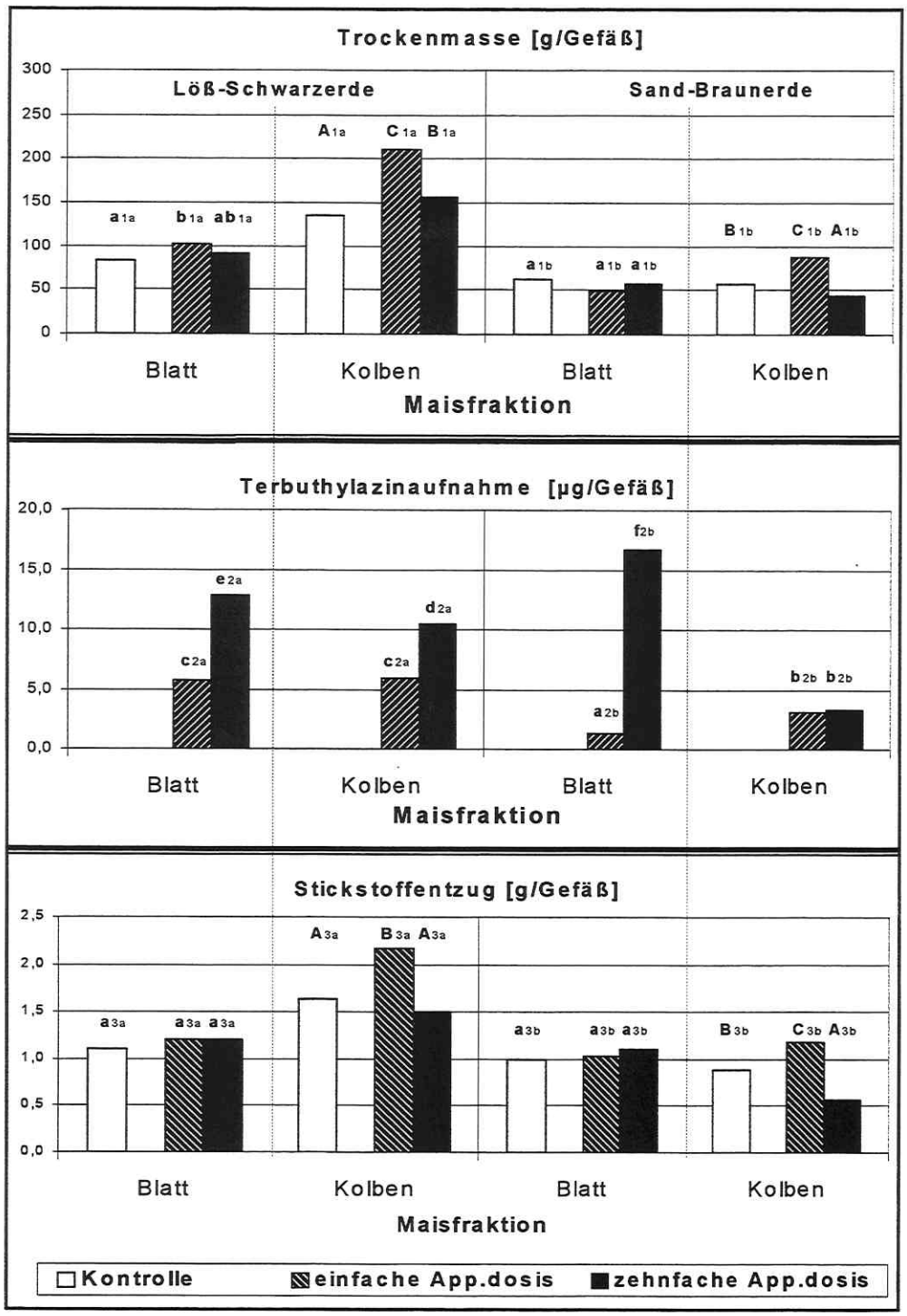


Abb. 14: Trockenmasseertrag (1), Terbuthylazinaufnahme (2) und Stickstoffentzug (3) von Maisblatt und -kolben nach 120 Tagen auf Löß-Schwarzerde (a) und Sand-Braunerde (b) im Gefäßversuch (G1/97)*

* unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0{,}05$

Es ist erkennbar, daß für die Blätter bei zehnfacher Applikationsdosis stets eine signifikant höhere Herbizidaufnahme gegenüber der praxisüblichen Menge festzustellen war. Auch im Vergleich zum Maiskolben lag die Terbuthylazinaufnahme der Blätter zumeist darüber oder zumindest auf einem Niveau, mit Ausnahme der einfachen Applikationsvariante bei Maisblatt auf Sand-Braunerde. Trotz der erheblichen Differenzen der Restkonzentrationen des Triazins in den Blättern zeigten sich sowohl im Trockenmasseertrag als auch im Stickstoffentzug keine größeren Unterschiede bzw. Einflüsse.

Bei Maiskolben auf Löß-Schwarzerde fand sich beim Vergleich der PSM-Aufnahme von einfacher und zehnfacher Aufwandmenge ein Verhältnis von 1:2. Im Fall von Sand-Braunerde wurden dagegen gleiche Entzüge für die Varianten festgestellt.

Im Unterschied zum Maisblatt zeigten sich beim Kolben Änderungen in der TM-Bildung und im Stickstoffentzug. Im Allgemeinen war bei Verwendung der einfachen Terbuthylazindosis ein signifikanter Anstieg dieser Größen für beide Bodenarten festzustellen. Dagegen lagen die Werte für die zehnfache Pestizidmenge immer unterhalb der der einfachen Variante und bei Sand-Braunerde auch unterhalb der der Nullvariante.

Anhand der Gegenüberstellung (Tab. 13) läßt sich schlußfolgern, daß Restgehalte von Pflanzenschutzmitteln in den einzelnen Organen nur bedingt ausschlaggebend für deren Trockenmasseertrag bzw. Stickstoffentzug sind, was am Beispiel des Maisblattes aus Abb. 14 deutlich wurde.

Allerdings kann der Pestizidgehalt einen z.T. erheblichen Einfluß auf Stoffwechselprozesse der lebenswichtigen Pflanzenorgane (z.B. Blatt) haben, so daß sich dieser aufgrund von Anregung oder auch Störung auf andere Organe (z.B. Maiskolben) auswirken kann und sich in Änderungen der TM und des N-Gehalts ausdrückt. Neben den im vorigen Abschnitt getroffenen Aussagen ist diese Folgerung ein weiterer Aspekt hinsichtlich des PSM-Einflusses auf die Trockenmassebildung und den Stickstoffentzug von Pflanzen.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß im Rahmen der Untersuchungen zur Ermittlung der Rückstandskonzentrationen nur der Wirkstoff (Terbuthylazin und Methoxychlor) selbst quantitativ analysiert wurde. Es ist jedoch denkbar, daß

Abbauprodukte der entsprechenden Pestizide ebenfalls einen Einfluß auf den Stoffwechsel von Pflanzen haben.

Eine Überschreitung der zulässigen Toleranzwerte für Terbuthylazin und Methoxychlor in den Pflanzen konnte bei Verwendung der praxisüblichen Applikationsdosis nicht festgestellt werden. Verursacht durch die geringe Löslichkeit und Mobilität des Insektizides wurde die gesetzlich zulässige Höchstmenge auch bei der zehnfachen Aufwandmenge nicht erreicht (Tab. 14). Alle oberirdischen Pflanzenteile von Mais wiesen nur sehr geringe Methoxychlorrückstände auf. Der Einsatz der zehnfachen Terbuthylazindosis führte hingegen zu einer deutlichen Überschreitung des Grenzwertes bei den oberirdischen Organen (Tab. 14). Besonders das Maisblatt wies einen hohen Herbizidrückstand auf. Lediglich die Restkonzentrationen im Maiskolben lagen unter der zulässigen Höchstmenge.

Bei einer sachgemäßen Anwendung beider Pflanzenschutzmittel ist die Einhaltung der vorgeschriebenen zulässige Wirkstoffkonzentration möglich. Insbesondere bei Applikation von Terbuthylazin ist jedoch auf eine vorschriftsmäßige Ausbringung zu achten.

Tab. 14: Toleranzwerte [PERKOW et al. 1996] und mittlere Pestizidrückstände (**mg/kg TM**; n=4) in Mais bei zehnfacher Applikationsdosis nach 120 Tagen im Gefäßversuch (G1/97)

Pestizid	zulässige Höchstmenge	oberirdische Organe		Blatt		Kolben	
		LSE*	SBE*	LSE*	SBE*	LSE*	SBE*
Terbuthylazin	0,1	0,129	0,152	0,14	0,29	0,067	0,071
Methoxychlor	2,0	0,005	0,013	0,01	0,035	n.n.	0,001

* - LSE = Löß-Schwarzerde; SBE = Sand-Braunerde

4.3 Entwicklung von Mais und Sommergerste bei Methoxychlorapplikation (Versuchsserie 2 – G1/98)

Während in der Versuchsserie 1 (G1/97) der Einfluß von zwei unterschiedlichen Pflanzenschutzmitteln auf Mais untersucht wurde, bestand in der zweiten Versuchsserie (G1/98) die Versuchsfrage in der Reaktion zweier verschiedener Kulturpflanzen (Mais und Sommergerste) auf die Applikation eines Pestizides. Für diesen Gefäßversuch wurde das Insektizid Methoxychlor gewählt, da es für beide Pflanzenarten geeignet ist.
Aufbauend auf den Ergebnissen der ersten Versuchsserie wurden für Mais zwei zusätzliche Zwischenernten (nach 45 bzw. 105 Tagen) durchgeführt, zu deren Zeitpunkt (Schossen bzw. Rispenschieben) eine verstärkte Nährstoffaufnahme erfolgt [SCHILLING 1982; FRANKE 1984].

4.3.1 Einfluß von Methoxychlor auf die Trockenmassebildung und die Stickstoffaufnahme von Mais und Sommergerste

Wie in der ersten Versuchsserie (G1/97) zeigten sich auch beim G1/98 in Abhängigkeit von der Applikationsdosis die größten Unterschiede in der Trockenmassebildung und im Stickstoffentzug gegen Ende der Vegetationsperiode.
Im Fall von Mais konnte aufgrund der zusätzlichen Zwischenernte nach 105 Tagen festgestellt werden, daß eine Wirkung des Insektizides Methoxychlor ab dem Entwicklungsstadium des Rispenschiebens bis zur Reife eintrat (Tab. 15; Anhang 7.2 Abb. 24A und 25A). In Analogie zu den Ergebnissen des Vorjahres kam es nur bei dem Versuch auf Löß-Schwarzerde zu einem signifikanten Anstieg im Trockenmasseertrag bei Pestizidapplikation. Diese Erhöhung der TM-Bildung wurde nicht von der Aufwandmenge des Insektizides beeinflußt. Bei Sand-Braunerde wurden keine größeren Differenzen in der Trockenmassebildung zwischen den Varianten gefunden (Tab. 15).

Tab. 15: Trockenmasseertrag und Stickstoffentzug von Mais (Gesamtpflanze) nach 120 Tagen mit und ohne Methoxychlorapplikation auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde in einem Gefäßversuch (G1/98)

Bodenart	Löß-Schwarzerde			Sand-Braunerde		
Applikationsdosis – Methoxychlor	ohne	einfache	zehnfache	ohne	einfache	zehnfache
Trockenmasseertrag [g/Gefäß]	$340{,}7^{A1}$	$402{,}7^{B1}$	$405{,}1^{B1}$	$209{,}9^{a1}$	$222{,}6^{a1}$	$220{,}9^{a1}$
Stickstoffentzug [g/Gefäß]	$3{,}32^{A2}$	$3{,}66^{B2}$	$3{,}6^{B2}$	$3{,}63^{a2}$	$4{,}0^{b2}$	$3{,}95^{b2}$

unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0{,}05$;
- Trockenmasseertrag (1), Stickstoffentzug (2)

Während beim G1/97 nach 120 Tagen im Vergleich zur Nullvariante nur ein geringer, nicht signifikanter Anstieg im Stickstoffentzug von Mais bei der Methoxychlorvariante auf Löß-Schwarzerde festgestellt werden konnte (Abb. 11), wurde im Folgeversuch bei gleicher Versuchsanstellung eine signifikante Zunahme des N-Entzuges bei Insektizidanwendung beobachtet (Tab.15).

Die Pflanzen des Versuches G1/98 wiesen einen höheren PSM-Restgehalt auf als die des Vorjahres (Abschnitt 4.2.2 und 4.3.2). Da aufgrund der durchgeführten Untersuchungen davon ausgegangen werden kann, daß Methoxychlor eine stoffwechselbeeinflussende Wirkung auf Mais hat, ist diese erhöhte Insektizidkonzentration auch die Ursache für die Unterschiede im Stickstoffentzug beider Versuchsserien. Weiterhin sind auch auftretende Varianzen in den wachstumsbeeinflussenden Faktoren (Lagerungsdichte des Bodens, Licht u.ä.) als mögliche Ursachen für die Differenzen denkbar.

Bei Sand-Braunerde ließ sich, in Übereinstimmung mit den Resultaten der vorangegangenen Versuchsanstellung, eine gesteigerte Stickstoffaufnahme bei Pestizidbehandlung nachweisen (Tab. 15).

Eine Abhängigkeit des N-Entzuges von der Methoxychlordosis konnte bei Mais für beide Bodenarten nicht gefunden werden.

Bei Sommergerste ließen sich dagegen in Einklang mit dem Wasseraufnahmeverhalten wesentliche Differenzierungen in der TM-Bildung und dem Stickstoffentzug für die beiden Bodenarten feststellen. Die Abbildungen 15 und

16 verdeutlichen die Abhängigkeit dieser beiden Prüfmerkmale von der Methoxychlorapplikationsdosis für beide Böden nach 120 Tagen.

Bezüglich der Trockenmassebildung konnte nur bei Sand-Braunerde eine eindeutige Wirkung auf Sommergerste durch den Einsatz des Insektizides gefunden werden. Die ohnehin schon geringe Trockenmasse der auf Sand-Braunerde gewachsenen Pflanzen wurde durch den Einfluß des Pestizides weiter verringert. Zu den größten Ertragsdepressionen führte die zehnfache Applikationsdosis, insbesondere bei den generativen Organen (Ähre). Diese negativen Auswirkungen durch die PSM-Behandlung zeigten sich in den beiden letzten Ernten besonders drastisch (Anhang 7.2 Abb. 27A).

Im Fall der Löß-Schwarzerde konnte keine Beeinflussung des Trockenmasseertrages registriert werden. Eine signifikant höhere TM-Bildung wurde nur nach 60 Tagen bei der zehnfachen Methoxychlordosis gefunden (Anhang 7.2 Abb. 26A).

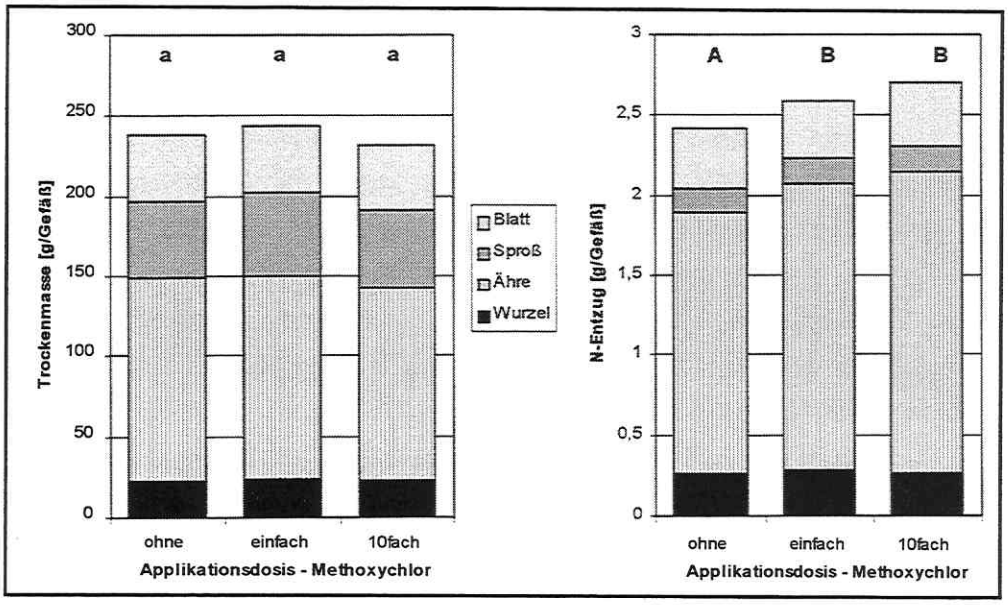


Abb. 15: Trockenmasseertrag und Stickstoffentzug von Sommergerste nach 120 Tagen mit und ohne Pestizidapplikation auf Löß-Schwarzerde in einem Gefäßversuch (G1/98)*

* unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0,05$

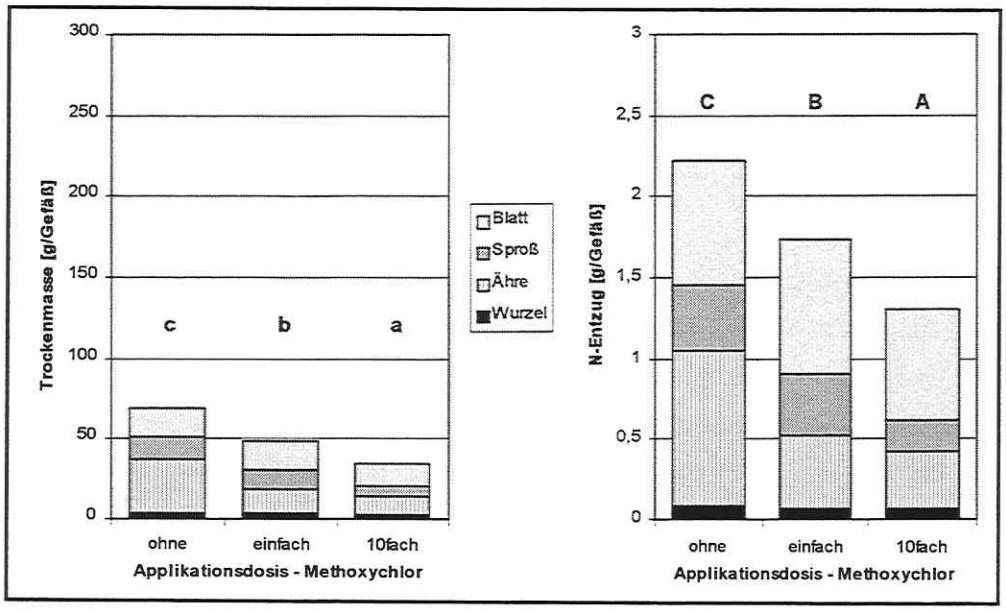


Abb. 16: Trockenmasseertrag und Stickstoffentzug von Sommergerste nach 120 Tagen mit und ohne Pestizidapplikation auf Sand-Braunerde in einem Gefäßversuch (G1/98)*

Wie aus den Abbildungen 15 und 16 ersichtlich, hat die Bodenart einen entscheidenden Einfluß auf die Stickstoffaufnahme von Sommergerste.

Für den N-Entzug der auf Sand-Braunerde gewachsenen Sommergerste bestätigten sich die Aussagen des PSM-Einflusses auf die Trockenmasseerträge. Auch hier fanden sich nach 90 Tagen Störungen in der Stickstoffaufnahme, die nach 120 Tagen am deutlichsten wurden. Je höher die Applikationsdosis des verwendeten Insektizides, um so stärker wurde die Stickstoffaufnahme in den Organen inhibiert, wobei wiederum besonders die Sommergerste-Ähre betroffen war.

Auch bei Löß-Schwarzerde konnte ein veränderter N-Entzug bei Methoxychlor-anwendung nachgewiesen werden. Im Unterschied zur Sand-Braunerde kam es in den PSM-Varianten zu einer gesteigerten Stickstoffaufnahme die allerdings erst gegen Ende der Vegetationsperiode (120 Tage) signifikant war.

Bei der Gegenüberstellung von Trockenmasseertrag und Stickstoffentzug von Sommergerste nach 120 Tagen zeigte sich der Einfluß der Bodenart auf die TM-Erträge der Gesamtpflanzen der Nullvarianten beider Böden. Im Vergleich zu Sand-Braunerde wurde in der Nullvariante auf Löß-Schwarzerde eine mehr als dreimal so

* unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0{,}05$

hohe Trockenmassebildung registriert. Im Fall des N-Entzuges existierte dagegen nur eine geringe Differenz zwischen den Nullvarianten der Böden. Damit konnte die im Abschnitt 4.2.1 getroffene Aussage bezüglich des nichtlinearen Verhältnisses zwischen TM und N-Aufnahme bestätigt werden.

Die untersuchten Kulturpflanzen Mais und Sommergerste reagierten auf Methoxychlorapplikation deutlich differenziert.
Mais besaß gegenüber diesem Insektizid eine wesentlich größere Toleranz als Sommergerste. Dies äußerte sich darin, daß in keinem der durchgeführten Versuche die Maispflanzen Schädigungen, verursacht durch toxische PSM-Dosen, aufwiesen. Es konnte dagegen festgestellt werden, daß Methoxychlor den Stoffwechsel (Trockenmassebildung und Stickstoffentzug) von Mais positiv beeinflussen kann.
Sommergerste weist gegenüber Methoxychlor eine Empfindlichkeit auf, die mit Erhöhung der Applikationsdosis zunahm (Sand-Braunerde) und sich in einer Verringerung der Trockenmassebildung und Stickstoffaufnahme der Pflanzen äußerte.
Die Wirkung des Insektizides auf beide Getreidearten war besonders auf die Bodenart zurückzuführen, da diese die Pflanzenverfügbarkeit von Methoxychlor entscheidend beeinflußte. Besonders bei Sommergerste wurde dies deutlich.

4.3.2 Rückstände von Methoxychlor in Mais und Sommergerste

Analog des ersten Gefäßversuches erfolgte auch im G1/98 eine Erfassung des Pestizidrestgehaltes für die verwendeten Pflanzen bzw. deren Organe. Dabei konnte festgestellt werden, daß Methoxychlor innerhalb von 120 Tagen nach Bodenapplikation nur in geringen Umfang abgebaut wurde und somit eine gute insektizide Langzeitwirkung besaß.
Die Abbildungen 17 und 18 (linke Hälfte) zeigen die Methoxychloraufnahme von Mais und Sommergerste (Gesamtpflanze) zu verschiedenen Versuchszeitpunkten je Gefäß auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde.
Im Fall von Mais findet sich eine gute Übereinstimmung hinsichtlich der Insektizidaufnahme von G1/97 (Abb. 13) und G1/98 (Abb. 17). Lediglich nach 120

Tagen wurde bei der zweiten Versuchsserie (G1/98) für die zehnfache Applikationsdosis auf Löß-Schwarzerde ein höherer Entzug als im Vorjahr festgestellt.

Aus Abbildung 17 (rechte Hälfte) ist weiterhin ersichtlich, daß die einzelnen Organe der Maispflanze nach 120 Tagen je nach Applikationsmenge und Bodenart z.T. deutliche Unterschiede in der prozentualen Methoxychloraufnahme aufwiesen. Besonders deutlich zeigten sich diese Differenzen im Methoxychloraufnahme der Blätter. Auf beiden Böden konnte bei den Varianten mit der zehnfachen Aufwandmenge eine wesentlich höhere prozentuale Insektizidaufnahme durch die Blätter, im Vergleich zur einfachen Applikationsdosis, gefunden werden. Bei der zehnfachen Applikationsdosis von Methoxychlor auf Sand-Braunerde, lag der Methoxychlorgehalt des Maisblattes, im Gegensatz zu den anderen Varianten, über dem der Wurzel. Auch in der ersten Versuchsserie (G1/97) konnten für die gleiche Bodenart und Aufwandmenge ähnliche Pestizidrestgehalte der Pflanzenorgane festgestellt werden (Tab. 16). Dagegen unterschieden sich die Insektizidanteile in den einzelnen Organen zwischen den beiden Bodenarten. Dieser Effekt, der besonders bei den Maiswurzeln deutlich wurde, läßt sich nur teilweise durch die differenzierte Entwicklung der Versuchspflanzen auf beiden Böden erklären. Ein weiterer wichtiger Grund, der insbesondere bei Löß-Schwarzerde eine Rolle spielte, waren insektizidbelastete Bodenpartikel, die der Rhizodermis anhafteten und auch nicht durch gründliche Wurzelwäsche entfernt werden konnten. Dafür spricht auch die beobachtete, wesentlich dunklere Wurzelfarbe der auf Löß-Schwarzerde gewachsenen Versuchspflanzen.

Aufgrund des Pestizidgehaltes der an der Wurzeloberfläche vorhandenen Bodenteilchen, verschoben sich die PSM-Anteile zugunsten der Wurzel.

In der Tabelle 16 ist die Verteilung der Methoxychlorgehalte für die einzelnen Maisorgane zu verschiedenen Versuchszeitpunkten für die unterschiedlichen Boden- und Pestizidvarianten beider Gefäßversuche gegenübergestellt. Mit Hilfe dieser Tabelle kann die Translokation des durch die Maispflanze aufgenommenen Insektizides während des Versuchzeitraumes nachvollzogen werden.

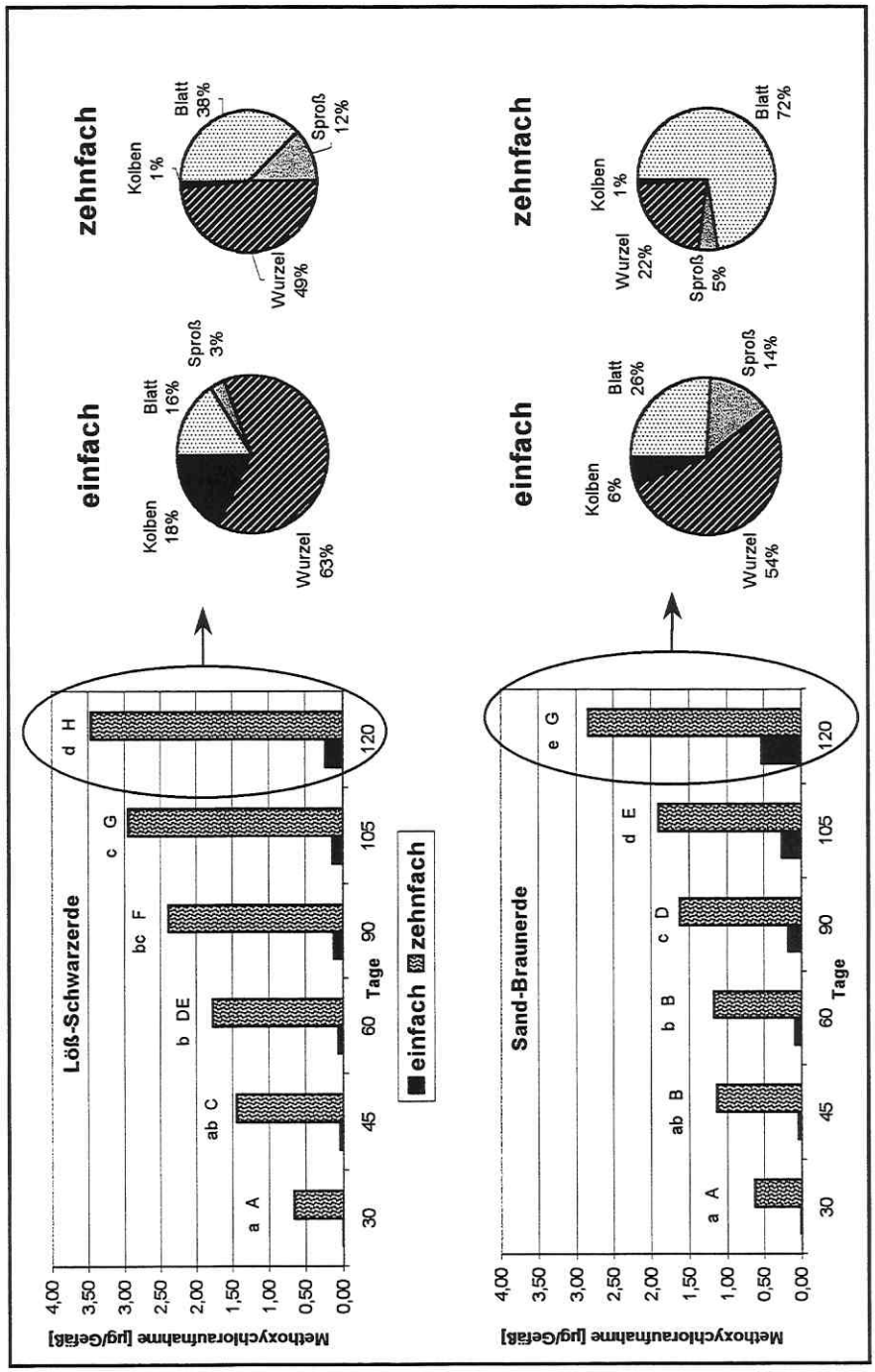


Abb. 17: Aufnahme von Methoxychlor durch Mais (Gesamtpflanze) zu verschiedenen Versuchszeitpunkten (l.) und prozentuale Methoxychloraufnahme einzelner Organe nach 120 Tagen (r.) bei unterschiedlichen Applikationsdosen in einem Gefäßversuch auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde*

* unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0,05$

Tab. 16: Gegenüberstellung der Verteilung der Methoxychlorrückstände einzelner Organe (Mais) zu verschiedenen Versuchszeitpunkten von zwei Gefäßversuchen (G1/97 und G1/98) bei unterschiedlichen Applikationsdosen auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde

Löß-Schwarzerde

		Blatt/Sproß		Blatt		Sproß		Wurzel		Kolben	
Methoxychlordosis	Ernten	G1/98	G1/97	G1/98	G1/97	G1/98	G1/97	G1/98	G1/97	G1/98	G1/97
einfach	30 Tage	13 %	21 %	-	-	-	-	87 %	79 %	-	-
	45 Tage	-	-	14 %	-	1 %	-	85 %	-	-	-
	60 Tage	-	-	24 %	37 %	5 %	5 %	71 %	58 %	-	-
	90 Tage	-	-	23 %	20 %	11 %	9 %	64 %	71 %	2 %	-
	105 Tage	-	-	24 %	-	7 %	-	66 %	-	3 %	-
	120 Tage	-	-	16 %	16 %	3 %	5 %	63 %	66 %	18 %	13 %
zehnfach	30 Tage	2 %	2 %	-	-	-	-	98 %	98 %	-	-
	45 Tage	-	-	4 %	-	7 %	-	89 %	-	-	-
	60 Tage	-	-	9 %	6 %	10 %	3 %	81 %	91 %	-	-
	90 Tage	-	-	10 %	8 %	22 %	19 %	68 %	73 %	0 %	-
	105 Tage	-	-	30 %	-	21 %	-	49 %	-	0 %	-
	120 Tage	-	-	38 %	38 %	12 %	20 %	49 %	40 %	1 %	2 %

Sand-Braunerde

		Blatt/Sproß		Blatt		Sproß		Wurzel		Kolben	
Methoxychlordosis	Ernten	G1/98	G1/97	G1/98	G1/97	G1/98	G1/97	G1/98	G1/97	G1/98	G1/97
einfach	30 Tage	24 %	19 %	-	-	-	-	76 %	81 %	-	-
	45 Tage	23 %	-	-	-	-	-	77 %	-	-	-
	60 Tage	-	-	36 %	29 %	5 %	6 %	59 %	65 %	-	-
	90 Tage	-	-	42 %	36 %	11 %	15 %	47 %	49 %	-	-
	105 Tage	-	-	35 %	-	12 %	-	50 %	-	3 %	-
	120 Tage	-	-	26 %	23 %	14 %	10 %	54 %	59 %	6 %	8 %
zehnfach	30 Tage	14 %	15 %	-	-	-	-	86 %	85 %	-	-
	45 Tage	17 %	-	-	-	-	-	83 %	-	-	-
	60 Tage	-	-	31 %	63 %	1 %	1 %	68 %	36 %	-	-
	90 Tage	-	-	61 %	68 %	3 %	2 %	36 %	30 %	-	-
	105 Tage	-	-	79 %	-	3 %	-	18 %	-	0 %	-
	120 Tage	-	-	72 %	69 %	5 %	5 %	22 %	25 %	1 %	1 %

Bei Bodenapplikation des Pestizides spielt die Aufnahme über das Wurzelsystem die größte Rolle. Sie erfolgt in gelöstem Zustand mit dem Bodenwasser. Im Anschluß kommt es zu einem Transport mit dem Transpirationsstrom in die oberirdischen Teile der Pflanze [SHONE und WOOD 1973; BRIGGS et al. 1982; TOPP et al. 1986, 1989].

Trotz der bereits im Abschnitt 4.3.1 festgestellten unterschiedlichen Reaktionen der Versuchspflanzenarten Mais und Sommergerste, zeigten sich gewisse Analogien in der Methoxychloraufnahme (Abb. 18). Wie bei Mais fand sich auch bei der Sommergerste, im Fall der zehnfachen Applikationsdosis auf beiden Bodenarten, eine gesteigerte, anteilige Methoxychlorakkumulation in den Blättern gegenüber den anderen Pflanzenteilen. Der bei Mais gefundene und interpretierte höhere Anteil der Wurzeln am Gesamtinsektizidrückstand der auf Löß-Schwarzerde gewachsenen Pflanzen trat ebenfalls auf. Er ist auch der Hauptgrund für den Unterschied im Methoxychlorgehalt der Gesamtpflanze zwischen beiden Böden bei einfacher Applikationsmenge.
Inwieweit das Insektizid Methoxychlor bei unterschiedlichen Böden einen Einfluß auf die Trockenmassebildung und den Stickstoffentzug der einzelnen Organe von Sommergerste nach 120 Versuchstagen besaß, zeigt Tabelle 17. Sie unterstreicht die Bedeutung der Bodenart für diese Meßgrößen.
Aus Tabelle 17 ist ersichtlich, daß in der Variante Sommergerste/Löß-Schwarzerde die Insektizidapplikation kaum eine Wirkung auf den Trockenmasseertrag und die N-Aufnahme der Organe hatte.
Im Unterschied dazu konnte bei Sand-Braunerde eine erhebliche Beeinflussung der TM-Bildung und des N-Entzuges durch Methoxychlor gefunden werden. Diese Abhängigkeit drückte sich in einer signifikanten Verringerung dieser Größen bei steigender PSM-Aufwandmenge aus und betraf alle Pflanzenteile.

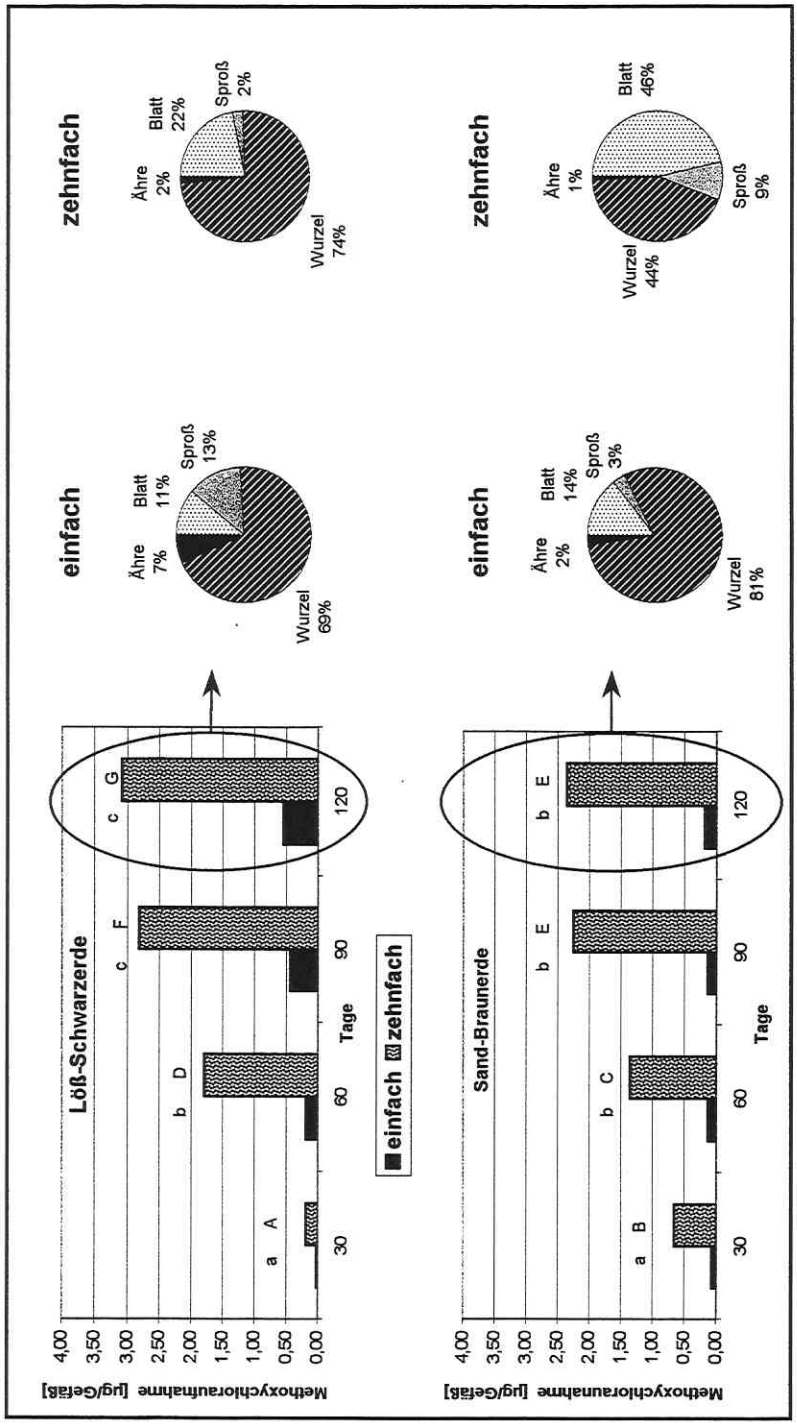


Abb. 18: Aufnahme von Methoxychlor durch Sommergerste (Gesamtpflanze) zu verschiedenen Versuchszeitpunkten (l.) und prozentuale Methoxychloraufnahme einzelner Organe nach 120 Tagen (r.) bei unterschiedlichen Applikationsdosen in einem Gefäßversuch auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde*

* unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0,05$

Tab. 17: Mittlerer Trockenmasseertrag, Stickstoffentzug und Pestizidaufnahme (n=3) einzelner Organe von Sommergerste nach 120 Tagen auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde im Gefäßversuch

		Löß-Schwarzerde			Sand-Braunerde		
Organ	**Variante**	**TM [g/Gefäß]**	**N-Entzug [g/Gefäß]**	**PSM-Aufnahme [µg/Gefäß]**	**TM [g/Gefäß]**	**N-Entzug [g/Gefäß]**	**PSM-Aufnahme [µg/Gefäß]**
Blatt	Kontrolle	$41{,}4^{b1}$	$0{,}377^{c2}$	-	$17{,}7^{D1}$	$0{,}771^{F2}$	-
	einfach	$41{,}4^{b1}$	$0{,}355^{c2}$	$0{,}062^{c3}$	$17{,}6^{D1}$	$0{,}833^{F2}$	$0{,}027^{b3}$
	10fach	$40{,}0^{b1}$	$0{,}396^{c2}$	$0{,}682^{g3}$	$14{,}1^{CD1}$	$0{,}692^{E2}$	$1{,}099^{h3}$
Sproß	Kontrolle	$48{,}2^{c1}$	$0{,}148^{a2}$	-	$13{,}6^{CD1}$	$0{,}399^{C2}$	-
	einfach	$52{,}7^{c1}$	$0{,}158^{a2}$	$0{,}072^{c3}$	$11{,}9^{C1}$	$0{,}380^{C2}$	$0{,}006^{a3}$
	10fach	$48{,}3^{c1}$	$0{,}163^{a2}$	$0{,}073^{c3}$	$6{,}1^{B1}$	$0{,}196^{B2}$	$0{,}225^{e3}$
Wurzel	Kontrolle	$22{,}3^{a1}$	$0{,}266^{b2}$	-	$3{,}5^{A1}$	$0{,}086^{A2}$	-
	einfach	$23{,}4^{a1}$	$0{,}280^{b2}$	$0{,}384^{f3}$	$3{,}4^{A1}$	$0{,}069^{A2}$	$0{,}150^{d3}$
	10fach	$22{,}1^{a1}$	$0{,}263^{b2}$	$2{,}295^{i3}$	$2{,}8^{A1}$	$0{,}061^{A2}$	$1{,}334^{i3}$
Ähre	Kontrolle	$126{,}4^{d1}$	$1{,}628^{d2}$	-	$34{,}0^{E1}$	$0{,}965^{G2}$	-
	einfach	$126{,}6^{d1}$	$1{,}795^{de2}$	$0{,}037^{b3}$	$15{,}2^{CD1}$	$0{,}452^{D2}$	$0{,}004^{a3}$
	10fach	$120{,}8^{d1}$	$1{,}883^{e2}$	$0{,}048^{bc3}$	$11{,}3^{C1}$	$0{,}355^{C2}$	$0{,}006^{a3}$

unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0{,}05$
- Trockenmasseertrag (1), Stickstoffentzug (2), Pestizidaufnahme (3)

Das differenzierte Verhalten von Sommergerste auf beiden Bodenarten bei Methoxychlorapplikation war entwicklungsbedingt. Wie Abbildung 18 zu entnehmen ist, erfolgte in den ersten 30 Entwicklungstagen der Sommergerste auf Sand-Braunerde eine wesentlich höhere Insektizidaufnahme als auf Löß-Schwarzerde. Die aufgenommene Pestizidmenge wirkte dabei auf den weiteren Wachstumsprozeß hemmend, was sich in den Folgeernten, besonders nach 90 und 120 Tagen, in geringerem Trockenmasseertrag und Stickstoffentzug äußerte. Weiterhin konnte im Vergleich zu Löß-Schwarzerde eine verringerte Methoxychloraufnahme sowie eine generell schlechtere habituelle Entwicklung der Sommergerste auf der Sand-Braunerde (vgl. Abschnitt 4.3.1 und Anhang Tab. 24A und 27A) festgestellt werden.
Die bessere Entwicklung der Gerste auf Löß-Schwarzerde während des Versuchszeitraumes und die geringere Verfügbarkeit des Insektizides für die Pflanze (Gründe - vgl. Abschnitt 4.2.1 und 4.2.2) zu Beginn ihrer Entwicklung sind als Ursachen für die Toleranz der auf Löß-Schwarzerde gewachsenen Sommergerste gegenüber Methoxychlor zu sehen.

Wie aus Tabelle 18 ersichtlich, wurden in Analogie zum G1/97 nur geringe Rückstandskonzentrationen in den Versuchspflanzen gefunden. Aufgrund des relativ hohe Toleranzwertes und den minimalen Restgehalten von Methoxychlor, auch bei Verwendung der zehnfachen Applikationsmenge, stellen die oberirdisch genutzten Pflanzenteile kaum ein Risiko für den tierischen und menschlichen Nahrungskreislauf dar.

Tab. 18: Toleranzwert [PERKOW et al. 1996] und mittlere Methoxychlorrückstände (mg/kg TM; n=3) bei zehnfacher Applikationsdosis nach 120 Tagen im Gefäßversuch (G1/98)

zulässige Höchstmenge	Mais				Sommergerste			
	oberirdische Organe		Kolben		oberirdische Organe		Ähre	
	LSE*	SBE*	LSE*	SBE*	LSE*	SBE*	LSE*	SBE*
2,0	0,006	0,013	n.n.	0,001	0,006	0,039	n.n.	0,001

* - LSE = Löß-Schwarzerde; SBE = Sand-Braunerde

Dennoch sollte auf den Einsatz dieses Insektizides verzichtet werden, da dieser Stoff eine hohe Persistenz aufweist [WOLFE et al. 1977]. Diese Eigenschaft und seine gute Sorptionsfähigkeit bedingt bei häufiger Anwendung eine Anreicherung im Boden, was unter ökologischen Gesichtspunkten unerwünscht ist und langfristig ein Gefährdungspotential für die Umwelt darstellt.

4.4 Wirkung von Methoxychlor auf den Aminosäurepool der Versuchspflanzen

Um zu klären, inwieweit Pflanzenschutzmittel einen Einfluß auf die Qualität von Nutzpflanzen haben, sind u.a. Protein- bzw. Aminosäureanalysen notwendig. Gehaltsveränderungen wie auch Unterschiede im Muster des Aminosäurespektrums der Pflanze können so festgestellt werden. Gehalte und Zusammensetzungen der Protein- bzw. Aminosäurefraktionen sind zusammen mit den Restkonzentrationen der entsprechenden Pestizide wichtige Kriterien für die Beurteilung der Qualität von Nutzpflanzen als Nahrungs- bzw. Futtermittel. Weiterhin dienen sie zur Abschätzung möglicher Risiken für die Nahrungskette [ESSERS et al. 1998].

Wie bereits in vorangegangenen Abschnitten gezeigt wurde, sind Pestizide in der Lage, pflanzliche Stoffwechselprozesse zu beeinflussen. Das drückte sich z.T. in Änderungen des Wasserhaushaltes, des Trockenmasseertrages und des Stickstoffgehaltes von Mais und Sommergerste im Gefäßversuch aus. Insbesondere der N-Pool der Versuchspflanzen, welcher einen anorganischen Teil (NH_4^+- und NO_3^-- Ionen) sowie einen organischen Teil (Proteine und freie AS) umfaßt, war dabei von Interesse. Unterschiede in der Stickstoffaufnahme, bedingt durch PSM-Applikation, Bodenart und Zeitpunkt, legen die Vermutung nahe, daß es auch innerhalb der Aminosäure-/Proteinfraktion der Pflanze bei Anwendung von Pflanzenschutzmitteln zu Veränderungen kommt.

Im Rahmen des Gefäßversuches G1/98 erfolgte die quantitative Vermessung des Aminosäurespektrums aller oberirdischen Organe von Mais und Sommergerste für die einzelnen Varianten zu den entsprechenden Ernteterminen. Durch die Überführung proteinogen gebundener Aminosäuren in freie Aminosäuren (Hydrolyse) war es möglich den gesamten Aminosäurepool zu erfassen. Allerdings konnte dadurch auch keine Differenzierung der einzelnen Aminosäuren in Hinsicht auf ihre ursprüngliche Bindungsform gemacht werden.

Analog der Resultate von Trockenmasseertrag und N-Entzug, wurde auch in der pflanzlichen Aminosäuremenge ein Einfluß der Bodenart deutlich. Für die oberirdischen Organe von Mais und Sommergerste ergaben sich je nach Bodenart z.T. abweichende Tendenzen von AS-Menge und Stickstoffentzug zu den Ernteterminen.

Abbildung 19 zeigt die Summe der Aminosäuremengen von Blatt, Sproß und Kolben von Mais pro Gefäß für die einzelnen Varianten auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde zu unterschiedlichen Zeitpunkten.

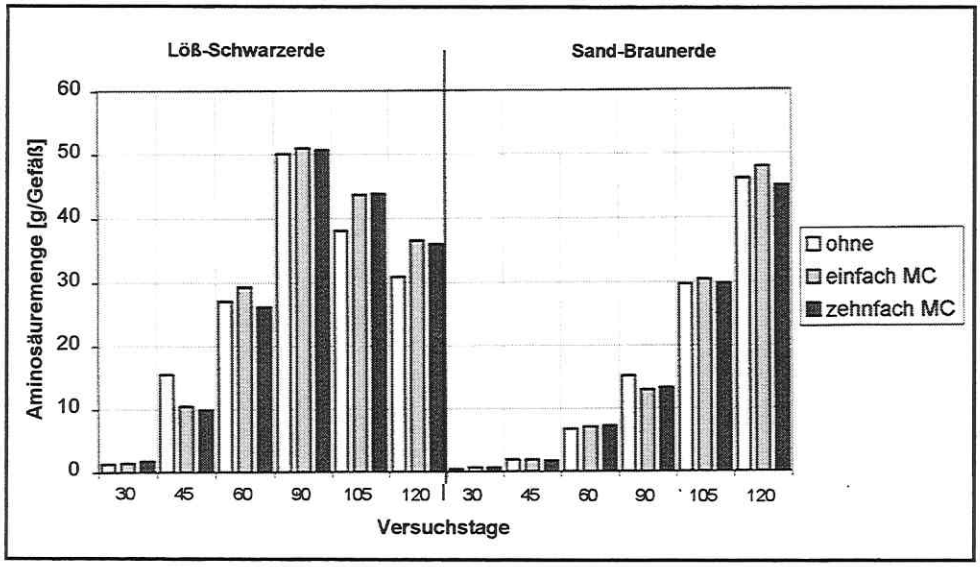


Abb. 19: Einfluß von Methoxychlor (MC) auf die Aminosäuremenge von Mais (ohne Wurzel) auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde im Gefäßversuch

Im Fall der Sand-Braunerde ging die Aminosäuremenge mit dem Stickstoffentzug der oberirdischen Maisorgane konform (vgl. Abschnitt 4.3.1 und Abb. 30A bzw. 31A). Über den Versuchszeitraum hinweg kam es dabei zu einer stetigen Zunahme beider Mengen. Die Applikation des Insektizides Methoxychlor hatte keinen Einfluß auf die AS-Menge.

Die Aminosäuremenge des auf Löß-Schwarzerde gewachsenen Mais zeigte im Unterschied dazu eine deutliche Differenz zu dem N-Entzug. Während bei diesem über die Versuchsperiode hinweg ein Anstieg festzustellen war, fiel die Menge der Aminosäuren nach 90 Versuchstagen. Dabei konnte ein Einfluß von Methoxychlor gefunden werden. Wie aus Abbildung 19 ersichtlich, nahm die AS-Menge der Nullvariante nach 105 und 120 Tagen wesentlich schneller ab als bei den Pestizidvarianten. Das deutete darauf hin, daß der nach 90 Tagen eintretende Abbau der pflanzlichen Aminosäuren/Proteine durch das Insektizid gehemmt wurde.

Da aufgrund der durchgeführten Stickstoffbestimmungen davon ausgegangen werden kann, daß der N-Entzug in den Maispflanzen zunahm, bedeutet dies, daß proteinogen gebundener Stickstoff in nichtproteinogenen umgewandelt wurde.
Grund für die Abnahme der Aminosäuremenge, war das verstärkte Absterben einzelner Pflanzenteile nach 90 Tagen auf Löß-Schwarzerde. Aus der Literatur [LADONIN et al. 1980] ist bekannt, daß in abgestorbenem Pflanzenmaterial der Gehalt an Proteinstickstoff drastisch sinkt. Da bei den Pflanzen auf Sand-Braunerde ein wesentlich geringerer Anteil an totem Gewebe zu beobachten war, ist darin auch die Ursache für den unterschiedlichen Trend der Aminosäuremenge von Mais auf beiden Bodenarten zu suchen. Der geringere Prozentsatz an abgestorbenen Pflanzenteilen bei Sand-Braunerde erklärt sich aus der verzögerten Entwicklung der Pflanzen auf dieser Bodenart im Gefäßversuch 98.
Besonders deutlich zeigte sich diese Verzögerung in der Wasseraufnahme (Abb. 22A und 23A) nach 120 Tagen. Zu diesem Zeitpunkt konnte für Mais auf Löß-Schwarzerde nur noch eine geringe Wasseraufnahme registriert werden. Dementsprechend wurde auch weniger Frischmasse gebildet. Die Pflanzen auf Sand-Braunerde hatten dagegen das Maximum der Wasseraufnahme erst kurz zuvor (nach 107 Versuchstagen) erreicht, was sich in einer erhöhten Frischmassebildung äußerte.

Bei Sommergerste konnte ein analoger Trend für die Aminosäuremenge je Gefäß festgestellt werden. Auch hier wiesen die oberirdischen Organe der Pflanzen auf Löß-Schwarzerde ein Maximum nach 90 Tagen auf. In der Folgeernte lag dagegen die AS-Menge auf dem Niveau der Ernte nach 60 Tagen. Die Methoxychlorapplikation hatte nur einen geringen, hemmenden Einfluß auf den Aminosäureabbau. Bei Sand-Braunerde konnte, wie im Fall von Mais, eine konstante Zunahme der Aminosäuremenge über den Versuchszeitraum verzeichnet werden. Der bereits gefundene negative Einfluß des Insektizides machte sich auch hier bemerkbar, so daß nach 120 Tagen die AS-Menge von Blatt, Sproß und Ähre der Nullvariante um mehr als das Doppelte über dem der zehnfachen Dosis lag. Die AS-Menge bei der einfachen Applikationsdosis lag zwischen beiden Werten.

Die Differenz in der Aminosäuremenge der oberirdischen Organe von Sommergerste ließ sich auch hier auf die unterschiedliche Entwicklung der Pflanzen auf den verwendeten Böden zurückführen.

Neben der Erfassung der Aminosäuremenge der oberirdischen Pflanzenorgane je Variante und Gefäß wurde auch der Einfluß von Pestiziddosis, Bodenart und Zeit auf die einzelnen Aminosäuren von Mais und Sommergerste untersucht. Es zeigte sich dabei, daß alle genannten Faktoren einen Einfluß auf die Zusammensetzung des Aminosäurespektrums haben können. Auch gab es zwischen den Organen einer Pflanzenart z.T. erhebliche Unterschiede in der Zusammensetzung des Aminosäurepools.
Tabelle 19 gibt einen Überblick über die wichtigsten auftretenden Änderungen im Gehalt einzelner Aminosäuren von Mais.

Aus Tabelle 19 ist die Komplexität der Untersuchungsergebnisse ersichtlich. Dennoch lassen sich daraus einige generelle Tendenzen erkennen.
So konnte festgestellt werden, daß es bei Methoxychlorapplikation zu keiner größeren Änderung des Aminosäurepools von Maiskolben auf beiden Bodenarten kam. Dagegen fanden sich bei Maisblatt und -sproß Reaktionen auf das Insektizid. Bei beiden Organen wurden Schwankungen in der prozentualen AS-Zusammensetzung beobachtet, die einerseits durch den Insektizideinfluß bedingt waren, andererseits aber auch auf einen Einfluß des Vegetationsstadiums deuteten. Oft folgte nach einem Anstieg im Aminosäuregehalt bei Pestizideinsatz ein Abfall der Gehalte in der Folgeernte und umgekehrt. Auffällig war der häufig erhöhte Prolingehalt bei Insektizidapplikation, der insbesondere bei der Variante – Maissproß/Löß-Schwarzerde deutlich wurde (Abb. 20).

Tab. 19: Änderungen einzelner Aminosäuregehalte oberirdischer Organe von Mais bei Methoxychlorapplikation in einem Gefäßversuch mit unterschiedlichen Bodenarten im Vergleich zur Kontrollvariante

Tage	Organ	Löß-Schwarzerde	Sand-Braunerde
30	Blatt/Sproß	• zunehmende Applikationsdosis - Anstieg des Gehaltes aller AS	- geringe Änderungen in den AS-Gehalten
45	Blatt	• zunehmende Applikationsdosis - Abfall des Gehaltes aller AS	- *Blatt/Sproß* - Änderungen in den Gehalten von: ASP und GLU (Anstieg) sowie THR, ILE, LEU, PHE und ARG (Abfall)
	Sproß	- Abfall des Gehaltes fast aller AS (bes. GLU) - deutlicher Anstieg des PRO-Gehaltes	
60	Blatt	• einfache Applikationsdosis - Anstieg der Gehalte aller AS (bes. GLU, ALA, LEU und VAL) - weiterhin von ASP, PRO, ALA und LYS • zehnfache Applikationsdosis - verringerte Gehalte von ALA, VAL, ILE, LEU und LYS	- Erhöhung des VAL-Gehaltes
	Sproß	• zunehmende Applikationsdosis - Anstieg der Gehalte aller AS nur bei einfacher Applikationsdosis (bes. ASP, GLU und PRO)	- Erhöhung aller AS-Gehalte (bes. PRO)
90	Blatt	• zunehmende Applikationsdosis - geringe Änderungen in den AS-Gehalten	- Abfall der AS-Gehalte
	Sproß	• zunehmende Applikationsdosis - Erhöhung der AS (bes. GLU, PRO, VAL, ILE und LEU)	- Verringerung des Gehaltes der meisten AS - nur bei einfacher Applikationsdosis – Erhöhung des LYS-, HIS- und ARG-Gehaltes
	Kolben	• zunehmende Applikationsdosis - keine Änderungen in den AS-Gehalten	*noch kein Kolben ausgebildet*
105	Blatt	• zunehmende Applikationsdosis - geringer Abfall der AS-Gehalte - bei PRO und HIS Anstieg	- Abfall der Gehalte aller AS
	Sproß	• zunehmende Applikationsdosis - Änderungen in den AS-Gehalten - Anstieg bei PRO, GLY, ALA, VAL und HIS - Abfall bei ILE, LEU, TYR und PHE - deutliche erhöhter VAL Gehalt	- zumeist Erhöhung bei einfacher Dosis - Verringerung des Gehaltes bei 10facher Applikationsdosis - sehr hoher ASP-Gehalt
	Kolben	• zunehmende Applikationsdosis - geringe Änderungen in den AS-Gehalten	
120	Blatt	• zunehmende Applikationsdosis - geringer Anstieg fast aller AS-Gehalte - keine Erhöhung bei PRO und HIS	- Abfall der Gehalte aller AS
	Sproß	• zunehmende Applikationsdosis - zumeist erhöhte AS-Gehalte (bes. PRO, ALA, LEU und LYS)	- geringe Änderungen in den AS-Gehalten - dominierender ASP-Gehalt
	Kolben	• zunehmende Applikationsdosis - geringe Änderungen in den AS-Gehalten - schwacher Trend der Gehaltsabnahme	- Abfall bei ASP - Zunahme einzelner AS (bes. GLU, PRO] - allgemein hohe ASP-Gehalte

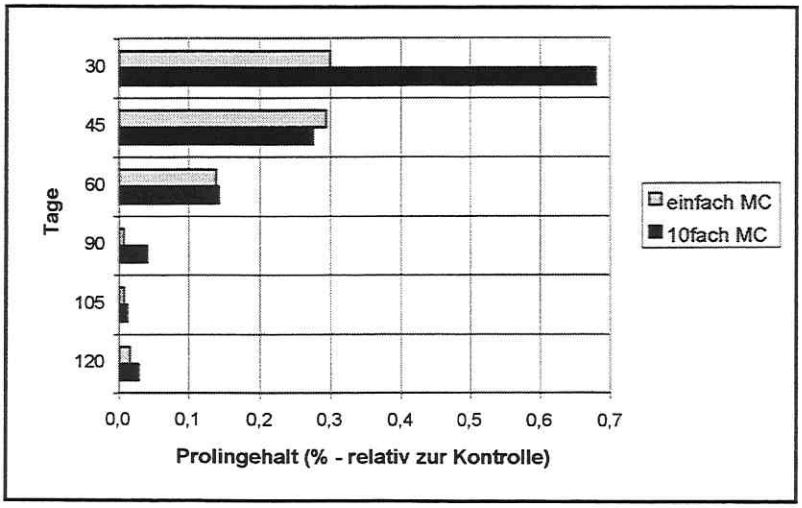


Abb. 20: Einfluß von Methoxychlor (MC) auf den Prolingehalt im Maissproß auf Löß-Schwarzerde im Gefäßversuch

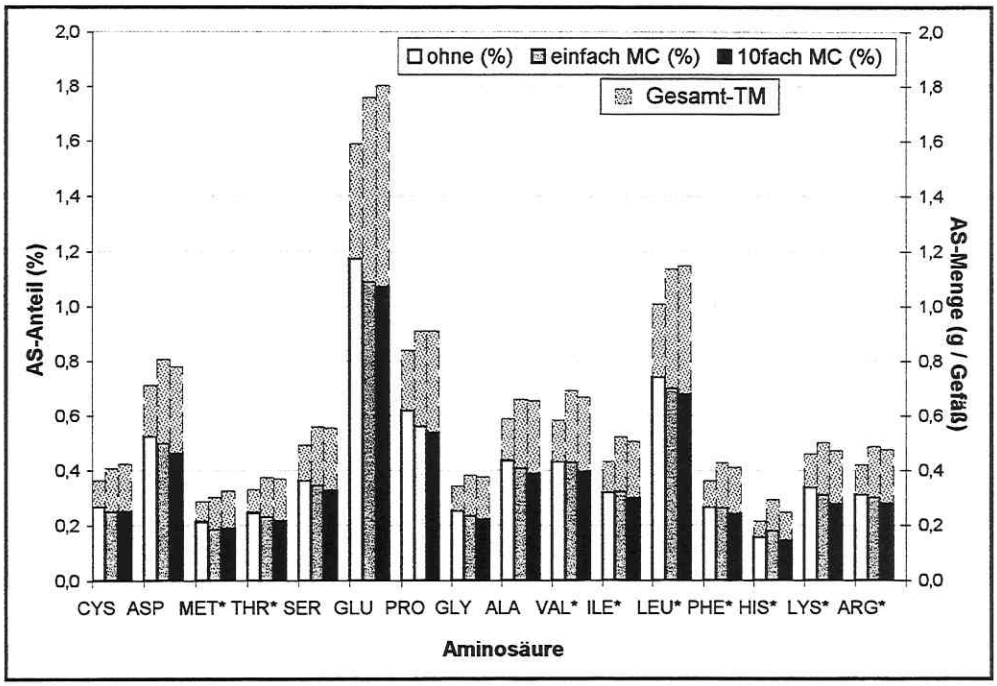
Prolin wird verstärkt bei extremen Umweltbedingungen durch die Pflanze gebildet und gilt daher nach GZIK [1997] als Indikator für den aktuellen Streßzustand. Eine erhöhte Akkumulation dieser Aminosäure wurde bei Trockenstreß, Frost, Salinität, N-Überangebot bzw. N-Mangel sowie anderen ungewöhnlichen Umwelteinflüssen gefunden [DASHEK und ERICKSON 1981; GOOD und ZAPLACHINSKI 1994; GZIK 1996; IBARRA et al. 1988; IVANOVA 1982; SAMARAS et al. 1995]. Prolin ist eine osmotisch wirksame Substanz, d.h. sie stabilisiert durch Anreicherung in der Zelle den Zellturgor bzw. erhöht das osmotische Zellpotential (Osmoregulation) und schützt solvatisierte Proteine vor der Ausfällung im Zytoplasma [LIBBERT 1993; SHEVYAKOVA 1983]. Nach KATHIRESAN [1987] sowie CHIANG und DANDEKAR [1995] wird dieser AS eine Funktion als Energie- und N-Speicher bzw. Transportsubstanz zugeschrieben. Bei hohen Ammoniumzellkonzentrationen wirkt sie entgiftend [KATHIRESAN 1987].

Streßeinwirkung (z.B.: Trockenheit) auf die Pflanze muß aber nicht automatisch eine Prolinanreicherung bedeuten [SHEN et al. 1989, 1990]. So muß der Streßfaktor erst eine bestimmte „Reizschwelle" erreicht haben, um eine verstärkte Prolinsynthese auszulösen [NAVARI-IZZO et al. 1990]. Es ist denkbar, daß eine erhöhte Akkumulation an PRO nur in den (insektizid-) gestreßten Pflanzenorganen erfolgt, was die Gehaltsunterschiede in Maisblatt, -sproß und -kolben erklären würde.

Aus der Literatur sind keine Beispiele bekannt, bei denen es im Fall einer Pestizidapplikation verstärkt zu einer Erhöhung des PRO-Gehaltes kam.

Die in Abbildung 20 dargestellte stetige Verringerung der Differenzen zwischen den Varianten spiegelt gleichzeitig auch den allgemeinen Trend des prozentualen Anteils der Aminosäuren an der Gesamtmasse der Pflanzen über den Versuchszeitraum wieder. Er kann mit der Zunahme der pflanzlichen Biomasse begründet werden, die parallel dazu einen Verdünnungseffekt des Aminosäurepools auslöst.

Unter Einbeziehung der tatsächlichen Trockenmassen der Gefäße (vgl. Abschnitt 4.3.1) kam es zu Änderungen in den Aminosäuregehalten, die den Tendenzen der Trockenmassebildung bei Mais entsprachen (Abb. 21).



* - essentielle Aminosäuren

Abb. 21: Einfluß von Methoxychlor (MC) auf den prozentualen Aminosäureanteil bzw. die gesamte Aminosäuremenge pro Gefäß (Gesamt-TM) im Maiskolben auf Löß-Schwarzerde nach 120 Tagen im Gefäßversuch

Wie das Beispiel des generativen Maisorgans auf Löß-Schwarzerde (adäquat dazu Sand-Braunerde) zeigt, kam es bei Methoxychlorapplikation zu einem „Nettoanstieg" des Aminosäuregehaltes, welcher nur durch die Erhöhung der

Trockenmassebildung bedingt war. Der Anteil der einzelnen Aminosäuren an der prozentualen Zusammensetzung des AS-Pools von Maiskolben blieb dagegen relativ konstant und war unabhängig von der Variante (Applikationsdosis, Bodenart).

Anders als bei Mais konnte bei Sommergerste eine Beeinflussung der Aminosäuregehalte aller oberirdischen Organe durch das eingesetzte Insektizid festgestellt werden.

In Tabelle 20 sind die wichtigsten auftretenden Änderungen zusammengefaßt.

Tab. 20: Änderungen einzelner Aminosäuregehalte oberirdischer Organe von Sommergerste bei Methoxychlorapplikation in einem Gefäßversuch mit unterschiedlichen Bodenarten im Vergleich zur Kontrollvariante

Tage	Organ	Löß-Schwarzerde	Sand-Braunerde
30	Blatt/Sproß	• zunehmende Applikationsdosis - geringe Änderungen in den AS-Gehalten (erhöhte Werte bei einfacher Applikation), starker Abfall im LEU-Gehalt bei zehnfacher Dosis	- starker Abfall der Gehalte bei zehnfacher Dosis (bes. LEU, TYR, PHE, HIS, LYS, ARG) - hohe Gehalte an PHE und den basischen AS (HIS, LYS, ARG)
60	Blatt	• zunehmende Applikationsdosis - Änderungen in den AS-Gehalten - Anstieg in den AS-Gehalten	- deutlicher Abfall der AS-
	Sproß	• zunehmende Applikationsdosis - Änderungen in den AS-Gehalten - deutliche Zunahme der AS-Gehalte - höchste Gehalte bei einfacher Dosis	- deutlicher Abfall der AS-Gehalte
90	Blatt	• zunehmende Applikationsdosis - geringe Erhöhung der Amino-säuregehalte bei einfacher Applikationsdosis - Abfall aller AS-Gehalte (außer PRO) bei zehnfacher Applikationsdosis	- deutlicher Abfall der AS-Gehalte
	Sproß	• zunehmende Applikationsdosis - Änderungen in den AS-Gehalten - deutliche Zunahme der AS-Gehalte	- Abfall der AS-Gehalte
	Ähre	• zunehmende Applikationsdosis - geringe Änderungen in den AS-Gehalten (Zunahme bei GLU, PRO und LEU – bes. bei einfacher Dosis; Abnahme bei ARG – bei zehnfacher Dosis)	- Zunahme der AS-Gehalte, bes. bei einfacher Dosis
120	Blatt	• zunehmende Applikationsdosis - zumeist keine Änderungen in den AS-Gehalten - dominierender ASP Gehalt, hier auch Zunahme des Gehaltes	- Anstieg der AS-Gehalte (bes. GLU und PRO) bei einfacher Dosis - Abfall der Gehalte von TYR, PHE und den basischen AS - geringe Abnahme des AS-Gehaltes bei zehnfacher Dosis
	Sproß	• zunehmende Applikationsdosis - Änderungen in den AS-Gehalten - erhöhte AS-Gehalte - dominanter HIS Gehalt, geringe PRO und ARG Gehalte	- Anstieg bes. bei ASP, PRO und VAL; Abfall bei den basischen AS
	Ähre	• zunehmende Applikationsdosis - Zunahme der AS-Gehalte, bes. bei einfacher Dosis	- besonders bei GLU und PRO - geringe Abnahme des AS-Gehaltes bei zehnfacher Dosis

Wie Tabelle 20 zu entnehmen ist, bestand bei Sommergerste eine Abhängigkeit des Aminosäurepools von der Applikationsdosis und der Bodenart. Diese wurde besonders bei Blatt und Sproß deutlich.

Bei diesen Organen konnte auf Löß-Schwarzerde eine positive Beeinflussung der Aminosäurefraktion durch Methoxychlor festgestellt werden, wobei häufig die höchsten prozentualen Aminosäureanteile bei der praxisbezogenen (einfachen) Dosis verzeichnet wurden.

Im Fall von Sand-Braunerde kam es bei Blatt und Sproß im allgemeinen zu einer Verringerung des Aminosäureanteils bei zunehmender Applikationsdosis.

Für beide Böden konnte der höchste prozentuale Aminosäureanteil in den generativen Pflanzenteilen der Sommergerste bei einfacher Aufwandmenge gefunden werden (Tab. 21). Diese Applikationsmenge von Methoxychlor ist damit als ein Optimum in Bezug auf eine Stimulierung der Aminosäurebiosynthese von Sommergerste-Ähre anzusehen.

Tab. 21: Einfluß von Methoxychlor und der Bodenart auf den prozentualen bzw. den gesamten Anteil ausgewählter Aminosäuren von Sommergerste-Ähre nach 120 Tagen im Gefäßversuch

Boden	Anteil	Appl. dosis	ASP	GLU	PRO	VAL*	ILE*	LEU*	PHE*	HIS*	LYS*	ARG*
Löß-Schwarzerde	%	ohne	0,52	1,72	0,78	0,48	0,39	0,60	0,35	0,18	0,40	0,55
		einfach	0,64	2,31	1,09	0,61	0,46	0,76	0,45	0,23	0,46	0,52
		10fach	0,60	2,06	0,97	0,55	0,42	0,69	0,41	0,22	0,42	0,45
	x g an Gesamt-TM	ohne	0,66	2,17	0,99	0,61	0,50	0,76	0,44	0,23	0,50	0,70
		einfach	0,81	2,92	1,37	0,77	0,58	0,97	0,57	0,29	0,58	0,66
		10fach	0,72	2,48	1,17	0,66	0,50	0,83	0,49	0,26	0,51	0,54
Sand-Braunerde	%	ohne	1,12	3,61	1,75	0,79	0,63	1,05	0,72	0,31	0,65	0,75
		einfach	1,21	4,57	2,21	0,88	0,69	1,21	0,88	0,39	0,73	0,87
		10fach	1,02	3,38	1,66	0,77	0,62	0,98	0,70	0,29	0,61	0,68
	x g an Gesamt-TM	ohne	0,38	1,23	0,60	0,27	0,21	0,36	0,25	0,11	0,22	0,26
		einfach	0,18	0,69	0,33	0,13	0,10	0,18	0,13	0,06	0,11	0,13
		10fach	0,12	0,38	0,19	0,09	0,07	0,11	0,08	0,03	0,07	0,08

* - essentielle Aminosäuren

Bei Sommergerste konnte keine bevorzugte Bildung einzelner Aminosäuren bei Methoxychlorapplikation gefunden werden. Ein erhöhter Prolingehalt bei Insektizideinsatz wurde nicht festgestellt.

Die Bedeutung der Bodenart für den Aminosäurepool der oberirdischen Organe von Sommergerste bei unterschiedlichen Methoxychlorkonzentrationen wird besonders bei Einbeziehung der Trockenmasse je Gefäß deutlich. Tabelle 21 zeigt am Beispiel

von Sommergerste-Ähre den Einfluß verschiedener Applikationsdosen auf den „Brutto"- bzw. „Netto"- Anteil (*x* g AS/ 100g TM bzw. *x* g AS/ *x* g Fraktion-TM je Gefäß) einzelner Aminosäuren bei Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde.
Der Anstieg der Aminosäureanteile der Ähre auf Löß-Schwarzerde bei Einbeziehung der Gesamt-TM bei Methoxychlorapplikation war, anders als bei Mais, nicht durch die Trockenmasse (vergleichbare TM in allen Varianten) sondern durch den gesteigerten prozentualen Aminosäureanteil bestimmt (Tab. 21).
Bei der Ähre auf Sand-Braunerde überwog hingegen der Einfluß der Trockenmasse und schlug sich besonders drastisch (negativ) im „Netto"-Aminosäuregehalt nieder (Tab. 21).

Das Aminosäuremuster der oberirdischen Pflanzenteile von Mais und Sommergerste wurde vom Vegetationsstadium, von der Applikationsdosis des Insektizides und der Bodenart beeinflußt und war vom jeweiligen Organ der Pflanze abhängig.
Der Einsatz des Pflanzenschutzmittels hatte keine negativen Auswirkungen auf die prozentuale Aminosäurezusammensetzung von Mais, häufig wurde ein erhöhter Prolingehalt festgestellt. In den PSM-Varianten auf Löß-Schwarzerde konnte aufgrund der Stimulierung der Trockenmassebildung ein höherer AS-Gehalt der Pflanzen je Gefäß registriert werden.
Bei Sommergerste auf Löß-Schwarzerde wurde ebenfalls keine negative Beeinflussung des Aminosäurepools durch Methoxychlor beobachtet. Eine bevorzugte Synthese bestimmter Aminosäuren bei Methoxychlorapplikation wurde nicht festgestellt. Die Verwendung der empfohlenen Aufwandmenge bewirkte einen Anstieg des prozentualen Anteils der Aminosäuren und des Aminosäuregehaltes der Pflanzen je Gefäß. Im Unterschied dazu wies die Sommergerste auf Sand-Braunerde bei Applikation von Methoxychlor eine Empfindlichkeit auf, die sich auch im Aminosäureanteil widerspiegelte (Ausnahme – Ähre). Aufgrund der Verringerung der Trockenmassen der Pflanzen bei zunehmender Insektiziddosis, kam es auch zu einem deutlichen Abfall der Aminosäuregehalte der Sommergerste je Gefäß.

5. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die Verwendung von Agrochemikalien in der modernen Landwirtschaft wird auch künftig unerläßlich sein. Beim Einsatz von Pestiziden erhebt sich gleichermaßen die Frage nach Risiken eines möglichen Transfers in die Pflanzen und damit eines Eintritts dieser Substanzen in die Nahrungskette als auch nach dem Einfluß auf Qualitätsmerkmale der behandelten Pflanzen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde anhand von einjährigen Gefäßversuchen modellhaft der Einfluß von ausgewählten Pestiziden (Terbuthylazin, Methoxychlor) auf den Stoffhaushalt von Nutzpflanzen (Mais und Sommergerste) in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften geprüft.
Darüber hinaus erfolgte eine Betrachtung des Einflusses der Pestizidapplikationsdosis auf verbleibende Rückstände in Boden und Pflanzenteilen.
In zwei Versuchsserien (G1/97 und G1/98) wurde der:

- Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf die Wasseraufnahme, den Trockenmasseertrag und den Stickstoffentzug von Mais in Abhängigkeit von der Pestizidaufwandmenge, der Bodenart und der Versuchsdauer (pflanzliches Entwicklungsstadium) – G1/97

sowie der

- Einfluß von Methoxychlor auf die Wasseraufnahme, den Trockenmasseertrag, den Stickstoffentzug und das Aminosäuremuster von Mais und Sommergerste in Abhängigkeit von der Insektizidaufwandmenge, der Bodenart und der Versuchsdauer – G1/98

untersucht. In beiden Versuchsserien wurden die Pestizidrückstände im Boden sowie in einzelnen Pflanzenteilen quantifiziert.

Die erzielten Ergebnisse und die daraus abgeleiteten Schlußfolgerungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Die Wasseraufnahme von Mais und Sommergerste wird durch Pflanzenschutzmittel beeinflußt.

Dieser Einfluß ist besonders von der Bodenart, der Pflanzenart und dem Entwicklungsstadium der Pflanze abhängig.

So konnten für Mais auf Löß-Schwarzerde deutliche Unterschiede des Wasserbedarfes beobachtet werden. In der Periode des Schossens kam es zu einer verringerten Wasseraufnahme bei den Pestizidvarianten aufgrund einer Inhibierung des Wasserabsorptionsvermögens der Wurzel. In der Phase des Rispenschiebens - Milchreife wurde eine erhöhte Wasseraufnahme bei den Pestizidvarianten verursacht durch eine Intensivierung des pflanzlichen Stoffwechsels registriert. Bei Mais auf Sand-Braunerde wurden nur geringe Differenzen im Wasserbedarf der Varianten über den Versuchszeitraum festgestellt.

Anders als Mais zeigten alle Varianten von Sommergerste auf Löß-Schwarzerde übereinstimmende Wasserverbräuche. Eine drastische Verringerung der Wasseraufnahme von Sommergerste bei zunehmender Pestizidkonzentration konnte auf Sand-Braunerde verzeichnet werden.

Die Erfassung des Wasserbedarfes von Pflanzen ist eine geeignete Methode zur Identifikation stoffwechselbeeinflussender Prozesse. Dadurch war es möglich, einen Überblick bezüglich des Eintretens, der Dauer und der Intensität des Einflußes von Terbuthylazin und Methoxychlor auf Mais und Sommergerste zu gewinnen.

Die Trockenmassebildung und der Stickstoffentzug von Mais und Sommergerste wurden in Abhängigkeit vom Bodentyp, von der Art des Pestizides und dessen Aufwandmenge spezifisch beeinflußt.

Dieser Einfluß zeigte sich besonders deutlich gegen Ende der Vegetationsperiode der Pflanzen (120 Tage).

Für Mais auf Löß-Schwarzerde wurde nach 120 Tagen in allen PSM-Varianten ein höherer **Trockenmasseertrag** gegenüber der Kontrolle registriert. Ein Maximum in der TM-Bildung ergab sich bei empfohlener Applikationsdosis von Terbuthylazin. In der Variante mit der zehnfachen Menge des Herbizides kam es zu einem relativ geringen Anstieg der TM (Überschreitung des Optimums). Im Unterschied zu Terbuthylazin beeinflußte die Aufwandmenge von Methoxychlor die Trockenmassebildung nicht. Jedoch hatten die Maispflanzen beider Insektizidvarianten im Vergleich zur Kontrolle einen signifikant erhöhten TM-Ertrag.

5. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Entgegen den Tendenzen auf Löß-Schwarzerde zeigten die Maispflanzen auf Sand-Braunerde relativ geringe, nicht signifikante Differenzen in der Trockenmassebildung.

Die Trockenmasseproduktion von Mais auf Sand-Braunerde gegen Ende der Vegetationsperiode war im Vergleich zu Löß-Schwarzerde um die Hälfte geringer.

Analog zu den Resultaten der Wasseraufnahme war bei Sommergerste auf Löß-Schwarzerde kein Einfluß von Methoxychlor auf den Trockenmasseertrag festzustellen. Drastische Ertragsdepressionen zeigten sich dagegen auf Sand-Braunerde. Eine gesteigerte Insektizidapplikation bewirkte eine Verringerung der Trockenmassebildung, besonders bei der Ähre von Sommergerste.

Hinsichtlich des Stickstoffentzuges der Versuchpflanzen zeigte sich im Vergleich zum Trockenmasseertrag ein z.T. anderer Trend.

Im Gefäßversuch 97 war die **N-Aufnahme** von Mais auf Löß-Schwarzerde nach 120 Tagen nur bei der praxisnahen Applikationsdosis von Terbuthylazin signifikant zur Kontrolle erhöht. Im Gegensatz dazu lag im Folgejahr der N-Entzug von Mais bei gleicher Bodenart und beiden Applikationsdosen des Insektizides Methoxychlor nach 105 bzw. 120 Tagen signifikant über der Kontrollvariante.

In den Versuchen mit Mais auf Sand-Braunerde wurde besonders deutlich, daß zwischen Trockenmasseertrag und Stickstoffentzug keine lineare Abhängigkeit besteht. So konnte für die Pestizidvarianten nach 120 Tagen eine signifikante Zunahme der Stickstoffaufnahme (Ausnahme: zehnfache Dosis Terbuthylazin) beobachtet werden. Weiterhin traten im G1/97 teilweise große Unterschiede in den N-Entzügen der einzelnen Organe auf, was auf eine Umverteilung der stickstoffhaltigen Inhaltsstoffe schließen läßt.

Auch bei Sommergerste auf Löß-Schwarzerde konnte nach 120 Tagen eine signifikante Erhöhung im Stickstoffentzug der Methoxychlorvarianten registriert werden. Unterschiedliche Insektizidkonzentrationen hatten wie bei Mais keinen Einfluß auf die N-Aufnahme.

Für Sommergerste auf Sand-Braunerde bestätigte sich der Trend der Verringerung des N-Entzug bei zunehmender Applikationsdosis.

Es wurde festgestellt, daß die Getreidearten Mais und Sommergerste deutlich differenziert auf Methoxychlorapplikation reagieren.

Mais zeigte eine größere Toleranz gegenüber dem Insektizid als Sommergerste. Eine eher positive Beeinflussung von TM und Stickstoffaufnahme bei Mais wurde verzeichnet.
Sommergerste wies bezüglich Methoxychlor eine Empfindlichkeit auf, die von der Verfügbarkeit (Bodenart) des Insektizides abhängig war und sich nur auf Sand-Braunerde ausdrückte. Diese Empfindlichkeit äußerte sich in einer Verringerung des Wasserverbrauches, der Trockenmassebildung sowie der Stickstoffaufnahme der Pflanzen bei zunehmender Methoxychlordosis.

Auf Grundlage der **PSM-Rückstandsuntersuchungen** konnte festgestellt werden, daß es bei Verwendung der normalen, vom Hersteller empfohlenen Pestizidapplikationsdosis zu keiner Überschreitung der vorgeschriebenen Grenzkonzentrationen kam und somit bei sachgemäßer Anwendung ein eher geringes bzw. kein Risiko durch PSM-Anwendung besteht.

Pestizidrückstände in den Pflanzen haben z.T. erheblichen Einfluß auf Stoffwechselprozesse der lebenswichtigen Organe, was sich in Folge auch auf andere Organe auswirken kann.

Die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln ist von deren chemischen Struktur und Konzentration abhängig.

Der Boden ist aufgrund seines Adsorptionsvermögens als ein entscheidender Faktor für die Pflanzenverfügbarkeit der Pestizide anzusehen. Hohe Gehalte an organischem Kohlenstoff und Ton bedingen eine geringere Verfügbarkeit der PSM für die Pflanze.

Bei Untersuchungen zum Einfluß von Methoxychlor auf den **Aminosäurepool** der oberirdischen Pflanzenteile von Mais und Sommergerste, wurde eine Abhängigkeit des **Aminosäuremusters** vom Vegetationsstadium der Pflanzen, von der Aufwandmenge des Insektizides und der Bodenart verzeichnet.
Im Vergleich zu nicht pestizidbehandelten Maispflanzen konnte festgestellt werden, daß Methoxychlor keine negativen Auswirkungen auf die Zusammensetzung des

Aminosäurepools hatte. Bei Insektizidapplikation wurde jedoch häufig ein erhöhter Prolingehalt registriert.

Prolin wird verstärkt bei Streßsituationen wie z.B. Trockenheit, Frost, Salinität und N-Überangebot bzw. N-Mangel gebildet. Im Rahmen der Untersuchungen konnte erstmals gezeigt werden, daß auch Pflanzenschutzmittel Streßreaktionen verursachen können.

Ein Anstieg im prozentualen Aminosäureanteil bei Sommergerste auf Löß-Schwarzerde wurde besonders im Fall der einfachen (praxisnahen) Insektiziddosis deutlich. Dieser Trend zeigte sich auch bei der Ähre auf Sand-Braunerde. Der prozentuale Aminosäureanteil der anderen Organe fiel hingegen auf diesem Boden mit Zunahme der Pestizidaufwandmenge ab.

Eine bevorzugte Synthese bestimmter Aminosäuren durch Sommergerste bei Methoxychlorapplikation wurde nicht festgestellt.

Um eine Risikoabschätzung beim Einsatz von Pestiziden für Nahrungs- bzw. Futterpflanzen zu ermöglichen, muß deren Wirkung auf den pflanzlichen Stoffhaushalt berücksichtigt werden. Dieser ist abhängig von:

- der Art des Pflanzenschutzmittels
- der Aufwandmenge des Pflanzenschutzmittels
- der Bodenart
- der Pflanzenart
- dem Einwicklungsstadium der Pflanze
- den einzelnen Organen der Pflanze

Bewertung der Ergebnisse und Forschungsbedarf

Die gezeigten Ergebnisse sind als Erweiterung des derzeitigen Kenntnisstandes zur Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf den pflanzlichen Stoffhaushalt zu verstehen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde erstmalig der Einfluß von Pestiziden auf den Wasserbedarf, die Trockenmassebildung und die Stickstoffaufnahme von Mais und Sommergerste über die Vegetationsperiode hinweg und in Abhängigkeit von der Bodenart untersucht. Parallel dazu wurde der Aminosäuregehalt bzw. das Aminosäuremuster aller oberirdischen Pflanzenteile sowie der Rückstandsgehalt der verwendeten Pflanzenschutzmittel in allen Pflanzenorganen und im Boden analysiert. Auf Grundlage dieser Untersuchungen konnten Aussagen zur Wirkung der Pestizide auf Mais und Sommergerste wie auch bezüglich deren Qualität getroffen werden. Die Resultate erlaubten weiterhin eine Einschätzung des Risikopotentials von Terbuthylazin und Methoxychlor in Hinsicht auf einen Eintritt dieser Substanzen in die Nahrungskette.

Die Ergebnisse sind insofern zu relativieren, da verschiedene Pestizide unterschiedlich auf die Pflanze wirken und jede Pflanzenart eine eigene Biochemie besitzt, die spezifisch auf ein Pflanzenschutzmittel reagiert.

Um die dargestellten Resultate zu validieren, wären Untersuchungen mit gleichen Prüffaktoren aber anderen Pflanzenschutzmitteln, Pflanzen sowie Böden sinnvoll. Der Einsatz von ^{15}N bzw. ^{13}C markierten Pestiziden und Düngern wäre dabei insbesondere in Hinsicht auf eine Klärung von ablaufenden biochemischen Prozessen von Interesse und hohem Neuigkeitswert. Auch sollte das Augenmerk u.a. auf die Wirkung von Pestizidmetaboliten auf die Pflanze bzw. der Metabolisierung der Pestizide in der Pflanze gerichtet sein.

Auf Grundlage dieser und anderer Arbeiten wäre eine Forschung und Entwicklung von neuen pestizidwirkenden Stoffwechselstimulanzien denkbar.

Summary

The application of agrochemicals like fertilizers or plant protection agents will be essential in the future for modern agriculture. In case of pesticide use, the risks of these substances entering the food chain, and the impacts on plant or food quality is of great interest.

In order to investigate the influence of pesticides on plant metabolism depending on soil properties (soil type), two one-year greenhouse pot experiments were carried out.

Two soil types – a loess black earth (Haplic Chernozem) and a sand brown earth (Cambic Arenosol) – and different doses of the pesticides Terbuthylazine (herbicide) and Methoxychlor (insecticide) were studied as follows:

- the influence of Terbuthylazine and Methoxychlor on water requirement, dry matter production and nitrogen uptake maize during experimental period (vegetation stage) – G1/97

and

- the influence of Methoxychlor on water requirement, dry matter production, nitrogen uptake and both content and composition of amino acids of maize and spring barley – G1/98.

Additionally, soil and different plant parts were analysed for pesticide residues to assess a possible transfer of pesticides from soil to plant via the rooting system.

The results and conclusions can be summarized as follows:

Water requirement of maize and spring barley was affected by plant protection agents.

The pesticide influence varied depending on soil type, plant species and vegetation stage.

For maize on loess black earth significant differences in water uptake were observed in two vegetation stages:

- a period between 30 and 60 days after sowing where water uptake was reduced in pesticide treatments due to an inhibition of water absorption ability of roots

- the period of milk ripeness where water absorption was increased in pesticide treatments caused by intensified metabolism

For maize on sand brown earth, only marginal differences in water requirement of pesticide treated and non-treated plants were determined during experimental period.

In contrast all treatments of spring barley on loess black earth had a similar water consumption.

Only on sand brown earth a drastic decrease of water uptake along with increasing pesticide doses was measured.

Measuring the water requirement of plants is a suitable method for the identification of processes which affect metabolism. It was possible to get an overview concerning start, duration and intensity of the influence of Terbuthylazin and Methoxychlor on maize and spring barley.

Dry matter production and nitrogen uptake of maize and spring barley were influenced specifically by pesticide treatment depending on soil type, kind of pesticide and application dosage.

These influences could be seen best in the differences at the end of the plant vegetation period (120 days).

For maize on loess black earth a higher dry matter production of the pesticide treated plants compared to the control was observed. There was a maximum of dry matter production by application of the recommended dosage of Terbuthylazine also compared to the treatment with the tenfold dosage of Terbuthylazine.

In contrast the Methoxychlor application dosage did not affect the dry matter production of maize. Similarly, all treated plants showed a significant increase in dry matter production.

The dry matter production of maize on sand brown earth at harvesting was only around half compared to dry matter production on the loess black earth.

There was no influence of Methoxychlor use on dry matter production of spring barley on loess black earth whereas on sand brown earth there was a drastic depression, especially of the ear, with increasing insecticide dose.

5. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

The influence of pesticides on **nitrogen uptake** of the two plant species showed differentiated trends. In the experimental series 1997 for maize on loess black earth only for the treatment with the recommended dosage of Terbuthylazine was a significant increase in nitrogen uptake observed compared to the control.
However, in the subsequent year the only significant higher nitrogen uptake of maize on the same soil compared to control was reached with the recommended Methoxychlor application dosage.
Particularly from the experiments of maize on sand brown earth it was shown that there exists no linear correlation between dry matter production and nitrogen uptake. On sand brown earth for maize, a significant increase in nitrogen uptake was found for all pesticide treated plants (exception: tenfold dosage of Terbuthylazine).
The partial larger differences in nitrogen uptake of special plant parts point to a rearrangement of the nitrogen containing plant constituents (G1/97).
For spring barley on loess black earth, the two Methoxychlor treatments caused a significant increase of nitrogen uptake at harvesting. There was no influence of the insecticide concentration on nitrogen uptake.
Increasing Methoxychlor concentrations resulted in a decreasing nitrogen uptake of spring barley on sand brown earth.

The plant reaction on Methoxychlor application was distinctly differentiated for maize and spring barley.
Maize showed a higher tolerance than spring barley.
A rather positive influence on dry matter production and nitrogen uptake of maize was observed.
The spring barley sensitivity to Methoxychlor depended on the availability of the insecticide due to physical-chemical properties of the soil. It can be seen especially on sand brown earth in decreasing water uptake, dry matter production as well as nitrogen uptake along with increasing Methoxychlor application doses.

Based on the results of pesticide residue analyses in plant material the use of the recommended application doses of Terbuthylazine and Methoxychlor for maize and spring barley under the given experimental conditions did not result in the prescribed limit concentrations beeing exceeded.

In other words: an appropriate application of these plant protecting agents has rather small or no risks for entering them into the food chain.

However, pesticide use may partly **influence metabolizing processes** of essential plant organs, possibly affecting other organs as a consequence.
The influence of plant protecting agents depends on their chemical structure and concentration (dosage). But the soil also influences the effects of pesticides via differentiated availability of these substances for an uptake by plants. Higher contents of clay and organic matter cause reduced availability of the pesticides due to adsorption processes.

The **total content and composition of amino acids** in plant material was influenced by vegetation stage, Methoxychlor application dose as well as soil type (G1/98) for maize and spring barley.
Compared to non-treated maize plants Methoxychlor application had no negative effects on composition of the amino acid pool.
However, Methoxychlor application often leads to an increased proline production. Proline is produced more intensively in case of stress situations like dryness, frost, salinity and nitrogen oversupply or deficit.
With these investigations, it could be shown that pesticides can also cause stress reaction in plants.
An increase of the total content of amino acids was measured for spring barley on loess black earth particularly, for the recommended dose of Methoxychlor with the same tendency for the spring barley ears on sand brown earth. However, on sand brown earth the total amino acid content of the other plant parts dropped with increasing insecticide application dose.
A preferential synthesis of certain amino acids in spring barley by use of Methoxychlor was not observed.

5. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

For reliable assessments of risks connected with the use pesticides in cultivating food or fodder plants, their effect on the metabolism of plants also has to be considered. The main influencing factors are:

- type of plant protecting agent
- application dosage of the plant protecting agent
- type of soil
- kind of plant
- vegetation stage of the plant
- individual organs of the plant

Evaluation of the results and need for future research

The results presented a substantial expand of the present state of knowledge of the effect of plant protecting agents on plant metabolism.

For the first time the influence of pesticides on a set of metabolizing parameter were examined: water requirement, dry matter production and nitrogen uptake. Simultaneously the total content and composition of selected amino acids in different plant organs and the pesticide residue were considered for a summarized discussion.

Based on these investigations conclusions could be drawn on the effect of pesticides also on quality of maize and spring barley. Furthermore the potential risks of Terbuthylazine and Methoxychlor, entering into the food chain when used as plant protecting agents, could be examined.

However, the results should be generalized with respect on the fact that certain pesticides affect metabolism of plants in a different way.

Additionally the specific biochemistry of different plant species cause specific reactions on plant protecting agents.

In order to validate the presented results, investigations using other plant protection agents, plants and soil types but with the same set of parameters could further expand knowledge in this field. Using ^{15}N and ^{13}C as tracers for both pesticides and fertilizers, biochemical processes and mechanisms could be clarified also considering the main metabolites of the pesticides formed in soil and/or plant.

Investigations in that direction possibly allow further research for developing pesticides used simultaneously as plant metabolizing stimulants.

6. Literaturverzeichnis

Ascheman, R.E. (1963): Growth stimulation from amiben. Hormolog, **4**, 17-19.

Balasubramaniyan, P. und Morachan, Y.B. (1981): Effect of carbofuran on the growth and yield components and yield of lowland rice (IET 1444). Madras Agric. J., **68** (4), 252-255.

Barton, L.V. und Macnab, J. (1954): Effect of antibiotics on plant growth. Contr. Boyce Thompson Inst. Pl. Res., **17**, 419-434.

Baumann, G. und Günther, G. (1976): Einfluß von Amitrol auf die Zusammensetzung der freien Aminosäuren in Haferkeimpflanzen. Biochem. Physiol. Pflanzen, **169**, 163-170.

BBA (Biologisch Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft) (1997): Pflanzenschutzmittelverzeichnis Teil 1.

Blume, H.P. [Hrsg.] (1990): Handbuch des Bodenschutzes: Bodenökologie und Bodenbelastung; vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. Landsberg/Lech: ecomed.

Bowman, B.T. (1989): Mobility and persistence of the herbicides atrazine, metolachlor and terbuthylazine in plainfield sand determined using field lysimeters. Environ. Toxicol. Chem., **8**, 485-491.

Briggs, G.G.; Bromilow, R.H. und Evans, A.A. (1982): Relationship between lipophilicity and root uptake and translocation of non-ionised chemicals by barley. Pestic. Sci., **13**, 495-504.

Burkhard, N. und Guth, J.A. (1981): Chemical hydrolysis of 2-chloro-4,6-bis(alkylamino)-1,3,5-triazine herbicides and their breakdown in soil under influence of adsorption. Pestic. Sci., **12**, 45-52.

Cervelli, S.; Ciardi, C. und Perna, A. (1982): Effect of atrazine on soil transformations of nitrogen and uptake by corn. Journal of Environmental Quality, **11** (1), 82-86.

Chabrol, M.; Powlson, D.S. und Hornby, D. (1988): Uptake by Maize (*Zea mays*) of Nitrogen from ^{15}N-Labelled Dazomet, ^{15}N-Labelled Fertilizer and from the Soil Microbial Biomass. Soil Biol. Biochem., **20** (4), 517-523.

Chiang, H.-H. und Dandekar, A.M. (1995): regulation of proline accumulation in *Arabidopsisi thaliana* L. during development and in response to desiccation. Plant Cell Environ., **18**, 1280-1290.

Dashek, W.V. und Ericksson, S.S. (1981): Isolation, assay, biosynthesis, metabolism, uptake and translocation, and function of proline in plant cells and tissues. Bot. Rev., **47** (3), 349-385.

6. Literaturverzeichnis

Deming, S.N. und Morgan, S.L. (1979): The use of linear models and matrix least squares in clinical chemistry. Clin. Chem., **25**, 840-855.

Drawert, F.; Galler, I. und Matzner, F. (1975): Der Einfluß steigender Stickstoffgaben auf den Gehalt an freien Aminosäuren in Früchten der "Schattenmorelle". Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm., **3**, 169-171.

Eastin, E.F. und Davis, D. (1967): Effect of atrazine and hydroxyatrazine on nitrogen metabolisms of selected species. Weeds, **15**, 306-309.

Eisinger, W.; Morré, D.J. und Hess, C.E. (1966): Promotion of plant growth by Tordon herbicide. Down to Earth, **21** (4), 8-10.

Essers, A.J.A.; Alink, G.M.; Speijers, G.J.A.; Alexander, J.; Bouwmeister, P.-J.; v.d. Brandt, P.A.; Ciere, S.; Gry, J.; Herrman, J.; Kuiper, H.A.; Mortby, E.; Renwick, A.G.; Shrimpton, D.H.; Vainio, H.; Vittozzi, L. und Koeman, J.H. (1998): Food plant toxicants and safety risk assessment and regulation of inherent toxicants in plant foods. Environmental Toxicology and Pharmacology, **5**, 155-177

Faust, H.; Bornhak, H.; Hirschberg, K.; Jung, K.; Junghans, P. und Krumbiegel P. (1981): ^{15}N-Anwendung in der Biochemie, Landwirtschaft und Medizin. Isocommerz, **5**, Schriftenreihe Anwendung von Isotopen und Kernstrahlungen in Wissenschaft und Technik, Berlin.

Fedtke, C. (1972): Influence of Photosynthesis-Inhibiting Herbicides on the Regulation of Crop Plant Metabolism. Pesticide Biochemistry And Physiology, **2**, 312-323.

Fogel, S.; Lanicione, R.L. und Sewall, A.E. (1982): Enhanced biodegradation of Methoxychlor in soil under sequential environmental conditions. Applied and environmental microbiology, **44**, 113-120.

Franke, G. (1984): Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen. Band II. 4. Auflage. Hirzel Verlag Leipzig.

Freney, J.R. (1965): Increased growth and uptake of nutrients by corn plants treated with low levels of simazine. Aust. J. agric. Res., **16**, 257-263.

Gamerith, G. (1983): Gas-liquid chromatographic determination of N (O, S)-trifluor-acetyl n-propyl esters of protein and non-protein amino acides. J. Chromatogr., **256**, 267-281.

Gamerith, G. (1983): Derivatization of amino acides to their N (O, S)-acyl alkyl esters for gas-liquid chromatographic determination. J. Chromatogr., **256**, 326-330.

Gast, A. und Grob, H. (1969): Triazines as selective herbicides. Pest. Technol., **3**, 68-70.

Gayler, S.; Trapp, S.; Matthies, M.; Schroll, R. und Behrendt, H. (1995): Uptake of Terbuthylazine and its medium polar metabolites into maize plants. Environ. Sci. & Pollut. Res., **2** (2), 98-103.

Good, A.G. und Zaplachinski, S.T. (1994): The effect of drought stress on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. Physiologia Pl., **90**, 9-14.

Gruzdev, L.G.; Mirenkov, Yu. M.; Posmitnaya, L. V. und Gruzdev, G. S. (1976): The Influence of Herbicide on the dynamics of nitrogenous compounds in barley. Izvestiya Timiryazevskoi Sel'skokhozyaistvennoi Akademii, **4**, 163-171.

Gruzdev, L.G.; Posmitnaya, L. V. und Gruzdev, G. S. (1980):, Changes in the nitrogen metabolism of spring barley treated with Tordon 101 and Dialen. Izvestiya Timiryazevskoi Sel'skokhozyaistvennoi Akademii, **2**, 65-71.

Gzik, A. (1996): Accumulation of Proline and pattern of α-amino acids in sugar beet plants in response to osmotic, water and salt stress. Environmental and Experimental Botany, **36**, 29-38.

Gzik, A. (1997): Wirkung von osmotischem Streß auf den Aminosäurehaushalt in Keimlingswurzeln von *Zea mays*. - Rhizosphärenprozesse, Umweltstreß und Ökosystemstabilität. 7. Borkheider Seminar zur Ökophysiologie des Wurzelraumes, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart Leipzig, 135-142.

Hamaker, J.W. und Thompson, J.M. (1972): Adsorption; in Goring, A. u.a.: Organic chemicals in soil environment, **1**, 51-143.

Heinrich, K. (1998): Untersuchungen zum Boden/Pflanze-Transfer ausgewählter organischer Umweltschadstoffe in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften. Dissertation, UFZ-Bericht, **11**.

Heinrich, K. und Schulz, E. (1996a): Einfluß des Belastungsgrades unterschiedlicher Böden an ausgewählten pestizid wirkenden Chlorkohlenwasserstoffen auf deren Aufnahme durch Möhre im Gefäßversuch. Z. Pflanzenern. Bodenkd., **159**, 615-619.

Heinrich, K. und Schulz, E. (1996b): Aufnahme ausgewählter Organochlorpestizide aus einem Sandboden einer Tieflehm-Fahlerde durch Mais in einem Gefäßversuch. Mitteilungen d. Dt. Bodenkundlichen Gesellschaft, **79**, 283-286.

Heinrich, K. und Schulz, E. (1996c): Aufnahme ausgewählter Organochlorpestizide (CKW) aus einer Tieflehm-Fahlerde und einer Löß-Schwarzerde durch Mais in einem Gefäßversuch. Mitteilungen d. Dt. Bodenkundlichen Gesellschaft, **80**, 117-120.

Heinrich, K. und Schulz, E. (1997): Untersuchungen zum Schadstofftransfer ausgewählter Organochlorpestizide und Polyzyklischer Aromatischer Kohlenwasserstoffe aus einer Löß-Schwarzerde des Standortes Bad Lauchstädt in Mais. 7. Borkheider Seminar zur Ökophysiologie des Wurzelraumes, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart Leipzig, 68-76.

Hera, C.; Triboi, E.; Ghinea, L.; Chirita, V. und Bologa, M. (1971): Investigation of uptake and metabolism of nitrogen from the soil and fertilizer (labelled with ^{15}N) by maize treated with atrazine. Analele Institutului de Cercetari pentru Cereale si Plante Tehnice, **39**, 219-226.

Hera, C.; Ghinea, L.; Triboi, E.; Chirita, V.; Stanciu, A.; Bologa, M. und Stefanic, G. (1973): Nitrogen metabolism in corn treated with atrazine and ^{15}N-labelled ammonium nitrate. Analele Institutului de Cercetari pentru Cereale si Plante Tehnice, **41**, 169-176.

Hippalgaonkar, K.V. (1982): Influence of Simazine on Dry Weight, Crude Protein and Amino Acides of Fenugreek and Mung. Meeting Info.: Abstracts of papers - annual conference of Indian Society of Weed Science, 40.

Hossain, A.K.M. und Martin, A. (1984): Enhancing growth and nitrogen uptake by soybeans using pesticides. Plant and Soil, **81**, 133-141.

Huffaker, R.C., Akasha, M., Sarquis, A.V. und Miller, M.D. (1964): Effect of 2,4-D alone and in combinationwith chelated and nonchelated metal additives on growth of field beans. Crop Sci., **4**, 649-651.

Ibarra Cabellero, J.; Villanueva Verduzko, C. Molina Galan, J. und San Chez De Jimenez, E. (1988): Proline accumulation as a sympton of drough stress in maize: A tissue differentiation requirement. J. Exp. Bot., **39**, 889-897.

Ibenthal, W.-D. und Heitefuss, R. (1981): Änderungen im Gehalt löslicher Inhaltsstoffe der abaxialen Epidermis von Sommergerste unter dem Einfluß von Herbiziden. Phytopath. Z., **101**, 323-336.

IVA (Industrieverband Agrar e.V.) (1990): Wirkstoffe in Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, Wien, Zürich.

Ivanova, A. (1982): Prolinakkumulation – Reaktion von Pflanzen auf Streßsituationen. Wissensch. Zeitschr. Tech. Univ. Dresden, **31** (5), 273-275.

Jain, V.K. und Mukherjee, D. (1980): The Influence of Morphactin on Amino and Keto acids, Chlorophylls and Proteins in Tomato Leaves during Development. Plant Biochemical Journal, **7** (1), 54-62.

Jaiswal, S.P.; Saini, N.K. und Sharma, S.K. (1973): The effect of some pesticides in conjunction with nitrogen sources on growth and carbohydrate and nitrogen constituents of sugarcane during formative phase. Plant and Soil, **38**, 33-40.

Kathiresan, K. (1987): Role of proline in plants under stress conditions. Indian Rev. Life. Sci., **7**, 203-220.

Khomenko, A.D. (1969): Combined use of mineral fertilizers and soil pesticides. Soils Fert., **33**, 1432.

Klaus, S. und Gzik, A. (1997): Aminosäuremuster in Wurzeln von *Agrostis stolonifera*. - Rhizosphärenprozesse, Umweltstreß und Ökosystemstabilität. 7. Borkheider Seminar zur Ökophysiologie des Wurzelraumes, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart Leipzig, 129-134.

Körschens, M. und Pfefferkorn, A. (1998): Bad Lauchstädt - Der Statische Düngungsversuch und andere Feldversuche / The Static Fertilization Experiment and other Long-Term Field Experiments. Bericht (4), UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH.

Kobayashi, T. und Katsura, S. (1968): The soil application of insecticides effect of systemic organophosphate on soil nitrification and on the growth and yield of potatoes. Jap. J. appl. Ent. Zool. **12**, 53-64.

Konstantinidou-Doltsini S.; Buchenauer H. und Grossmann F. (1987): Einfluß der systemischen Fungizide Nuarimol und Imazalil auf Wachstum und Stoffwechsel von Weizenpflanzen. II. Stickstoffhaushalt. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, **94** (6), 614-623.

Kramer, J. (1990): CHROMCALIB Version 2.0. Technische Hochschule Leuna Merseburg – Sektion Chemie, Wissenschaftliche Analytik.

Ladonin, V.F.; Chesalin, G.A.; Samoilov, L.N.; Spesivtev, L.G. und Taova, V.I. (1980): The application of ^{15}N to investigating the influence of herbicides on crop and weed plants. Report 2. The action characteristics of herbicides on the nitrogenous metabolism of resistant and susceptible plants. Agrokhimiya, **17** (9), 116-122.

Lebedev, V. B.; Suslova, T. A. und Erastov, L. V. (1988): Biochemical factors of wheat grain quality under the influence of fungicides. Doklady Vsesoyuznoi Akademii Sel'skokhozyaistvennykh Nauk im. V.I. Lenina, **8**, 4-5.

Lee, T.T. (1976): Insecticide-Plant interaction: Carbofuran effect in indole-3 acetic acid metabolism and plant growth. Life Sci., **18**, 205-210.

Leita, L.; Ceccon, P.; Marucchini,C. und Mondini, C. (1996): Behaviour of Metolachlor and Terbuthylazine in Cultivated Field Lysimeters. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., **159**, 177-182.

Libbert, E. (1993): Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Lorenzoni, G.F. (1962): Stimulant effects of highly diluted simazine. Estratto da Maydica, **7**, 115-124.

Luthardt, M.; Than, E.; Heckendorf, H. (1987): Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze analytischer Verfahren. Fres. Z. Anal. Chem. **326**, 331-339.

Macko, S.A.; Uhle, M.E.; Engel, M.H. und Andrusevich, V. (1997): Stable nitrogen isotope analysis of amino acid enantiomers by gas chromatography/ combustion/ isotope ratio mass spectrometry. Anal. Chem, **69**, 926-929.

Mani, V.S.; Gawtam K.C. und Gita, K. (1976): Weeds of rice and their control. Pesticides Information, **2**, 88-93.

Mendel, J.L. und Walton, M.S. (1966): Conversions of p,p'-DDT to p,p'-DDD by intestinal flora of the rat. Science, **151**, 1527-1528.

Mertz, E.T. (1963): Corn proteins - A chemical-nutritional perspective. Proc. 18th Amer. Hybrid Corn Research Conf. Amer. Seed Trade Assoc., Washington, D.C. .

Miller, M.D., Mikkelsen, D.S. und Huffaker, R.C. (1962): Effects of stimulatory and inhibitory levels of 2,4-D and iron on growth and yield of field beans. Crop Sci., **2**, 114-116.

Mouvet, C.; Dousset, S. und Schivon, M. (1994): Column and batch experiments on atrazine sorption on three soils from the Central Region France. Proc. Int. Workshop „Environ. Behav. Pestic. Regul. Aspects", **5th**, 120-126.

Narain, P. (1975): Effect of nitrogen sources along with N-serve, lindane and aldrin on uptake of nitrogen, phosphorus and potash in rice. RiSO, **24** (3), 245-250.

Navari-Izzo, F.; Quartacci, M.F. und Izzo, R. (1990): Water-stress induced changes in protein and free amino acids in field grown maize and sunflower. Plant Physiol. Biochem., **28** (4), 531-537.

Nordmeyer, H.; Haas, E. und Pestemer, W. (1991): Abbau von Pflanzenschutzmitteln im Unterboden verschiedener Bodentypen. Mitteilungen d. Dt. Bodenkundlichen Gesellschaft, **63**, 143-146.

Perkow, W. und Ploss, H. (1996): Wirksubstanzen der Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfungsmittel. 3.Auflage, Parey Buchverlag Berlin.

Popp, P.; Keil, P.; Möder, M.; Paschke, A. und Thuss, U. (1997): Application of accelerated solvent extraction followed by gas chromatography, high-performance liquid chromatography and gas chromatography-mass spectrometry for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons, chlorinated pesticides and polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in soil wastes. Journal of Chromatography A, **774**, 203-211.

Prew, R.D.; Church, B.M.; Dewar, A.M. et al (1983): Effects of eight factors on the growth and nutrient uptake of winter wheat and on the incidence of pests and diseases. Journal of Agricultural Science, **100**, 363-382.

Quarta, A. (2000): Untersuchungen zur Aufnahme von ausgewählten Pestiziden durch Pflanzen sowie ihre Rückstände im Boden. Dissertation, UFZ-Bericht, (im Druck).

Rendig, V.V. und Jimenez, J. (1978): Nitrogen nutrition as a regulator of biosynthesis of storage proteins in maize (*Zea mays* L.) grain. Nitogen in the environment. Vol. 2. Nielsen, D.R. und MacDonald, J.G. (ed.), Academic Press, New York.

Ries; S.K. und Gast, A. (1965): The effect of simazine on nitrogen components of corn. Weeds, **13**, 287-353.

Ries, S.K., Chmiel, H., Dilley, D.R. und Filner, P. (1967): The increase in nitrate reductase activity and protein content of plants treated with simazine. Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A., **58**, 526-532.

Saker, L.R. (1997): schriftliche Mitteilung – unveröffentlicht, IACR Long Ashton.

Salam, M.A. und Subramanian, S. (1989): Nitrogen-insecticide synergism on growth and yield of lowland rice in three seasons. Tropical Agriculture, **66** (4), 297-304.

Samaras, Y.; Bressan, R.A.; Csonka, L.N.; Garcia-Rios, M.G.; Paino D'Urzo, M. und Rhodes, D. (1995): Proline accumulation during drought and salinity. Environment and plant metabolism. Bios Scient. Publ. Oxford, 161-187.

Samersov, V.F. und Prishchepa, I.A. (1991): Yield Capacity and Quality of Barley Grain Influenced by Insecticides Ambush and Volaton. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya, **5**, 147-151.

Sasseville, D.N. (1993): Influence of pestizides on nitrogen content of tomato plants. Hortscience, **28** (4), 273.

Sathasivam, K.; Palaniappan, S. und Balasubramaniyan, P. (1982): Effect of combined application of pesticides and urea on nitrogen uptake and grain yield of lowland rice. Madras Agricultural Journal, **69** (12), 787-790.

Schäfer, K. (1997): Untersuchungen zum Eintrag von Polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) über den Luftpfad in ländlichen Gebieten des Raumes Halle/Saale. Dissertation, UFZ-Bericht, **14**.

Schilling, G. (1982): Pflanzenproduktion - Pflanzenernährung und Düngung, Teil1 Pflanzenernährung, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.

Schroll, R.; Langenbach, T.; Cao, G.; Dörfler, U.; Schneider, P. und Scheunert, I. (1992): Fate of [^{14}C]terbutylazine in soil-plant systems. The science of the total environment, **123/124**, 377-389.

Schropp, W. (1951): Der Vegetationsversuch. 1.Methodik der Wasserkultur höherer Pflanzen. Methodenbuch Bd. 8, Neumann Verlag Berlin.

Schulz, E. (1999): Verteilung von organischen Fremdstoffen in ausgewählten Fraktionen der organischen Bodensubstanz unterschiedlicher Stabilität. Mitteilungen d. Dt. Bodenkundlichen Gesellschaft, **91** (1), 498-501.

Schulz, E. und Heinrich, K. (1997): Untersuchungen zur Pflanzenverfügbarkeit organischer Umweltschadstoffe aus einer Tieflehm-Fahlerde und einer Löß-Schwarzerde. Mitteilungen d. Dt. Bodenkundlichen Gesellschaft, **84**, 415-418.

Schulz, E. und Heinrich, K. (1999): Nutzung von Böden aus Dauerfeldversuchen für Modelluntersuchungen zu Transfer- und Bindungsprozessen organischer Fremdstoffe im System Boden-Pflanze. Internat. Symposium 3.-5. Juni 1999 Halle/Saale, Dauerdüngungsversuche als Grundlage für nachhaltige Landnutzung und Quantifizierung von Stoffkreisläufen, UFZ-Bericht, **24**.

Shen, L.; Foster, J.G. und Orcutt, D.M. (1989): Composition and distribution of free amino acids in Flatpea (*Lathyrus sylvestris* L.) as influenced by water deficit and plant age. J. Exp. Bot., **40**, 71-79.

Shen, L.; Foster, J.G. und Orcutt, D.M. (1990): Influence of nitrate and ammonium on the growth and 2,4-diaminobutyric acid composition of Flatpea (*Lathyrus sylvestris* L.). Plant Cell Envir., **13**, 833-838.

Shevyakova, N.I. (1983): Metabolism and the physiological role of proline in plants under conditions of water and salt stress. Sov. Pl. Physiol., **30**, 597-608.

Shone, M.G.T. und Wood, A.V. (1973): Pathways of uptake and translocation of some soil applied pesticides. Proceeding of the 7th British Insecticide and Fungicide Conference Brighton, England 19.11.-22.11.1973.

Siddiqui, Z.A.; Rajani, V.G. und Singh, O.P. (1959): Simultaneous control of sugarcane termite and shoot borer through soil applikation of gamma BHC liquid and its boosting effect on crop yield. Ind. J. Sugarcane Research and Developm., **3**, 227-232.

Singh, B.K. und Shaner, D.L. (1995): Changes in Free Amino Acid Pools Can Predict the Mode of Action of Herbicides. Pesticide Science, **43**, 221-225.

Singh, O.P und Sandhu, J.S. (1963): Effect of gamma BHC and Telodrin on sugarcane pests and cane yield. Ind. Sugarcane J., **13**, 319-323.

Singh, V.N. und Prasad, C.R. (1990): Effect of insecticides on yield, juice quality and nutrient uptake of sugarcane (*Saccharum officinarum*) in a calcareous soil. Indian Journal of Agricultural Sciences, **60** (1), 83-85.

Singram, P. und Manickam T.S. (1978): Study on the Influence of Some Pesticide Application on the Uptake of Nitrogen and Phosphorus. Madras Agric. Journal, **65** (1), 25-27.

Somasundaram, P. (1981): Studies on the effect of placement of treated urea fertilizer on lowland rice. MSc (Ag) Thesen, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore.

Somda, Z.C.; Phatak, S.C. und Mills, H.A. (1991): Influence of biocides on tomato nitrogen uptake and soil nitrification and denitrification. Journal of plant nutrition, **14** (11), 1187-1199.

Szynal, J. (1992): Effect of Selected Herbicides on Protein Content and Amino Acid Composition in Winter Wheat Grain. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, **25** (3), 237-241.

Tamilselvan, C.; Sundararaj, R. und David, B.V. (1991): Influence of Certain Insecticides on the Chemical and Yield Parameters of Cotton. Intern. J. Trop. Agric., **IX** (4), 267-271.

Thakre, S.K. und Saxena, S.N. (1972): Effect of Chlorinated Insecticides on Plant Growth and Uptake of Nutrients by Wheat and Maize. J. Indian Soc. Soil Sci., **20** (1), 45-48.

Thakur, R.B.; Mishra S.S. und Sharma, N.N. (1988): Effect of pesticides on N-use efficiency and growth dynamic in rice. Indian J. Agron., **33** (2), 181-185.

Thier, H.-P. und Frehse H. (1986): Rückstandsanalytik von Pflanzenschutzmitteln. Analytische Chemie für die Praxis, Georg Thieme Verlag Stuttgart New York.

Topp, E.M.; Scheunert, I. und Attar, A. (1986): Factors affecting the uptake of ^{14}C-labeled organic chemicals by plants from soil. Ecotox. Environ. Safety, **11**, 219-228.

Topp, E.M.; Scheunert, I. und Korte, F. (1989): Kinetics of the uptake of ^{14}C-labeled chlorinated benzenes from soil by plant. Ecotox. Environ. Safetty, **17**, 157-166.

VDLUFA (1988): Bestimmung von Aminosäuren. Aminosäuren 4.11.1, Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch III, 2. Erg., VDLUFA-Verlag Darmstadt, 1-5.

Venugopal, M.S. und Litsinger, J.A. (1980): Carbofuran - a direct growth stimulant of rice. International Rice Research Institute Saturday Seminar, May 24, 1980.

Venugopal, M.S. (1981): Phytotonic effect of insecticides with special emphasis on Carbofuran. Terminal report, International Rice Research Institut, Los Banos, Philippines, 89 pp.

Wiedman, S.J. und Appleby, A.P. (1972): Plant Growth Stimulation by Sublethal Concentrations of Herbicides. Weed Res., **12** , 65-74.

Wild, A. und Wendler, C. (1991): Effect of Glucosinate (Phosphinothricin) on Amino Acid Content, Photorespiration and Photosynthesis. Pesticide science,. **30** (4), 422-424.

Woda-Lesniewska, M. (1994): The Influence of Carbofuran and Metribuzin on Biological and Nutritive Value of Protein from Potato Tubes, Mater. Ses. Nauk. Inst. Ochr. Rosl. (Poznan), **35** (½), 85-89.

Wolfe, N.L.; Zepp, R.G.; Paris, D.E.; Boughmna, G.L. und Hollis, R.C. (1977): Methoxychlor and DDT degradation in water rates and products. Environ. Sci. Technol., **11**, 1077-1081.

Wolfson J.L. und Shearer G. (1981): Amino Acid Composition of Grain Protein of Maize Grown with and without Pesticides and Standard Commercial Fertilizers. Agronomy Journal, **73** (July-August), 611-613.

Wort, D.J. (1964): Responses of plants to sublethal concentrations of 2,4-D, without and with added minerals. The Physiology and Biochemistry of Herbicides (Ed. by L.J. Audus), pp. 335-342. Academic Press, London.

Wu, M.T.; Singh, B. und Salunkhe D.K. (1971): Influence of s-Triazines on Some Enzymes of Carbohydrates and Nitrogen Metabolism in Leaves of Pea (*Pisum sativum*) and Sweet Corn (*Zea mays*). Plant Physiol., **48**, 517-520.

Wybieralska, A. und Wybieralski, J. (1985): Biological Value Appraisal, Based on Amino Acids Composition, of Wheat Grain Treated with Urea Herbicides. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, **18** (2), 154-158.

Zwolinska-Sniatalowa, Z. (1984): The Influence of Pesticides on the Content of essential Amino Acids in Plants. Mater. Ses. Nauk. Inst. Ochr. Rosl. (Poznan), **26** (2),163-170.

7. Anhang

7.1 Versuchspläne

7.1.1 Versuch G1/97

1. Allgemeine Angaben

Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf den Stickstoffentzug, den Trockenmasseertrag und die Wasseraufnahme von Mais in Abhängigkeit von der Bodenart und der Vegetationszeit

2. Prüfglieder

2.1 Prüffaktoren und –stufen

A – Boden
a_1 - Löß-Schwarzerde
[Bad Lauchstädt (Ausgleichsfläche)]
a_2 - Sand-Braunerde
[Müncheberg (Ausgleichsfläche)]

B – Pestizide
b_1 - ohne
b_2 - Terbuthylazin
b_3 - Methoxychlor

C – Pestizidkonzentrationen
c_1 - ohne
c_2 - einfach
c_3 - 10fach

D – Ernten (nach ... Tagen)
d_1 - 30
d_2 - 60
d_3 - 90
d_4 - 120

2.2 Versuchsdauer

30.03.1997 - 30.08.1997

2.3 Gefäße

	Gefäße - Mais	Σ Gefäße
Bodenarten	2	2
Pestizidarten	3	6
Pestizidkonzentrationen	3	(18)
Ernten	4	(72)
Wiederholungen	4	(288)
Σ Gefäße – unter Berücksichtigung der Scheinkombinationen		**160**

7. Anhang

3. Konstante Faktoren

3.1 Bedingungen

Temperatur
Lichtgang
Feuchte

3.2 Boden

8,6 kg Boden pro Gefäß [Bad Lauchstädt] - 80 Gefäße
9,5 kg Boden pro Gefäß [Müncheberg] - 80 Gefäße

4. Prüfmerkmale

4.1 Pflanze

Wasserverbrauch (gesamter Versuchszeitraum)
Frischmasse (ober- und unterirdisch)
Trockenmasse (ober- und unterirdisch)
Gesamtstickstoffgehalt
Pestizidrückstände

4.2 Boden

Gesamtstickstoffgehalt
Pestizidrückstände

5. Applikationsdosis

Pestizide (im Bezug zur Gefäßfläche [380,13 cm^2])

- Terbuthylazin - 3,725 und 37,25 mg
- Methoxychlor - 0,57 und 5,7 mg

Dünger

- 2,8 g N als NH_4NO_3
- 1,0 g Ca als $CaHPO_4 \times 2\ H_2O$
- 1,0 g K als K_2SO_4 und 0,23 g Mg als $MgSO_4 \times 7\ H_2O$ als K-Mg - Lösung

- 3 ml 5 %'ige $FeCl_3$ - Lösung
- 1,5 ml A-Z Spurenelementlösung nach Hoagland [SCHROPP 1951]

6. Versuchsanlage

- Gefäßversuch (KICK BRAUCKMANN-Gefäße)
- Anzahl der Pflanzen pro Gefäß: 8
- Anzahl der Gefäße: 160

7.1.2 Versuch G1/98

1. Allgemeine Angaben

Einfluß von Methoxychlor auf das Aminosäuremuster, den Stickstoffentzug, den Trockenmasseertrag und die Wasseraufnahme von Mais und Sommergerste in Abhängigkeit von der Bodenart und der Vegetationszeit

2. Prüfglieder

2.1 Prüffaktoren und –stufen

A – Boden	a_1 - Löß-Schwarzerde [Bad Lauchstädt (Ausgleichsfläche)] a_2 - Sand-Braunerde [Müncheberg (Ausgleichsfläche)]
B – Pflanzen	b_1 - Mais b_2 - Sommergerste
C – Pestizid	c_1 - ohne c_2 - Methoxychlor
D – Pestizidkonzentrationen	d_1 - ohne d_2 - einfach d_3 - 10fach
E – Ernten (nach ... Tagen	für Mais: $e_{1.1}$ - 30, $e_{2.1}$ - 45, $e_{3.1}$ - 60, $e_{4.1}$ - 90, $e_{5.1}$ - 105, $e_{6.1}$ - 120 für Sommergerste: $e_{1.2}$ - 30, $e_{2.2}$ - 60, $e_{3.2}$ - 90, $e_{4.2}$ - 120

2.2 Versuchsdauer

17.03.1998 - 19.08.1998

7. Anhang

2.3 Gefäße

	Gefäße - Mais	Σ Gefäße Mais	Gefäße - Sommergerste	Σ Gefäße Sommergerste
Bodenarten	2	2	2	2
Pestizid	2	4	2	4
Pestizidkonzentrationen	3	(12)	3	(12)
Ernten	6	(72)	4	(48)
Wiederholungen	3	(216)	3	(144)
Σ Gefäße – unter Berücksichtigung der Scheinkombinationen		108		72
Σ Gefäße insgesamt		**180**		

3. Konstante Faktoren

3.1 Bedingungen

Temperatur
Lichtgang
Feuchte

3.2 Boden

8.6 kg Boden pro Gefäß [Bad Lauchstädt] - 90 Gefäße
9.5 kg Boden pro Gefäß [Müncheberg] - 90 Gefäße

4. Prüfmerkmale

4.1 Pflanze

Wasserverbrauch (gesamter Versuchszeitraum)
Frischmasse (ober- und unterirdisch)
Trockenmasse (ober- und unterirdisch)
Pestizidrückstände
Gesamtstickstoffgehalt
Aminosäuremuster

4.2 Boden

Gesamtstickstoffgehalt
Pestizidrückstände

5. Applikationsdosis

Pestizide (im Bezug zur Gefäßfläche [380,13 cm^2])

- Methoxychlor - 0,57 und 5,7 mg

Dünger

- 2,8 g N als NH_4NO_3
- 1,0 g Ca als $CaHPO_4 \times 2\ H_2O$
- 1,0 g K als K_2SO_4 und 0,23 g Mg als $MgSO_4 \times 7\ H_2O$ als K-Mg - Lösung
- 3 ml 5 %'ige $FeCl_3$ - Lösung
- 1,5 ml A-Z Spurenelementlösung nach Hoagland [SCHROPP 1951]

6. Versuchsanlage

- Gefäßversuch (KICK BRAUCKMANN-Gefäße)
- Anzahl der Pflanzen pro Gefäß: Mais 8
  Sommergerste 20
- Anzahl der Gefäße: 180

7.2 Abbildungen

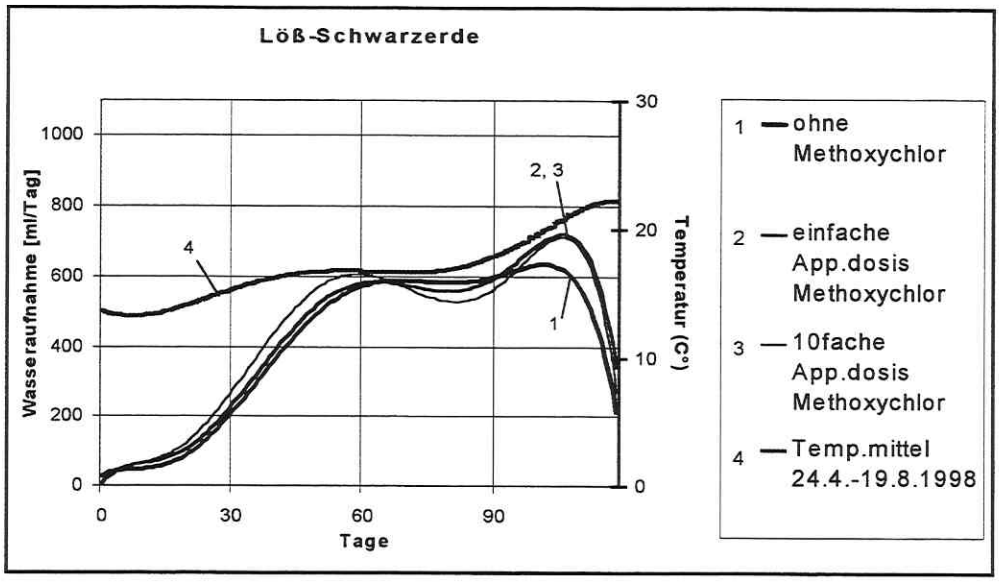


Abb. 22A: Einfluß von Methoxychlor auf den täglichen Wasserverbrauch von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde

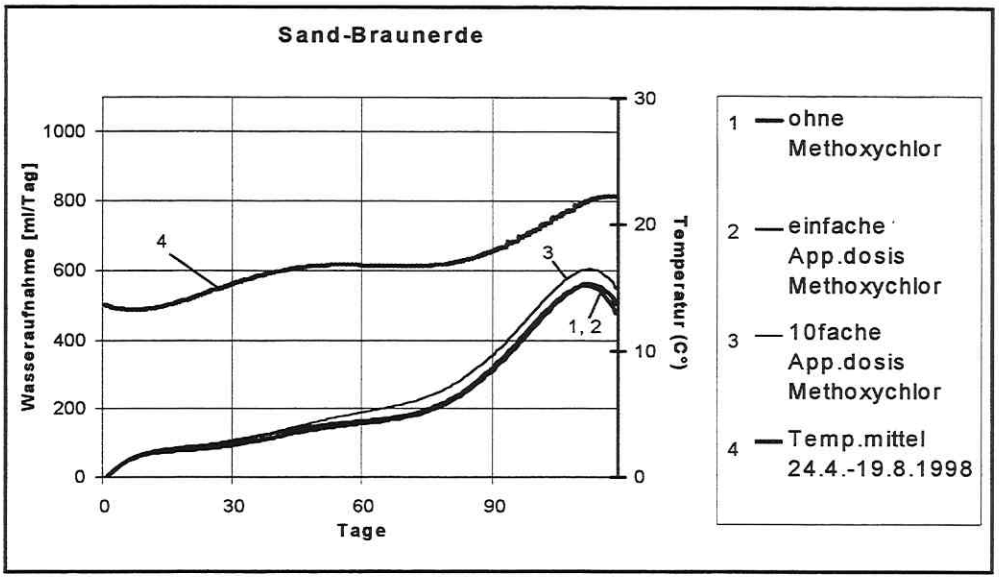


Abb. 23A: Einfluß von Methoxychlor auf den täglichen Wasserverbrauch von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Sand-Braunerde

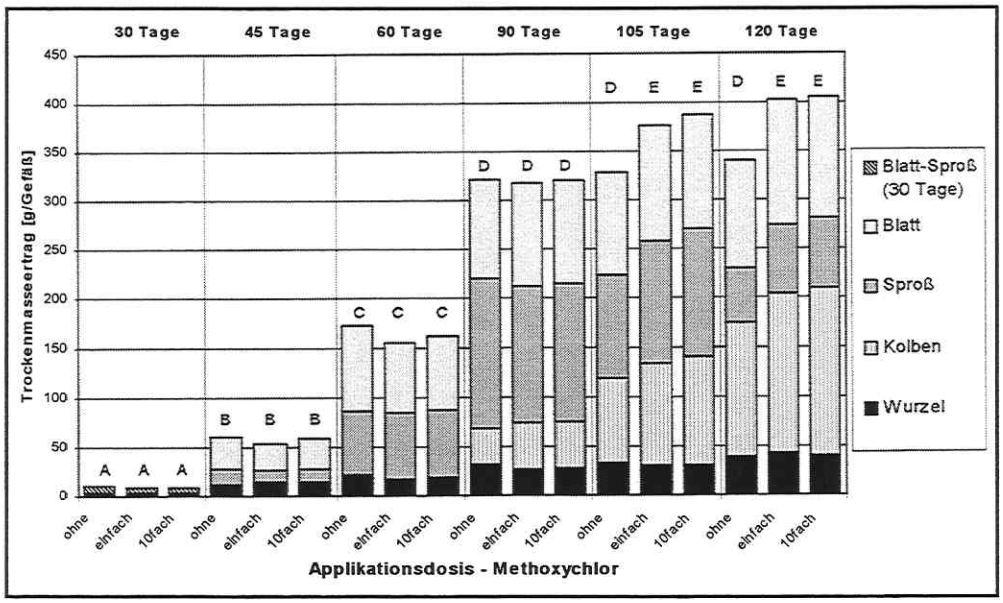


Abb. 24A: Einfluß von Methoxychlor auf den Trockenmasseertrag von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde*

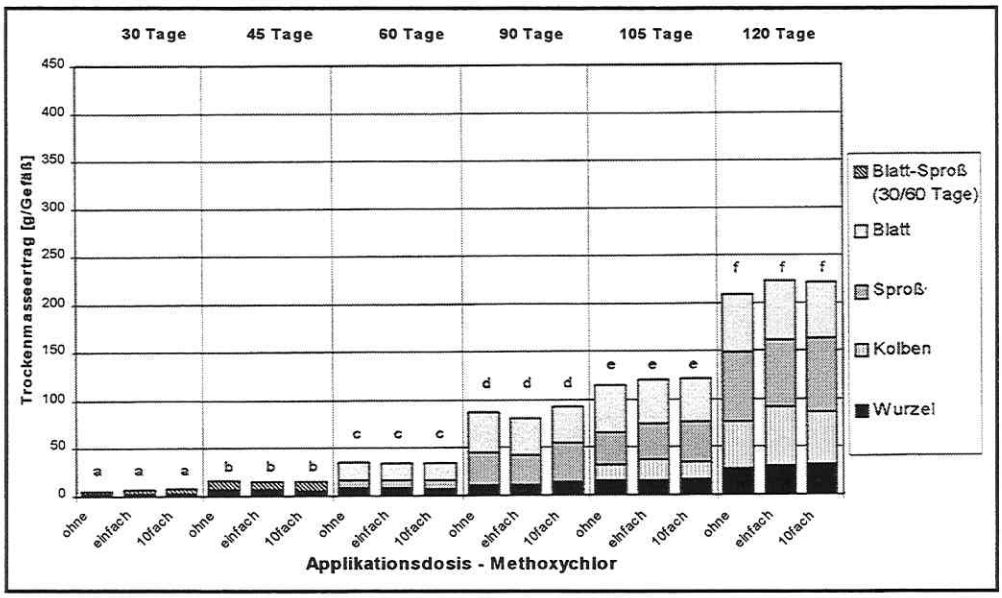


Abb. 25A: Einfluß von Methoxychlor auf den Trockenmasseertrag von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Sand-Braunerde*

* unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0{,}05$

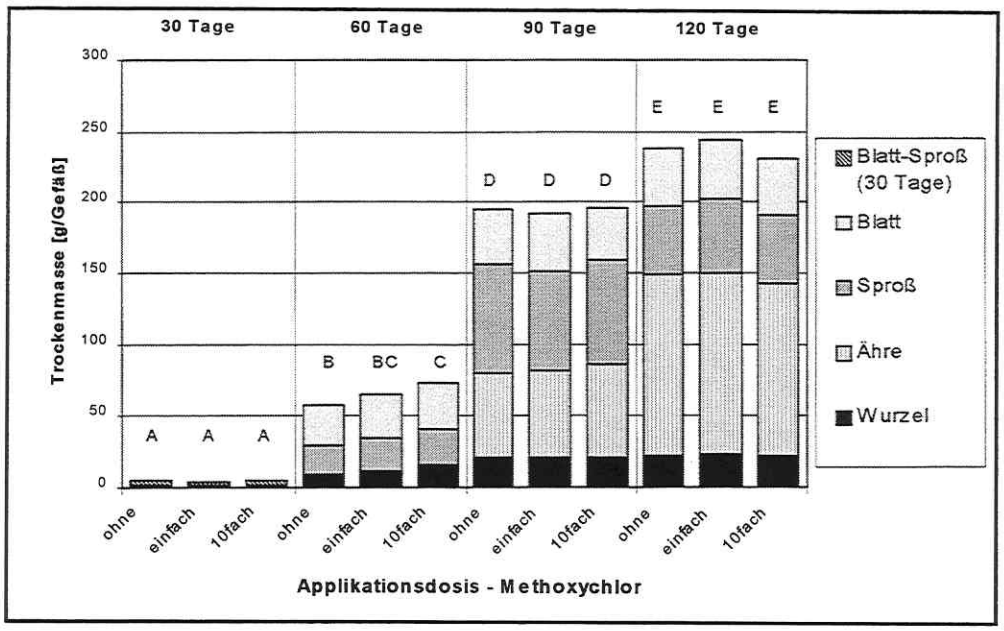


Abb. 26A: Einfluß von Methoxychlor auf den Trockenmasseertrag von Sommergerste in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde*

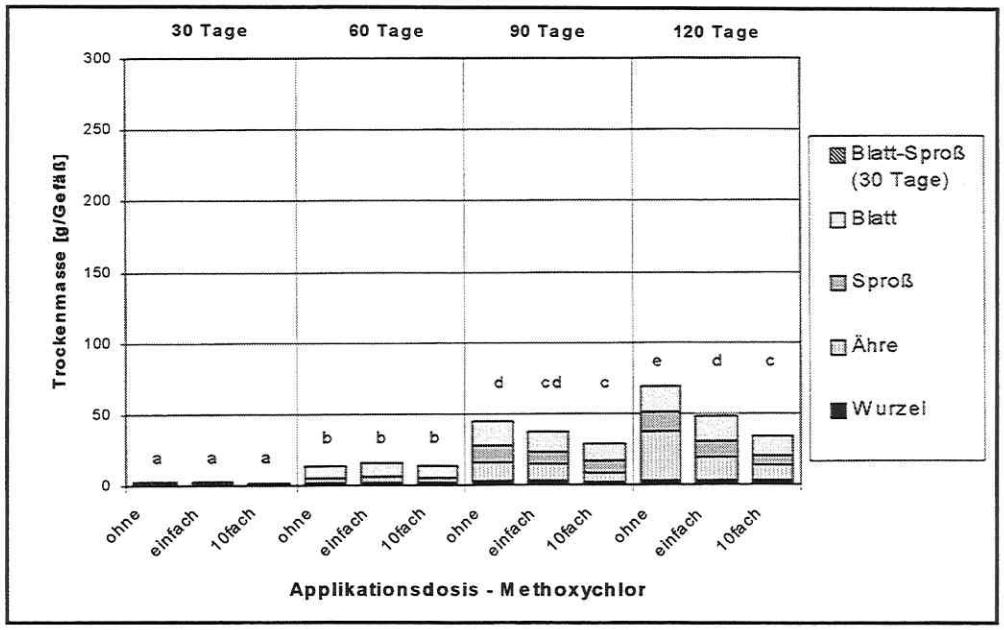


Abb. 27A: Einfluß von Methoxychlor auf den Trockenmasseertrag von Sommergerste in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Sand-Braunerde*

* unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0{,}05$

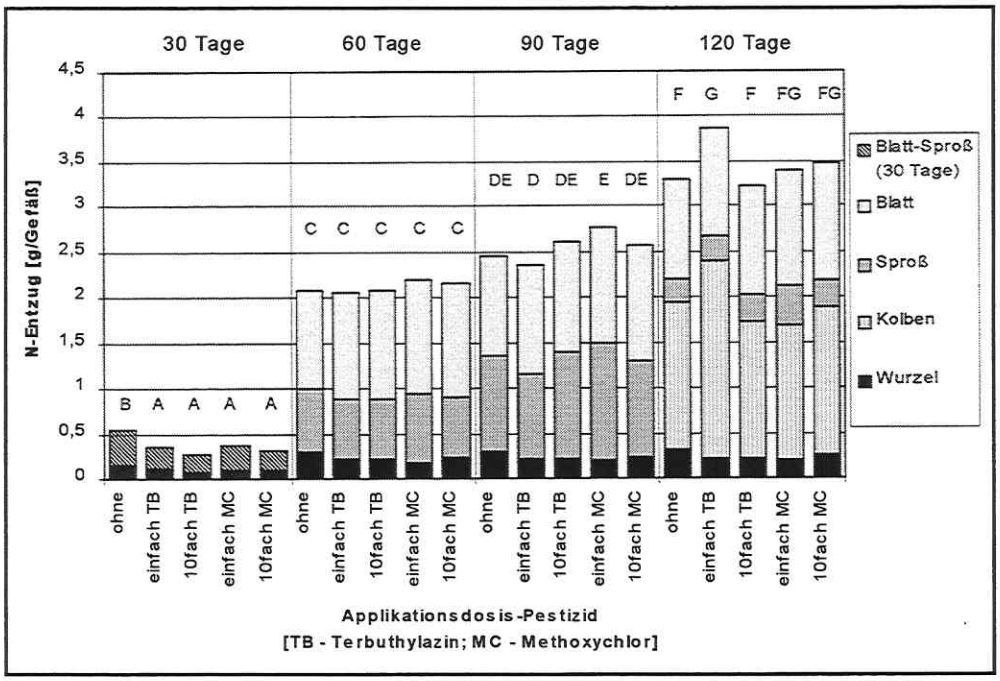


Abb. 28A: Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf den Stickstoffentzug von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Löß-Schwarzerde*

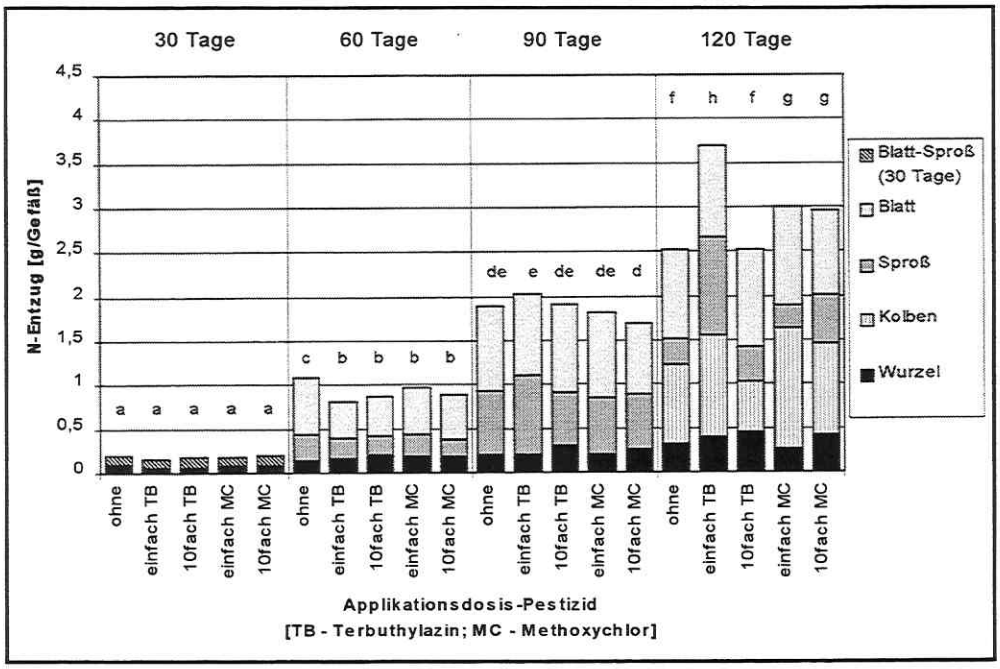


Abb. 29A: Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf den Stickstoffentzug von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Sand-Braunerde*

* unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0{,}05$

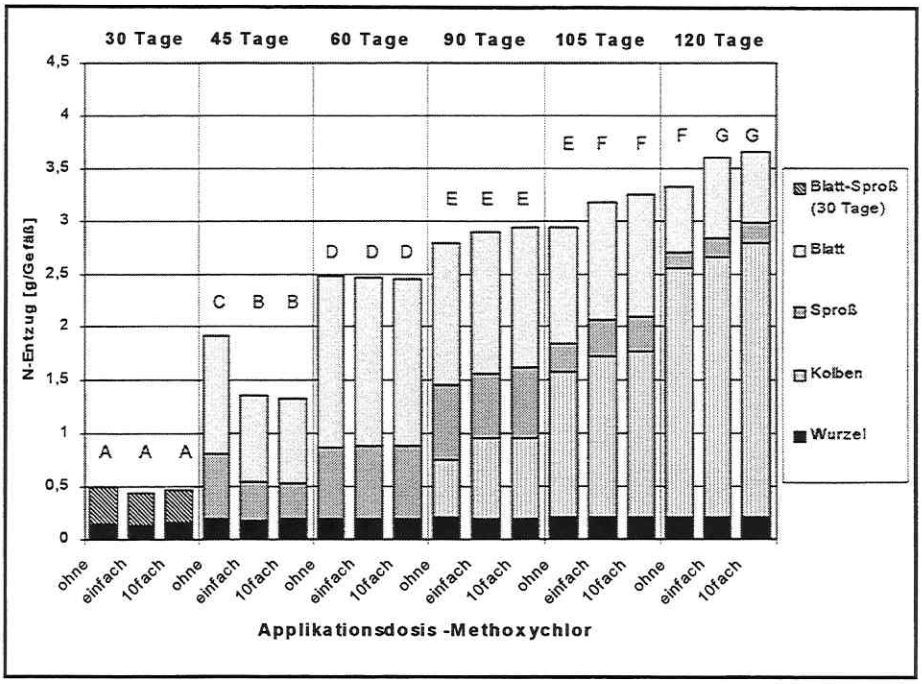


Abb. 30A: Einfluß von Methoxychlor auf den Stickstoffentzug von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde*

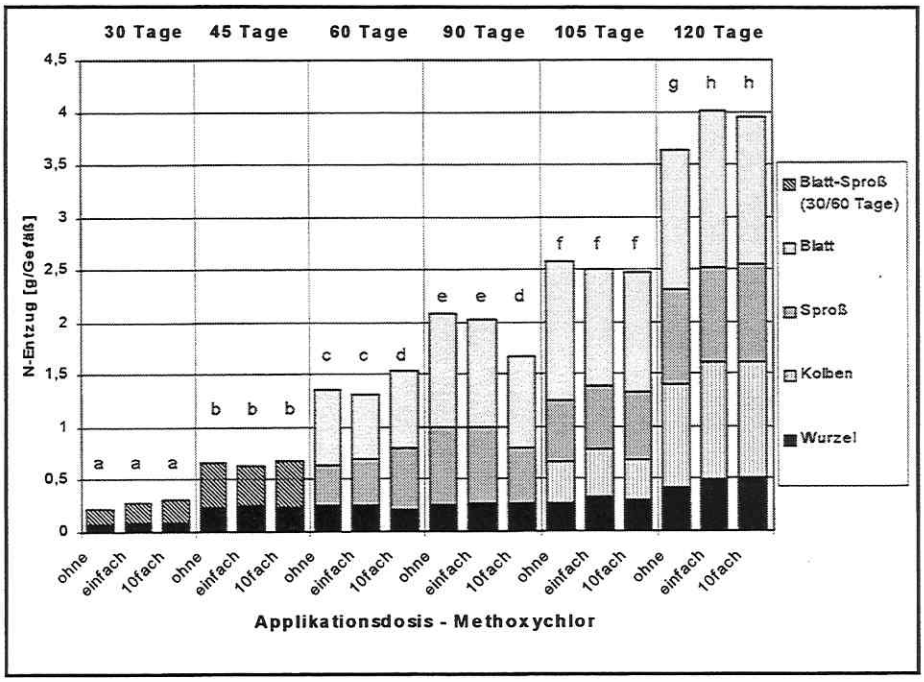


Abb. 31A: Einfluß von Methoxychlor auf den Stickstoffentzug von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Sand-Braunerde*

* unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0{,}05$

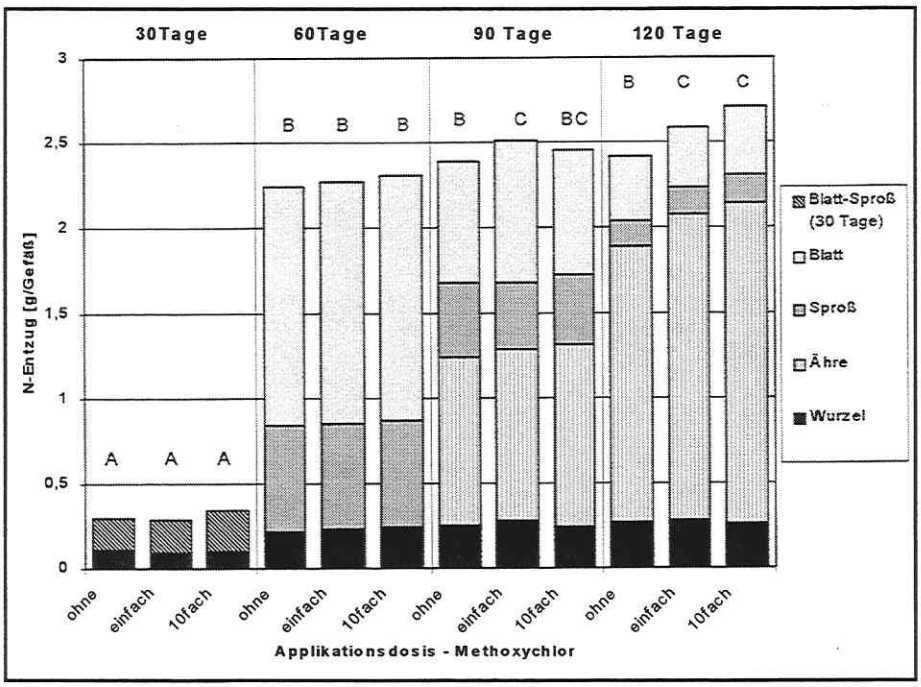


Abb. 32A: Einfluß von Methoxychlor auf den Stickstoffentzug von Sommergerste in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde*

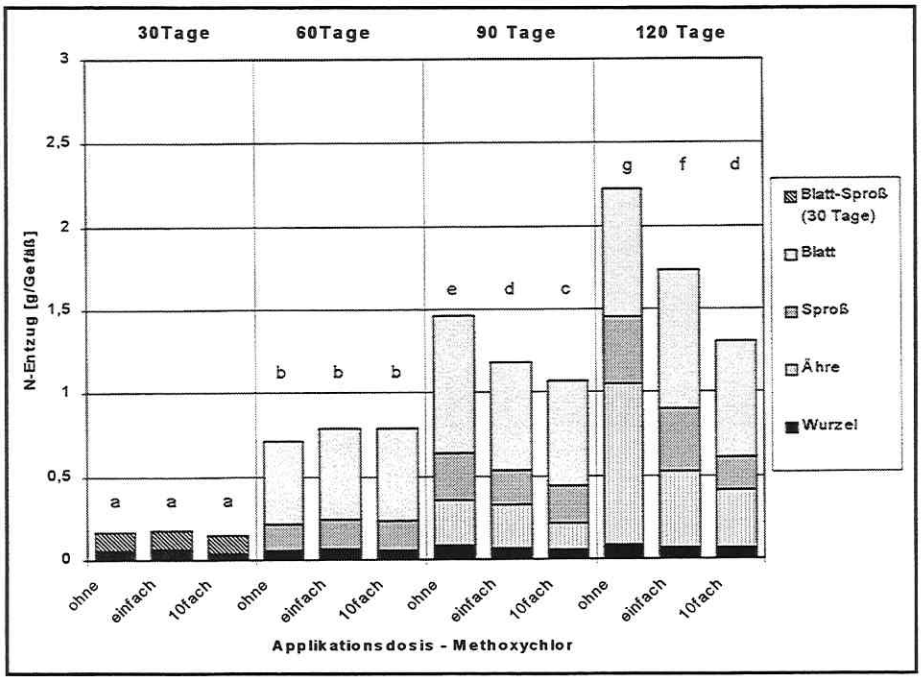


Abb. 33A: Einfluß von Methoxychlor auf den Stickstoffentzug von Sommergerste in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Sand-Braunerde*

* unterschiedliche Buchstaben (z.B.: A, B, a, b ...) stehen für signifikante Unterschiede bei $\alpha < 0{,}05$

7.3 Meßwerte

Tab. 22A: Mittlere Trockenmasseerträge [g/Gefäß] (n=4) einzelner Maisorgane mit und ohne Pestizidapplikation zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Löß-Schwarzerde (o.) und Sand-Braunerde (u.)

Löß-Schwarzerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	SD	Blatt	SD	Sproß	SD	Wurzel	SD	Kolben	SD
30 Tage	Kontrolle	7,36	2,54	-	-	-	-	3,64	1,21	-	-
	einfach TB	4,54	1,16	-	-	-	-	2,56	0,51	-	-
	10fach TB	3,52	0,89	-	-	-	-	1,86	0,34	-	-
	einfach MC	5,12	1,55	-	-	-	-	2,45	0,89	-	-
	10fach MC	4,065	1,34	-	-	-	-	2,35	0,64	-	-
60 Tage	Kontrolle	-	-	58,33	7,05	38,5	4,54	25,74	3,73	-	-
	einfach TB	-	-	50,1	6,1	25,42	3,14	11,25	2,99	-	-
	10fach TB	-	-	50,98	5,89	25,5	2,76	12,17	0,78	-	-
	einfach MC	-	-	49,9	5,55	29,1	3,78	10,53	1,89	-	-
	10fach MC	-	-	54,4	6,74	26,3	2,57	13,23	2,18	-	-
90 Tage	Kontrolle	-	-	76,73	13,4	134,1	9,46	29,9	4,5	-	-
	einfach TB	-	-	77,95	16,2	126,4	17,7	23,4	2,28	-	-
	10fach TB	-	-	81	18,1	119,2	23,5	23,13	1,09	-	-
	einfach MC	-	-	86,3	17,9	107,3	19,9	23,64	3,54	-	-
	10fach MC	-	-	85,64	15,5	117,9	18,4	22,4	2,87	-	-
120 Tage	Kontrolle	-	-	83,52	14,1	68,25	13,5	32,2	5,34	135,22	15,8
	einfach TB	-	-	101,8	25,7	74,54	17,5	27,6	6,12	210,9	16,4
	10fach TB	-	-	91,7	19,6	77,73	18,8	26,35	5,48	156,7	11,5
	einfach MC	-	-	113,7	23,4	92,27	16,3	36,1	7,01	160,5	8,71
	10fach MC	-	-	102,2	20,0	86,82	16,4	29	4,76	179,4	13,5

Sand-Braunerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	SD	Blatt	SD	Sproß	SD	Wurzel	SD	Kolben	SD
30 Tage	Kontrolle	1,7	0,56	-	-	-	-	1,84	0,52	-	-
	einfach TB	1,81	0,51	-	-	-	-	1,34	0,37	-	-
	10fach TB	1,88	0,48	-	-	-	-	1,34	0,41	-	-
	einfach MC	1,76	0,49	-	-	-	-	1,5	0,34	-	-
	10fach MC	2	0,62	-	-	-	-	1,6	0,45	-	-
60 Tage	Kontrolle	-	-	22,36	5,91	7,89	1,43	6,18	1,76	-	-
	einfach TB	-	-	13,74	4,12	7,21	2,17	5,36	1,74	-	-
	10fach TB	-	-	14,12	4,5	5,54	1,52	8,35	2,04	-	-
	einfach MC	-	-	15,75	3,99	6,845	1,36	6,14	2,0	-	-
	10fach MC	-	-	14,93	4,23	4,81	1,07	6,56	0,89	-	-
90 Tage	Kontrolle	-	-	44,4	5,68	32,5	7,01	11,27	1,93	-	-
	einfach TB	-	-	40,1	7,76	33,26	6,74	8,4	1,69	-	-
	10fach TB	-	-	39,31	6,55	33,42	6,48	15,36	3,18	-	-
	einfach MC	-	-	41,66	6,89	30,71	5,76	10,97	2,98	-	-
	10fach MC	-	-	36,96	6,13	29,57	5,16	12,33	2,49	-	-
120 Tage	Kontrolle	-	-	62,7	8,88	47,01	8,21	37,1	7,12	57,6	7,2
	einfach TB	-	-	49	8,45	53,33	7,94	29,15	5,12	87,5	9,7
	10fach TB	-	-	57,52	9,84	51,9	8,36	32,15	6,38	43,54	6,3
	einfach MC	-	-	62,93	10,9	40,11	7,59	28,54	6,07	89,98	10,1
	10fach MC	-	-	57,7	7,63	49,57	7,86	38,31	8,45	55,69	8,9

TB – Terbuthylazin; MC – Methoxychlor

Tab. 23A: Mittlere Trockenmasseerträge [g/Gefäß] (n=3) einzelner Maisorgane mit und ohne Methoxychlorapplikation zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde (o.) und Sand-Braunerde (u.)

Löß-Schwarzerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	SD	Blatt	SD	Sproß	SD	Wurzel	SD	Kolben	SD
30 Tage	Kontrolle	7,02	1,73	-	-	-	-	4,06	0,77	-	-
	einfach MC	6,07	1,48	-	-	-	-	3,96	0,38	-	-
	10fach MC	6,31	1,56	-	-	-	-	3,81	0,65	-	-
45 Tage	Kontrolle	-	-	32,57	3,04	16,48	1,28	12	1,12	-	-
	einfach MC	-	-	27,91	2,51	12	0,89	14,66	1,29	-	-
	10fach MC	-	-	30,42	2,94	13,22	1,14	15,54	1,37	-	-
60 Tage	Kontrolle	-	-	86,62	6,84	64,71	5,22	21,15	1,56	-	-
	einfach MC	-	-	69,8	5,87	67,66	4,72	18,02	1,3	-	-
	10fach MC	-	-	74,8	3,49	68,96	5,45	18,72	1,29	-	-
90 Tage	Kontrolle	-	-	100,8	9,24	151,3	13,6	32,53	2,01	36,83	3,57
	einfach MC	-	-	106,4	8,56	137,4	12,4	27,28	1,56	46,89	3,48
	10fach MC	-	-	105,6	10,1	139,2	12,2	28,89	1,75	47,17	4,87
105 Tage	Kontrolle	-	-	105,9	10	103,2	8,85	33,28	1,37	86,31	7,15
	einfach MC	-	-	118,9	8,89	123,2	11,4	30,51	1,86	103,71	8,56
	10fach MC	-	-	117,6	10,3	128,5	10,9	31,51	1,78	109,61	7,94
120 Tage	Kontrolle	-	-	111,0	10,3	55,76	3,16	38,53	2,34	135,45	9,59
	einfach MC	-	-	128,9	12,6	69,53	3,41	42,87	2,45	161,41	13,4
	10fach MC	-	-	123,5	11,7	72,56	4,42	40,88	1,92	168,16	14,9

Sand-Braunerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	SD	Blatt	SD	Sproß	SD	Wurzel	SD	Kolben	SD
30 Tage	Kontrolle	2,89	0,71	-	-	-	-	2,37	0,24	-	-
	einfach MC	4,13	1,16	-	-	-	-	2,77	0,45	-	-
	10fach MC	4,82	1,23	-	-	-	-	2,81	0,58	-	-
45 Tage	Kontrolle	9,44	2,87	-	-	-	-	6,77	1,16	-	-
	einfach MC	9,13	3,45	-	-	-	-	6,52	1,03	-	-
	10fach MC	9,03	2,64	-	-	-	-	5,77	0,92	-	-
60 Tage	Kontrolle	-	-	20,04	1,56	8,43	2,01	7,59	1,15	-	-
	einfach MC	-	-	17,06	2,78	9,2	2,56	7,68	1,25	-	-
	10fach MC	-	-	16,87	2,45	9,65	2,73	7,24	1,07	-	-
90 Tage	Kontrolle	-	-	41,69	3,55	34,76	4,81	10,79	1,89	-	-
	einfach MC	-	-	39,52	3,73	30,61	4,74	11,24	1,81	-	-
	10fach MC	-	-	38,52	3,89	41,45	5,19	13,14	2,04	-	-
105 Tage	Kontrolle	-	-	48,75	4,52	34,1	2,77	15	2,38	16,79	1,33
	einfach MC	-	-	45,27	3,98	38,06	3,88	15,66	2,21	21,35	1,84
	10fach MC	-	-	45,28	4,16	43,32	3,92	15,82	2,64	17,87	1,56
120 Tage	Kontrolle	-	-	60,9	4,55	72,81	7,39	27,01	3,91	49,16	5,71
	einfach MC	-	-	61,01	5,22	69,36	7,58	30,71	4,15	61,51	5,58
	10fach MC	-	-	58,16	4,61	76	8,91	31,29	4,48	55,45	3,46

MC - Methoxychlor

Tab. 24A: Mittlere Trockenmasseerträge [g/Gefäß] (n=3) einzelner Organe von Sommergerste mit und ohne Methoxychlorapplikation zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde (o.) und Sand-Braunerde (u.)

Löß-Schwarzerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	SD	Blatt	SD	Sproß	SD	Wurzel	SD	Ähre	SD
30 Tage	Kontrolle	2,68	0,51	-	-	-	-	2,2	0,31	-	-
	einfach MC	2,71	0,63	-	-	-	-	1,92	0,57	-	-
	10fach MC	3,36	0,84	-	-	-	-	1,98	0,73	-	-
60 Tage	Kontrolle	-	-	28,25	1,54	20,43	1,76	9,34	0,86	-	-
	einfach MC	-	-	30,34	1,84	23,73	2,41	11,02	1,12	-	-
	10fach MC	-	-	32,41	2,61	25,64	3,12	15,54	1,64	-	-
90 Tage	Kontrolle	-	-	39,28	3,37	75,74	6,47	20,92	2,71	59,24	4,73
	einfach MC	-	-	40,03	3,14	69,9	3,18	20,96	2,54	60,68	4,15
	10fach MC	-	-	37,5	2,89	72,78	4,52	20,9	2,68	65,44	5,31
120 Tage	Kontrolle	-	-	41,36	3,66	48,23	4,37	22,3	2,31	126,36	12,7
	einfach MC	-	-	41,37	3,71	52,66	5,02	23,44	2,34	126,6	10,8
	10fach MC	-	-	39,98	3,09	48,25	4,26	22,07	2,61	120,81	13,4

Sand-Braunerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	SD	Blatt	SD	Sproß	SD	Wurzel	SD	Ähre	SD
30 Tage	Kontrolle	1,64	0,27	-	-	-	-	1,15	0,12	-	-
	einfach MC	1,62	0,14	-	-	-	-	1,35	0,15	-	-
	10fach MC	1,56	0,18	-	-	-	-	0,82	0,08	-	-
60 Tage	Kontrolle	-	-	8,28	2,03	3,37	0,51	1,91	0,43	-	-
	einfach MC	-	-	8,97	2,27	3,87	0,78	2,61	0,57	-	-
	10fach MC	-	-	8,22	1,94	3,66	0,68	1,68	0,28	-	-
90 Tage	Kontrolle	-	-	16,86	2,71	11,73	2,13	3,44	0,81	12,66	1,89
	einfach MC	-	-	13,24	2,54	8,26	1,88	2,72	0,64	12,48	2,15
	10fach MC	-	-	12,3	2,39	7,65	1,64	2,17	0,46	6,83	1,43
120 Tage	Kontrolle	-	-	17,74	2,63	13,62	2,22	3,54	0,79	34,03	3,51
	einfach MC	-	-	17,59	2,79	11,92	2,41	3,44	0,61	15,15	2,04
	10fach MC	-	-	14,12	2,31	6,11	0,78	2,79	0,53	11,28	1,64

MC - Methoxychlor

Tab. 25A: Mittlerer Stickstoffentzug [g/Gefäß] (n=4) einzelner Maisorgane mit und ohne Pestizidapplikation zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Löß-Schwarzerde (o.) und Sand-Braunerde (u.)

Löß-Schwarzerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	SD	Blatt	SD	Sproß	SD	Wurzel	SD	Kolben	SD
30 Tage	Kontrolle	0,393	0,014	-	-	-	-	0,162	0,006	-	-
	einfach TB	0,236	0,013	-	-	-	-	0,114	0,005	-	-
	10fach TB	0,185	0,009	-	-	-	-	0,086	0,002	-	-
	einfach MC	0,266	0,011	-	-	-	-	0,101	0,002	-	-
	10fach MC	0,211	0,01	-	-	-	-	0,094	0,002	-	-
60 Tage	Kontrolle	-	-	1,091	0,031	0,697	0,022	0,298	0,016	-	-
	einfach TB	-	-	1,178	0,034	0,661	0,023	0,216	0,018	-	-
	10fach TB	-	-	1,196	0,039	0,668	0,018	0,213	0,02	-	-
	einfach MC	-	-	1,26	0,04	0,765	0,017	0,177	0,009	-	-
	10fach MC	-	-	1,275	0,028	0,663	0,02	0,233	0,011	-	-
90 Tage	Kontrolle	-	-	1,099	0,023	1,06	0,018	0,301	0,021	-	-
	einfach TB	-	-	1,194	0,026	0,932	0,021	0,224	0,01	-	-
	10fach TB	-	-	1,205	0,038	1,186	0,029	0,219	0,009	-	-
	einfach MC	-	-	1,273	0,03	1,31	0,032	0,191	0,009	-	-
	10fach MC	-	-	1,286	0,042	1,046	0,022	0,243	0,012	-	-
120 Tage	Kontrolle	-	-	1,107	0,033	0,249	0,014	0,31	0,024	1,636	0,051
	einfach TB	-	-	1,208	0,035	0,268	0,016	0,226	0,013	2,172	0,094
	10fach TB	-	-	1,213	0,033	0,289	0,012	0,223	0,012	1,504	0,063
	einfach MC	-	-	1,284	0,024	0,421	0,019	0,2	0,012	1,493	0,071
	10fach MC	-	-	1,291	0,04	0,303	0,01	0,246	0,012	1,632	0,066

Sand-Braunerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	SD	Blatt	SD	Sproß	SD	Wurzel	SD	Kolben	SD
30 Tage	Kontrolle	0,101	0,005	-	-	-	-	0,092	0,003	-	-
	einfach TB	0,105	0,004	-	-	-	-	0,056	0,001	-	-
	10fach TB	0,114	0,004	-	-	-	-	0,067	0,001	-	-
	einfach MC	0,107	0,005	-	-	-	-	0,078	0,001	-	-
	10fach MC	0,123	0,006	-	-	-	-	0,071	0,002	-	-
60 Tage	Kontrolle	-	-	0,657	0,035	0,29	0,016	0,139	0,006	-	-
	einfach TB	-	-	0,423	0,021	0,245	0,014	0,149	0,006	-	-
	10fach TB	-	-	0,463	0,025	0,204	0,011	0,205	0,011	-	-
	einfach MC	-	-	0,535	0,031	0,248	0,012	0,182	0,009	-	-
	10fach MC	-	-	0,528	0,034	0,193	0,01	0,174	0,01	-	-
90 Tage	Kontrolle	-	-	0,965	0,064	0,739	0,035	0,189	0,007	-	-
	einfach TB	-	-	0,921	0,051	0,911	0,049	0,203	0,01	-	-
	10fach TB	-	-	0,998	0,043	0,620	0,034	0,29	0,012	-	-
	einfach MC	-	-	0,962	0,03	0,657	0,028	0,202	0,009	-	-
	10fach MC	-	-	0,824	0,042	0,63	0,036	0,249	0,011	-	-
120 Tage	Kontrolle	-	-	0,995	0,045	0,31	0,011	0,323	0,014	0,893	0,035
	einfach TB	-	-	1,035	0,062	1,095	0,069	0,385	0,015	1,181	0,063
	10fach TB	-	-	1,11	0,058	0,386	0,016	0,456	0,017	0,57	0,024
	einfach MC	-	-	1,101	0,032	0,25	0,014	0,262	0,013	1,386	0,064
	10fach MC	-	-	0,963	0,029	0,543	0,02	0,421	0,02	1,041	0,048

TB – Terbuthylazin; MC - Methoxychlor

Tab. 26A: Mittlerer Stickstoffentzug [g/Gefäß] (n=3) einzelner Maisorgane mit und ohne Methoxchlorapplikation zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde (o.) und Sand-Braunerde (u.)

Löß-Schwarzerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	SD	Blatt	SD	Sproß	SD	Wurzel	SD	Kolben	SD
30 Tage	Kontrolle	0,359	0,013	-	-	-	-	0,148	0,004	-	-
	einfach MC	0,312	0,013	-	-	-	-	0,134	0,003	-	-
	10fach MC	0,31	0,01	-	-	-	-	0,157	0,006	-	-
45 Tage	Kontrolle	-	-	1,103	0,048	0,626	0,027	0,188	0,006	-	-
	einfach MC	-	-	0,812	0,036	0,369	0,014	0,177	0,005	-	-
	10fach MC	-	-	0,792	0,035	0,352	0,015	0,185	0,006	-	-
60 Tage	Kontrolle	-	-	1,611	0,063	0,683	0,022	0,19	0,008	-	-
	einfach MC	-	-	1,572	0,065	0,7	0,03	0,189	0,007	-	-
	10fach MC	-	-	1,559	0,068	0,688	0,031	0,195	0,006	-	-
90 Tage	Kontrolle	-	-	1,342	0,045	0,699	0,027	0,199	0,01	0,555	0,016
	einfach MC	-	-	1,335	0,054	0,594	0,019	0,192	0,007	0,773	0,021
	10fach MC	-	-	1,308	0,049	0,667	0,023	0,198	0,008	0,763	0,017
105 Tage	Kontrolle	-	-	1,093	0,041	0,268	0,012	0,2	0,01	1,376	0,046
	einfach MC	-	-	1,108	0,044	0,341	0,018	0,203	0,009	1,523	0,056
	10fach MC	-	-	1,153	0,046	0,33	0,019	0,204	0,011	1,564	0,067
120 Tage	Kontrolle	-	-	0,623	0,032	0,143	0,005	0,205	0,009	2,349	0,113
	einfach MC	-	-	0,764	0,041	0,181	0,008	0,209	0,012	2,445	0,109
	10fach MC	-	-	0,68	0,035	0,191	0,009	0,208	0,01	2,58	0,118

Sand-Braunerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	SD	Blatt	SD	Sproß	SD	Wurzel	SD	Kolben	SD
30 Tage	Kontrolle	0,142	0,008	-	-	-	-	0,079	0,002	-	-
	einfach MC	0,201	0,012	-	-	-	-	0,088	0,001	-	-
	10fach MC	0,225	0,015	-	-	-	-	0,084	0,002	-	-
45 Tage	Kontrolle	0,426	0,026	-	-	-	-	0,245	0,01	-	-
	einfach MC	0,389	0,017	-	-	-	-	0,251	0,009	-	-
	10fach MC	0,447	0,023	-	-	-	-	0,24	0,011	-	-
60 Tage	Kontrolle	-	-	0,72	0,04	0,392	0,018	0,247	0,015	-	-
	einfach MC	-	-	0,609	0,035	0,457	0,024	0,246	0,01	-	-
	10fach MC	-	-	0,732	0,042	0,598	0,032	0,208	0,009	-	-
90 Tage	Kontrolle	-	-	1,09	0,049	0,747	0,05	0,254	0,011	-	-
	einfach MC	-	-	1,022	0,052	0,733	0,042	0,266	0,013	-	-
	10fach MC	-	-	0,873	0,043	0,537	0,033	0,265	0,009	-	-
105 Tage	Kontrolle	-	-	1,326	0,063	0,571	0,056	0,27	0,013	0,404	0,02
	einfach MC	-	-	1,11	0,061	0,595	0,029	0,328	0,015	0,468	0,019
	10fach MC	-	-	1,145	0,054	0,653	0,054	0,296	0,011	0,384	0,016
120 Tage	Kontrolle	-	-	1,323	0,066	0,912	0,068	0,418	0,015	0,98	0,051
	einfach MC	-	-	1,486	0,075	0,908	0,071	0,493	0,018	1,116	0,057
	10fach MC	-	-	1,399	0,073	0,942	0,084	0,51	0,021	1,102	0,048

MC - Methoxychlor

Tab. 27A: Mittlerer Stickstoffentzug [g/Gefäß] (n=3) einzelner Organe von Sommergerste mit und ohne Methoxchlorapplikation zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde (o.) und Sand-Braunerde (u.)

Löß-Schwarzerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	SD	Blatt	SD	Sproß	SD	Wurzel	SD	Ähre	SD
30 Tage	Kontrolle	0,191	0,01	-	-	-	-	0,107	0,002	-	-
	einfach MC	0,195	0,006	-	-	-	-	0,094	0,003	-	-
	10fach MC	0,239	0,01	-	-	-	-	0,099	0,002	-	-
60 Tage	Kontrolle	-	-	1,397	0,057	0,626	0,025	0,216	0,011	-	-
	einfach MC	-	-	1,419	0,071	0,621	0,031	0,23	0,008	-	-
	10fach MC	-	-	1,435	0,066	0,633	0,029	0,236	0,009	-	-
90 Tage	Kontrolle	-	-	0,708	0,033	0,444	0,021	0,249	0,013	0,986	0,054
	einfach MC	-	-	0,831	0,041	0,398	0,022	0,277	0,016	1,009	0,066
	10fach MC	-	-	0,727	0,038	0,422	0,025	0,241	0,014	1,066	0,063
120 Tage	Kontrolle	-	-	0,376	0,033	0,148	0,013	0,266	0,014	1,628	0,088
	einfach MC	-	-	0,355	0,027	0,158	0,015	0,28	0,019	1,794	0,082
	10fach MC	-	-	0,396	0,025	0,163	0,018	0,263	0,02	1,883	0,073

Sand-Braunerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	SD	Blatt	SD	Sproß	SD	Wurzel	SD	Ähre	SD
30 Tage	Kontrolle	0,114	0,003	-	-	-	-	0,054	0,001	-	-
	einfach MC	0,115	0,004	-	-	-	-	0,063	0,001	-	-
	10fach MC	0,112	0,002	-	-	-	-	0,042	0	-	-
60 Tage	Kontrolle	-	-	0,5	0,03	0,158	0,013	0,057	0,001	-	-
	einfach MC	-	-	0,546	0,031	0,182	0,019	0,064	0,001	-	-
	10fach MC	-	-	0,55	0,034	0,182	0,02	0,052	0,002	-	-
90 Tage	Kontrolle	-	-	0,83	0,041	0,279	0,01	0,085	0,002	0,27	0,011
	einfach MC	-	-	0,644	0,041	0,207	0,021	0,066	0,001	0,265	0,016
	10fach MC	-	-	0,628	0,039	0,226	0,015	0,056	0	0,16	0,008
120 Tage	Kontrolle	-	-	0,771	0,034	0,399	0,022	0,086	0,001	0,965	0,043
	einfach MC	-	-	0,833	0,046	0,38	0,024	0,069	0,001	0,452	0,02
	10fach MC	-	-	0,692	0,032	0,196	0,012	0,061	0,001	0,355	0,024

MC - Methoxychlor

Tab. 28A: Mittlere PSM-Aufnahme [µg/Gefäß] (n=4) einzelner Maisorgane zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Löß-Schwarzerde (o.) und Sand-Braunerde (u.)

Löß-Schwarzerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	Blatt	Sproß	Wurzel	Kolben	gesamt
30 Tage	einfach TB	n.n.	-	-	0,556	-	0,556
	10fach TB	1,460	-	-	4,359	-	5,818
	einfach MC	0,001	-	-	0,004	-	0,004
	10fach MC	0,007	-	-	0,395	-	0,403
60 Tage	einfach TB	-	2,357	5,864	2,924	-	11,146
	10fach TB	-	5,617	10,52	36,761	-	52,902
	einfach MC	-	0,012	0,002	0,018	-	0,032
	10fach MC	-	0,104	0,062	1,694	-	1,860
90 Tage	einfach TB	-	4,225	12	8,332	-	24,560
	10fach TB	-	9,769	23,22	123,56	-	156,554
	einfach MC	-	0,022	0,010	0,078	-	0,110
	10fach MC	-	0,174	0,432	1,652	-	2,258
120 Tage	einfach TB	-	5,723	4,79	12,519	5,877	28,909
	10fach TB	-	12,82	14,07	151,91	10,453	189,251
	einfach MC	-	0,031	0,011	0,131	0,025	0,198
	10fach MC	-	1,049	0,532	1,093	0,053	2,727

Sand-Braunerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	Blatt	Sproß	Wurzel	Kolben	gesamt
30 Tage	einfach TB	n.n.	-	-	0,238	-	0,238
	10fach TB	0,358	-	-	1,387	-	1,745
	einfach MC	0,002	-	-	0,007	-	0,009
	10fach MC	0,049	-	-	0,281	-	0,330
60 Tage	einfach TB	-	0,210	0,057	1,060	-	0,238
	10fach TB	-	3,371	1,738	11,686	-	1,745
	einfach MC	-	0,016	0,003	0,036	-	0,056
	10fach MC	-	0,432	0,004	0,736	-	1,172
90 Tage	einfach TB	-	0,864	0,342	2,048	-	3,254
	10fach TB	-	10,35	6,229	58,824	-	75,408
	einfach MC	-	0,058	0,025	0,077	-	0,160
	10fach MC	-	1,113	0,036	0,482	-	1,632
120 Tage	einfach TB	-	1,33	0,713	9,085	3,332	14,460
	10fach TB	-	16,65	4,953	168,94	3,108	193,653
	einfach MC	-	0,102	0,045	0,270	0,034	0,451
	10fach MC	-	2,000	0,147	0,729	0,043	2,919

TB – Terbuthylazin; MC - Methoxychlor

Tab. 29A: Mittlere Methoxychloraufnahme [µg/Gefäß] (n=3) einzelner Maisorgane zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde (o.) und Sand-Braunerde (u.)

Löß-Schwarzerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	Blatt	Sproß	Wurzel	Kolben	gesamt
30 Tage	einfach MC	0,001	-	-	0,008	-	0,009
	10fach MC	0,011	-	-	0,649	-	0,660
45 Tage	einfach MC	-	0,006	n.n.	0,034	-	0,040
	10fach MC	-	0,054	0,097	1,291	-	1,442
60 Tage	einfach MC	-	0,016	0,003	0,045	-	0,064
	10fach MC	-	0,152	0,180	1,437	-	1,769
90 Tage	einfach MC	-	0,028	0,014	0,078	0,002	0,122
	10fach MC	-	0,249	0,517	1,622	0,001	2,388
105 Tage	einfach MC	-	0,033	0,010	0,089	0,005	0,137
	10fach MC	-	0,882	0,628	1,423	0,013	2,946
120 Tage	einfach MC	-	0,037	0,008	0,147	0,041	0,232
	10fach MC	-	1,307	0,414	1,689	0,051	3,462

Sand-Braunerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	Blatt	Sproß	Wurzel	Kolben	gesamt
30 Tage	einfach MC	0,004	-	-	0,013	-	0,017
	10fach MC	0,089	-	-	0,544	-	0,633
45 Tage	einfach MC	0,010	-	-	0,034	-	0,044
	10fach MC	0,191	-	-	0,942	-	1,133
60 Tage	einfach MC	-	0,029	0,004	0,048	-	0,082
	10fach MC	-	0,365	0,009	0,801	-	1,175
90 Tage	einfach MC	-	0,073	0,020	0,081	-	0,174
	10fach MC	-	0,997	0,050	0,579	-	1,626
105 Tage	einfach MC	-	0,091	0,030	0,129	0,009	0,259
	10fach MC	-	1,492	0,063	0,344	0,001	1,901
120 Tage	einfach MC	-	0,136	0,074	0,286	0,030	0,526
	10fach MC	-	2,058	0,130	0,613	0,033	2,834

MC - Methoxychlor

Tab. 30A: Mittlere Methoxychloraufnahme [µg/Gefäß] (n=3) einzelner Organe von Sommergerste zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde (o.) und Sand-Braunerde (u.)

Löß-Schwarzerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	Blatt	Sproß	Wurzel	Ähre	gesamt
30 Tage	einfach MC	0,003	-	-	0,018	-	0,021
	10fach MC	0,048	-	-	0,136	-	0,184
60 Tage	einfach MC	-	0,036	0,019	0,129	-	0,185
	10fach MC	-	0,499	0,033	1,257	-	1,788
90 Tage	einfach MC	-	0,053	0,072	0,311	0,005	0,441
	10fach MC	-	0,596	0,102	2,099	0,026	2,824
120 Tage	einfach MC	-	0,062	0,072	0,384	0,037	0,556
	10fach MC	-	0,682	0,073	2,295	0,048	3,098

Sand-Braunerde

Ernte	Variante	Blatt/Sproß	Blatt	Sproß	Wurzel	Ähre	gesamt
30 Tage	einfach MC	0,009	-	-	0,064	-	0,072
	10fach MC	0,021	-	-	0,645	-	0,667
60 Tage	einfach MC	-	0,012	0	0,119	-	0,131
	10fach MC	-	0,275	0,038	1,048	-	1,362
90 Tage	einfach MC	-	0,018	0,003	0,118	0,003	0,142
	10fach MC	-	0,789	0,230	1,232	0,003	2,253
120 Tage	einfach MC	-	0,027	0,006	0,150	0,004	0,187
	10fach MC	-	1,099	0,225	1,334	0,006	2,363

MC – Methoxychlor

Tab. 31A: Einfluß von Methoxychlor [MC] auf den prozentualen Aminosäureanteil der oberirdischen Organe von Mais zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Löß-Schwarzerde

Pfl.Organ	Tage	Variante	CYS	ASP	MET*	THR*	SER	GLU	PRO	GLY	ALA	VAL*	ILE*	LEU*	TYR	PHE*	HIS*	LYS*	ARG*	Summe
Blatt/Sproß	30	Kontrolle	n.b.	1,72	n.b.	0,77	0,98	2,47	0,95	1,30	1,79	1,30	0,96	1,83	0,75	0,93	0,60	1,47	1,42	19,24
	30	einfach MC	n.b.	2,29	n.b.	0,98	1,32	3,17	1,25	1,68	2,39	1,63	1,23	2,36	0,95	1,22	0,75	1,79	1,62	24,62
	30	10fach MC	n.b.	2,69	n.b.	1,18	1,51	3,52	1,63	1,97	2,73	1,98	1,48	2,79	1,10	1,45	0,82	2,11	2,00	28,95
Blatt	45	Kontrolle	n.b.	1,74	n.b.	0,88	0,94	2,31	1,22	1,36	1,84	1,40	1,11	2,13	0,85	1,13	0,64	1,53	1,43	20,52
	45	einfach MC	n.b.	1,53	n.b.	0,70	0,80	1,89	0,86	1,05	1,48	1,14	0,88	1,65	0,66	0,85	0,52	1,21	1,15	16,36
	45	10fach MC	n.b.	1,25	n.b.	0,61	0,67	1,57	0,82	0,94	1,30	0,99	0,76	1,47	0,60	0,79	0,47	1,07	0,96	14,28
	60	Kontrolle	n.b.	1,04	n.b.	0,56	0,60	1,49	0,69	0,84	1,18	0,92	0,70	1,36	0,55	0,72	0,45	0,99	0,91	13,00
	60	einfach MC	n.b.	1,24	n.b.	0,65	0,72	1,79	1,01	1,00	1,41	1,11	0,84	1,58	0,64	0,84	0,50	1,16	1,05	15,55
	60	10fach MC	n.b.	1,20	n.b.	0,64	0,68	1,55	1,01	0,78	0,99	0,82	0,61	1,26	0,53	0,73	0,42	0,87	0,82	12,89
	90	Kontrolle	n.b.	0,46	n.b.	0,23	0,26	0,58	0,31	0,30	0,37	0,60	0,24	0,48	0,24	0,28	0,24	0,37	0,36	5,33
	90	einfach MC	n.b.	0,48	n.b.	0,23	0,26	0,58	0,29	0,33	0,38	0,59	0,24	0,48	0,25	0,29	0,26	0,36	0,35	5,38
	90	10fach MC	n.b.	0,48	n.b.	0,23	0,25	0,59	0,27	0,29	0,37	0,57	0,24	0,47	0,22	0,28	0,24	0,32	0,36	5,18
	105	Kontrolle	n.b.	0,39	n.b.	0,21	0,20	0,51	0,22	0,26	0,30	0,29	0,24	0,41	0,22	0,25	0,18	0,31	0,32	4,30
	105	einfach MC	n.b.	0,35	n.b.	0,20	0,19	0,50	0,24	0,26	0,29	0,29	0,23	0,39	0,21	0,23	0,22	0,29	0,30	4,17
	105	10fach MC	n.b.	0,36	n.b.	0,20	0,19	0,50	0,26	0,25	0,28	0,29	0,23	0,37	0,20	0,22	0,20	0,27	0,28	4,09
	120	Kontrolle	n.b.	0,17	n.b.	0,12	0,12	0,27	0,13	0,15	0,19	0,16	0,14	0,20	0,17	0,11	0,18	0,15	0,16	2,40
	120	einfach MC	n.b.	0,18	n.b.	0,12	0,12	0,28	0,13	0,15	0,20	0,16	0,15	0,23	0,17	0,14	0,18	0,17	0,17	2,55
	120	10fach MC	n.b.	0,17	n.b.	0,13	0,12	0,28	0,13	0,14	0,21	0,15	0,15	0,22	0,19	0,13	0,18	0,16	0,18	2,52
Sproß	45	Kontrolle	n.b.	1,12	n.b.	0,40	0,55	1,85	0,46	0,67	0,86	0,72	0,51	0,93	0,39	0,44	0,42	0,90	0,85	11,06
	45	einfach MC	n.b.	1,08	n.b.	0,36	0,53	1,40	0,75	0,59	0,80	0,63	0,44	0,78	0,36	0,37	0,37	0,76	0,68	9,89
	45	10fach MC	n.b.	0,85	n.b.	0,29	0,44	1,22	0,73	0,49	0,66	0,54	0,39	0,67	0,30	0,30	0,31	0,60	0,62	8,41
	60	Kontrolle	n.b.	0,44	n.b.	0,20	0,27	0,72	0,19	0,28	0,41	0,32	0,23	0,41	0,22	0,20	0,23	0,41	0,36	4,91
	60	einfach MC	n.b.	0,55	n.b.	0,24	0,31	0,88	0,33	0,32	0,46	0,37	0,25	0,46	0,23	0,21	0,26	0,44	0,44	5,74
	60	10fach MC	n.b.	0,62	n.b.	0,25	0,34	0,84	0,33	0,27	0,36	0,34	0,19	0,38	0,21	0,20	0,24	0,38	0,40	5,33
	90	Kontrolle	n.b.	0,20	n.b.	0,09	0,11	0,25	0,06	0,11	0,15	0,23	0,10	0,17	0,14	0,09	0,19	0,17	0,16	2,21
	90	einfach MC	n.b.	0,20	n.b.	0,11	0,11	0,25	0,07	0,13	0,16	0,24	0,14	0,18	0,14	0,08	0,18	0,17	0,18	2,34
	90	10fach MC	n.b.	0,20	n.b.	0,11	0,12	0,27	0,11	0,14	0,16	0,26	0,17	0,21	0,14	0,09	0,18	0,16	0,18	2,48
	105	Kontrolle	n.b.	0,13	n.b.	0,07	0,08	0,18	0,04	0,08	0,09	0,04	0,09	0,13	0,11	0,07	0,10	0,10	0,13	1,42
	105	einfach MC	n.b.	0,12	n.b.	0,06	0,07	0,18	0,05	0,08	0,10	0,06	0,07	0,12	0,09	0,07	0,10	0,09	0,13	1,38
	105	10fach MC	n.b.	0,11	n.b.	0,07	0,07	0,18	0,06	0,08	0,10	0,07	0,06	0,10	0,08	0,05	0,10	0,11	0,13	1,37
	120	Kontrolle	n.b.	0,08	n.b.	0,07	0,06	0,11	0,02	0,05	0,07	0,05	0,06	0,08	0,12	0,05	0,14	0,08	0,11	1,14
	120	einfach MC	n.b.	0,08	n.b.	0,06	0,06	0,11	0,03	0,06	0,09	0,06	0,09	0,10	0,13	0,05	0,15	0,10	0,11	1,28
	120	10fach MC	n.b.	0,09	n.b.	0,06	0,06	0,12	0,05	0,06	0,09	0,06	0,07	0,11	0,12	0,06	0,16	0,10	0,12	1,32
Kolben	90	Kontrolle	n.b.	1,01	n.b.	0,44	0,61	1,90	0,47	0,46	0,61	0,96	0,40	0,66	0,35	0,35	0,41	0,62	0,58	9,82
	90	einfach MC	n.b.	0,99	n.b.	0,43	0,61	1,89	0,50	0,46	0,68	0,95	0,39	0,66	0,37	0,36	0,40	0,60	0,58	9,85
	90	10fach MC	n.b.	0,99	n.b.	0,35	0,57	1,90	0,50	0,47	0,63	0,96	0,40	0,66	0,35	0,35	0,39	0,59	0,57	9,69
	105	Kontrolle	n.b.	0,71	n.b.	0,31	0,42	1,11	0,49	0,35	0,54	0,38	0,32	0,66	0,34	0,34	0,30	0,45	0,48	7,19
	105	einfach MC	n.b.	0,65	n.b.	0,31	0,40	1,11	0,51	0,35	0,54	0,39	0,32	0,72	0,35	0,34	0,33	0,39	0,38	7,08
	105	10fach MC	n.b.	0,64	n.b.	0,30	0,39	1,09	0,53	0,35	0,54	0,42	0,28	0,67	0,28	0,31	0,28	0,40	0,42	6,89
	120	Kontrolle	0,27	0,53	0,21	0,25	0,36	1,17	0,62	0,25	0,44	0,43	0,32	0,74	n.b.	0,27	0,16	0,34	0,31	6,68
	120	einfach MC	0,25	0,50	0,19	0,23	0,35	1,09	0,56	0,24	0,41	0,43	0,32	0,70	n.b.	0,27	0,18	0,31	0,30	6,34
	120	10fach MC	0,25	0,47	0,19	0,22	0,33	1,07	0,54	0,22	0,39	0,40	0,30	0,68	n.b.	0,24	0,15	0,28	0,28	6,03

* - essentielle Aminosäuren

Tab. 32A: Einfluß von Methoxychlor [MC] auf das Aminosäuremuster der oberirdischen Organe von Mais zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Löß-Schwarzerde, Angaben in % der Kontrolle

Pfl.Organ	Tage	Variante	CYS	ASP	MET*	THR*	SER	GLU	PRO	GLY	ALA	VAL*	ILE*	LEU*	TYR	PHE*	HIS*	LYS*	ARG*	Summe
Blatt/Sproß	30	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	30	einfach MC	n.b.	133	n.b.	128	134	128	131	129	134	126	128	129	126	131	124	122	114	128
	30	10fach MC	n.b.	156	n.b.	154	154	142	171	151	152	153	154	152	146	156	136	144	141	151
Blatt	45	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	45	einfach MC	n.b.	88	n.b.	80	85	82	71	77	80	81	79	77	77	75	81	79	80	80
	45	10fach MC	n.b.	72	n.b.	69	71	68	67	69	71	71	68	69	71	70	73	70	67	70
	60	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	60	einfach MC	n.b.	119	n.b.	118	120	120	146	119	119	120	119	117	116	117	112	117	115	120
	60	10fach MC	n.b.	115	n.b.	114	113	104	146	92	84	89	87	93	95	101	93	88	90	100
	90	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	90	einfach MC	n.b.	103	n.b.	100	101	100	96	108	103	99	99	100	103	103	110	96	97	101
	90	10fach MC	n.b.	104	n.b.	98	99	101	88	97	101	95	97	98	92	99	102	86	99	97
	105	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	105	einfach MC	n.b.	89	n.b.	96	95	97	109	99	97	99	100	94	95	92	122	92	94	98
	105	10fach MC	n.b.	92	n.b.	97	94	99	120	96	95	98	97	90	89	88	108	86	89	96
	120	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	120	einfach MC	n.b.	105	n.b.	103	102	104	100	106	107	104	107	114	105	124	99	107	110	107
	120	10fach MC	n.b.	103	n.b.	106	101	103	98	98	113	95	105	110	113	118	100	100	111	105
Sproß	45	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	45	einfach MC	n.b.	96	n.b.	89	96	76	164	88	93	88	85	85	91	85	86	85	80	92
	45	10fach MC	n.b.	76	n.b.	74	79	66	160	73	77	75	75	72	77	68	74	67	73	79
	60	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	60	einfach MC	n.b.	125	n.b.	118	113	121	173	113	111	114	111	111	105	109	114	106	122	118
	60	10fach MC	n.b.	140	n.b.	124	127	115	176	96	86	104	84	93	93	101	104	92	109	110
	90	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	90	einfach MC	n.b.	97	n.b.	113	104	102	111	113	109	104	139	108	104	97	97	101	111	107
	90	10fach MC	n.b.	98	n.b.	119	110	108	164	120	109	112	168	121	104	101	96	97	113	116
	105	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	105	einfach MC	n.b.	91	n.b.	99	95	99	119	111	113	137	77	92	82	94	108	88	98	100
	105	10fach MC	n.b.	90	n.b.	105	94	97	128	112	109	176	66	83	73	72	108	104	100	101
	120	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	120	einfach MC	n.b.	101	n.b.	94	111	100	189	122	126	124	145	126	108	110	102	117	101	118
	120	10fach MC	n.b.	109	n.b.	90	111	101	256	124	137	136	123	145	100	121	108	123	107	126
Kolben	90	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	90	einfach MC	n.b.	98	n.b.	96	100	100	108	99	111	99	98	99	103	103	99	96	100	101
	90	10fach MC	n.b.	98	n.b.	80	94	100	107	101	104	100	99	100	99	102	97	95	100	98
	105	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	105	einfach MC	n.b.	91	n.b.	99	95	101	105	100	100	103	100	109	103	100	109	86	81	99
	105	10fach MC	n.b.	90	n.b.	95	93	98	108	98	99	111	89	101	83	92	95	88	88	95
	120	Kontrolle	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	n.b.	100	100	100	100	100
	120	einfach MC	94	95	88	95	95	93	91	94	94	99	102	95	n.b.	99	114	92	97	96
	120	10fach MC	94	88	91	90	91	91	87	89	89	92	94	92	n.b.	92	93	83	91	90

* - essentielle Aminosäuren

Tab. 33A: Einfluß von Methoxychlor [MC] auf den prozentualen Aminosäureanteil der oberirdischen Organe von Mais zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Sand-Braunerde

Pfl.Organ	Tage	Variante	CYS	ASP	MET*	THR*	SER	GLU	PRO	GLY	ALA	VAL*	ILE*	LEU*	TYR	PHE*	HIS*	LYS*	ARG*	Summe
Blatt/Sproß	30	Kontrolle	n.b.	1,56	n.b.	0,68	0,86	1,97	0,85	0,89	1,18	0,92	0,72	1,39	0,63	0,82	0,46	1,02	0,99	14,93
	30	einfach MC	n.b.	1,59	n.b.	0,71	0,86	2,11	0,82	0,94	1,20	0,88	0,70	1,40	0,59	0,76	0,45	1,02	1,05	15,07
	30	10fach MC	n.b.	1,55	n.b.	0,67	0,83	1,98	0,73	0,86	1,18	0,90	0,67	1,38	0,56	0,72	0,43	0,95	0,98	14,40
	45	Kontrolle	n.b.	2,44	n.b.	0,97	1,31	2,63	1,06	1,22	1,49	1,22	0,97	1,94	0,83	1,14	0,65	1,30	1,33	20,47
	45	einfach MC	n.b.	2,62	n.b.	0,97	1,29	2,84	1,12	1,28	1,54	1,24	0,95	1,71	0,83	1,03	0,72	1,27	1,34	20,73
	45	10fach MC	n.b.	2,60	n.b.	0,84	1,27	2,72	1,09	1,14	1,48	1,21	0,84	1,68	0,77	0,94	0,60	1,24	1,18	19,58
Blatt	60	Kontrolle	n.b.	1,58	n.b.	0,64	0,76	1,65	0,85	0,82	1,06	0,40	0,60	1,22	0,53	0,71	0,43	0,86	0,83	12,92
	60	einfach MC	n.b.	1,63	n.b.	0,73	0,94	1,94	0,85	0,93	1,26	0,90	0,68	1,39	0,58	0,77	0,48	0,97	0,98	15,00
	60	10fach MC	n.b.	1,62	n.b.	0,64	0,90	1,73	0,84	0,85	1,03	1,21	0,63	1,26	0,52	0,74	0,47	0,87	0,89	14,21
	90	Kontrolle	n.b.	1,34	n.b.	0,64	0,73	1,70	0,79	0,79	1,08	0,74	0,65	1,29	0,56	0,72	0,47	0,80	0,87	13,16
	90	einfach MC	n.b.	1,27	n.b.	0,57	0,65	1,51	0,73	0,68	0,93	0,71	0,50	1,08	0,49	0,64	0,47	0,72	0,82	11,77
	90	10fach MC	n.b.	0,99	n.b.	0,51	0,56	1,32	0,70	0,64	0,86	0,67	0,53	1,05	0,49	0,65	0,37	0,74	0,69	10,75
	105	Kontrolle	n.b.	1,34	n.b.	0,67	0,73	1,70	0,85	0,84	1,13	0,90	0,69	1,37	0,60	0,84	0,45	0,94	0,86	13,90
	105	einfach MC	n.b.	1,16	n.b.	0,60	0,65	1,51	0,74	0,79	1,05	0,77	0,60	1,26	0,54	0,74	0,47	0,84	0,78	12,48
	105	10fach MC	n.b.	0,92	n.b.	0,57	0,62	1,44	0,65	0,74	0,98	0,76	0,60	1,21	0,51	0,71	0,41	0,74	0,57	11,42
	120	Kontrolle	n.b.	1,18	n.b.	0,55	0,55	1,60	0,64	0,73	1,10	0,73	0,60	1,11	0,53	0,67	0,45	0,76	0,73	11,93
	120	einfach MC	n.b.	1,18	n.b.	0,55	0,57	1,45	0,54	0,71	1,01	0,70	0,61	1,09	0,52	0,66	0,42	0,79	0,72	11,51
	120	10fach MC	n.b.	1,17	n.b.	0,48	0,49	1,32	0,52	0,63	0,92	0,65	0,49	0,94	0,46	0,57	0,39	0,68	0,66	10,35
Sproß	60	Kontrolle	n.b.	1,33	n.b.	0,42	0,82	1,99	0,55	0,63	0,89	0,52	0,38	0,75	0,31	0,38	0,39	0,72	0,76	10,84
	60	einfach MC	n.b.	1,45	n.b.	0,48	0,92	1,99	0,64	0,67	0,95	0,65	0,45	0,87	0,38	0,46	0,43	0,80	0,77	11,90
	60	10fach MC	n.b.	1,46	n.b.	0,49	1,00	2,07	0,93	0,74	1,03	0,75	0,51	0,95	0,45	0,50	0,53	0,94	0,88	13,23
	90	Kontrolle	n.b.	0,87	n.b.	0,29	0,38	0,90	0,55	0,35	0,49	0,52	0,32	0,50	0,24	0,24	0,35	0,32	0,42	6,75
	90	einfach MC	n.b.	0,84	n.b.	0,29	0,40	0,89	0,53	0,31	0,41	0,52	0,27	0,50	0,25	0,25	0,37	0,42	0,45	6,70
	90	10fach MC	n.b.	0,67	n.b.	0,23	0,38	0,81	0,47	0,26	0,37	0,46	0,24	0,46	0,23	0,22	0,32	0,34	0,40	5,86
	105	Kontrolle	n.b.	0,73	n.b.	0,18	0,22	0,65	0,16	0,22	0,28	0,28	0,18	0,32	0,18	0,18	0,19	0,24	0,25	4,24
	105	einfach MC	n.b.	0,74	n.b.	0,20	0,25	0,68	0,21	0,26	0,29	0,25	0,20	0,36	0,17	0,17	0,20	0,24	0,25	4,46
	105	10fach MC	n.b.	0,66	n.b.	0,17	0,21	0,61	0,16	0,24	0,27	0,23	0,19	0,33	0,17	0,17	0,21	0,21	0,23	4,04
	120	Kontrolle	n.b.	1,16	n.b.	0,14	0,17	0,48	0,22	0,19	0,24	0,22	0,19	0,31	0,18	0,12	0,25	0,19	0,15	4,17
	120	einfach MC	n.b.	1,19	n.b.	0,15	0,17	0,52	0,27	0,17	0,23	0,23	0,19	0,31	0,20	0,11	0,27	0,20	0,13	4,34
	120	10fach MC	n.b.	1,18	n.b.	0,15	0,18	0,48	0,28	0,17	0,23	0,17	0,14	0,27	0,13	0,11	0,24	0,19	0,16	4,08
Kolben	105	Kontrolle	n.b.	1,72	n.b.	0,45	0,66	2,13	0,66	0,63	0,75	0,67	0,44	0,81	0,43	0,45	0,39	0,70	0,72	11,62
	105	einfach MC	n.b.	1,82	n.b.	0,47	0,70	2,39	0,68	0,60	0,78	0,60	0,44	0,85	0,42	0,45	0,46	0,73	0,74	12,11
	105	10fach MC	n.b.	1,82	n.b.	0,49	0,71	2,42	0,69	0,59	0,78	0,69	0,47	0,87	0,47	0,49	0,44	0,78	0,75	12,46
	120	Kontrolle	0,28	1,54	0,22	0,33	0,53	1,64	0,44	0,37	0,60	0,51	0,40	0,74	n.b.	0,32	0,21	0,58	0,43	9,15
	120	einfach MC	0,27	1,47	0,19	0,32	0,53	1,64	0,54	0,36	0,61	0,51	0,40	0,73	n.b.	0,36	0,21	0,59	0,43	9,16
	120	10fach MC	0,27	1,19	0,21	0,34	0,53	1,72	0,65	0,37	0,63	0,54	0,40	0,87	n.b.	0,39	0,23	0,56	0,43	9,33

* - essentielle Aminosäuren

Tab. 34A: Einfluß von Methoxychlor [MC] auf das Aminosäuremuster der oberirdischen Organe von Mais zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Sand-Braunerde, Angaben in % der Kontrolle

Pfl.Organ	Tage	Variante	CYS	ASP	MET*	THR*	SER	GLU	PRO	GLY	ALA	VAL*	ILE*	LEU*	TYR	PHE*	HIS*	LYS*	ARG*	Summe
Blatt/Sproß	30	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	30	einfach MC	n.b.	102	n.b.	104	99	107	96	106	102	96	98	100	94	93	97	100	107	100
	30	10fach MC	n.b.	100	n.b.	98	96	101	86	98	100	97	93	99	88	89	95	93	99	95
	45	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	45	einfach MC	n.b.	108	n.b.	101	98	108	106	104	103	102	98	88	100	90	111	98	100	101
	45	10fach MC	n.b.	107	n.b.	87	97	103	103	93	100	100	87	86	93	82	92	96	89	94
Blatt	60	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	60	einfach MC	n.b.	103	n.b.	114	123	118	101	114	118.	225	114	114	109	109	111	112	118	120
	60	10fach MC	n.b.	103	n.b.	100	118	105	99	104	97	304	107	104	99	105	110	101	107	117
	90	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	90	einfach MC	n.b.	94	n.b.	89	90	89	92	87	87	96	77	84	87	89	101	90	94	90
	90	10fach MC	n.b.	74	n.b.	80	77	78	88	81	80	91	81	82	86	90	79	93	79	83
	105	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	105	einfach MC	n.b.	87	n.b.	89	90	89	87	94	93	86	88	91	90	88	104	89	90	90
	105	10fach MC	n.b.	69	n.b.	85	85	85	76	87	87	85	87	88	85	85	91	79	66	83
	120	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	120	einfach MC	n.b.	99	n.b.	99	103	91	84	96	92	97	101	99	99	99	95	104	99	97
	120	10fach MC	n.b.	99	n.b.	86	89	82	80	86	84	88	81	85	87	85	88	90	91	87
Sproß	60	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	60	einfach MC	n.b.	109	n.b.	115	112	100	117	107	106	125	117	116	123	120	111	112	100	113
	60	10fach MC	n.b.	110	n.b.	117	122	104	169	117	115	144	135	127	145	131	137	131	116	128
	90	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	90	einfach MC	n.b.	96	n.b.	100	103	98	97	89	84	100	83	100	103	104	105	132	107	100
	90	10fach MC	n.b.	77	n.b.	79	99	89	86	74	76	89	76	93	92	90	91	106	95	88
	105	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	105	einfach MC	n.b.	102	n.b.	114	114	104	133	116	101	89	110	112	97	97	106	100	99	106
	105	10fach MC	n.b.	91	n.b.	93	95	93	100	106	93	83	101	103	98	96	111	90	91	96
	120	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	120	einfach MC	n.b.	103	n.b.	105	103	109	122	93	96	107	101	101	110	98	109	107	86	103
	120	10fach MC	n.b.	102	n.b.	104	104	101	128	91	98	80	74	87	72	98	97	103	104	96
Kolben	105	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	105	einfach MC	n.b.	106	n.b.	106	105	112	103	95	104	89	100	105	99	99	116	104	102	103
	105	10fach MC	n.b.	106	n.b.	109	108	114	104	94	105	104	108	107	111	108	111	112	104	107
	120	Kontrolle	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	n.b.	100	100	100	100	100
	120	einfach MC	94	95	89	97	100	100	121	99	101	100	100	99	n.b.	113	101	101	100	101
	120	10fach MC	96	77	96	102	100	105	148	101	105	104	100	117	n.b.	123	108	96	102	105

* - essentielle Aminosäuren

Tab. 35A: Einfluß von Methoxychlor [MC] auf den prozentualen Aminosäureanteil der oberirdischen Organe von Sommergerste zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Löß-Schwarzerde

Pfl.Organ	Tage	Variante	CYS	ASP	MET*	THR*	SER	GLU	PRO	GLY	ALA	VAL*	ILE*	LEU*	TYR	PHE*	HIS*	LYS*	ARG*	Summe
Blatt/Sproß	30	Kontrolle	n.b.	2,75	n.b.	1,43	1,44	6,29	1,65	2,02	2,23	2,54	1,53	2,81	1,19	1,71	0,97	2,12	2,12	32,79
	30	einfach MC	n.b.	3,05	n.b.	1,59	1,54	6,72	1,80	2,21	2,45	2,78	1,66	3,09	1,32	1,88	1,01	2,40	2,37	35,88
	30	10fach MC	n.b.	3,49	n.b.	1,31	1,32	6,31	1,85	2,44	2,49	2,50	1,61	1,63	1,28	1,80	1,02	2,26	2,15	33,46
Blatt	60	Kontrolle	n.b.	2,70	n.b.	1,70	1,57	4,72	1,89	2,19	2,48	2,85	1,65	3,26	1,34	2,00	1,00	2,35	2,42	34,13
	60	einfach MC	n.b.	2,92	n.b.	1,78	1,68	5,02	2,13	2,23	2,58	2,82	1,66	3,36	1,40	2,02	1,07	2,52	2,60	35,81
	60	10fach MC	n.b.	3,13	n.b.	1,79	1,70	5,09	2,22	2,37	2,70	3,20	1,87	3,51	1,43	2,01	1,28	2,37	2,39	37,04
	90	Kontrolle	n.b.	2,18	n.b.	1,07	1,07	2,69	1,11	1,31	1,56	1,30	1,02	2,02	0,92	1,30	0,75	1,46	1,35	21,11
	90	einfach MC	n.b.	2,22	n.b.	1,09	1,05	2,76	1,25	1,38	1,59	1,48	0,99	2,06	0,90	1,30	0,70	1,40	1,18	21,33
	90	10fach MC	n.b.	1,76	n.b.	0,91	0,86	2,63	1,39	1,24	1,49	1,35	1,07	1,85	0,95	1,18	0,81	1,25	1,13	19,85
	120	Kontrolle	n.b.	0,93	n.b.	0,17	0,20	0,36	0,16	0,25	0,27	0,23	0,19	0,37	0,23	0,16	0,37	0,15	0,08	4,10
	120	einfach MC	n.b.	1,11	n.b.	0,21	0,24	0,44	0,18	0,27	0,29	0,25	0,25	0,37	0,25	0,19	0,38	0,17	0,13	4,73
	120	10fach MC	n.b.	1,02	n.b.	0,19	0,22	0,41	0,19	0,25	0,28	0,25	0,24	0,37	0,23	0,15	0,39	0,15	0,11	4,43
Sproß	60	Kontrolle	n.b.	1,53	n.b.	0,68	0,77	2,58	0,87	0,80	1,00	1,05	0,65	1,21	0,45	0,59	0,57	0,97	0,92	14,66
	60	einfach MC	n.b.	2,26	n.b.	1,06	1,20	3,72	1,71	1,26	1,58	1,58	0,99	1,90	0,76	0,99	0,79	1,61	1,56	22,96
	60	10fach MC	n.b.	1,86	n.b.	0,94	1,05	3,24	1,83	1,16	1,43	1,39	0,81	1,56	0,57	0,76	0,74	1,27	1,16	19,77
	90	Kontrolle	n.b.	0,32	n.b.	0,17	0,18	0,45	0,27	0,20	0,25	0,19	0,17	0,33	0,17	0,17	0,31	0,24	0,15	3,54
	90	einfach MC	n.b.	0,39	n.b.	0,21	0,23	0,71	0,28	0,30	0,38	0,30	0,24	0,43	0,28	0,23	0,35	0,36	0,38	5,09
	90	10fach MC	n.b.	0,32	n.b.	0,21	0,22	0,66	0,37	0,24	0,33	0,26	0,24	0,42	0,29	0,23	0,36	0,35	0,33	4,84
	120	Kontrolle	n.b.	0,10	n.b.	0,05	0,05	0,13	0,02	0,03	0,10	0,09	0,13	0,19	0,15	0,07	0,24	0,08	0,03	1,46
	120	einfach MC	n.b.	0,14	n.b.	0,07	0,09	0,18	0,03	0,08	0,11	0,12	0,18	0,20	0,19	0,09	0,27	0,10	0,07	1,90
	120	10fach MC	n.b.	0,13	n.b.	0,06	0,06	0,16	0,04	0,04	0,10	0,12	0,15	0,19	0,17	0,09	0,31	0,09	0,05	1,76
Ähre	90	Kontrolle	n.b.	0,29	n.b.	0,49	0,53	1,54	0,57	0,59	0,70	0,61	0,47	0,57	0,42	0,49	0,37	0,58	0,77	9,00
	90	einfach MC	n.b.	0,30	n.b.	0,50	0,55	1,77	0,81	0,63	0,70	0,66	0,52	0,77	0,42	0,54	0,41	0,61	0,89	10,08
	90	10fach MC	n.b.	0,34	n.b.	0,52	0,54	1,75	0,72	0,62	0,71	0,64	0,49	0,70	0,42	0,53	0,40	0,61	0,55	9,52
	120	Kontrolle	0,31	0,52	0,15	0,27	0,38	1,72	0,78	0,31	0,34	0,48	0,39	0,60	n.b.	0,35	0,18	0,40	0,55	7,74
	120	einfach MC	0,40	0,64	0,22	0,25	0,47	2,31	1,09	0,37	0,38	0,61	0,46	0,76	n.b.	0,45	0,23	0,46	0,52	9,62
	120	10fach MC	0,36	0,60	0,20	0,30	0,44	2,06	0,97	0,25	0,36	0,55	0,42	0,69	n.b.	0,41	0,22	0,42	0,45	8,67

* - essentielle Aminosäuren

Tab. 36A: Einfluß von Methoxychlor [MC] auf das Aminosäuremuster der oberirdischen Organe von Sommergerste zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Löß-Schwarzerde, Angaben in % der Kontrolle

Pfl.Organ	Tage	Variante	CYS	ASP	MET*	THR*	SER	GLU	PRO	GLY	ALA	VAL*	ILE*	LEU*	TYR	PHE*	HIS*	LYS*	ARG*	Summe
Blatt/Sproß	30	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	30	einfach MC	n.b.	111	n.b.	112	107	107	109	110	110	110	109	110	111	110	105	113	111	110
	30	10fach MC	n.b.	127	n.b.	92	92	100	112	121	111	99	105	58	108	105	106	106	101	103
Blatt	60	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	60	einfach MC	n.b.	108	n.b.	105	108	106	113	102	104	99	101	103	104	101	107	107	107	105
	60	10fach MC	n.b.	116	n.b.	105	109	108	117	108	109	112	113	108	106	100	128	101	99	109
	90	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	90	einfach MC	n.b.	102	n.b.	102	98	103	113	105	102	114	97	102	97	100	93	96	87	101
	90	10fach MC	n.b.	81	n.b.	85	81	98	125	95	95	104	105	91	103	91	108	85	84	95
	120	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	120	einfach MC	n.b.	120	n.b.	126	119	123	108	108	109	109	131	101	109	121	103	117	157	117
	120	10fach MC	n.b.	110	n.b.	110	109	115	113	99	106	106	123	101	103	98	106	102	129	109
Sproß	60	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	60	einfach MC	n.b.	147	n.b.	155	155	144	196	157	157	150	154	157	168	167	139	166	169	159
	60	10fach MC	n.b.	121	n.b.	138	136	125	210	144	143	132	126	129	127	128	130	131	126	136
	90	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	90	einfach MC	n.b.	119	n.b.	128	133	160	105	151	151	163	145	130	168	136	113	153	265	148
	90	10fach MC	n.b.	100	n.b.	124	124	148	138	122	131	141	142	128	176	137	118	147	224	140
	120	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	120	einfach MC	n.b.	133	n.b.	137	179	133	171	285	107	138	133	105	127	135	112	113	236	150
	120	10fach MC	n.b.	128	n.b.	111	125	121	241	163	100	136	110	102	112	126	128	110	193	134
Ähre	90	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	90	einfach MC	n.b.	106	n.b.	101	104	115	141	107	100	107	109	135	101	111	110	105	115	111
	90	10fach MC	n.b.	121	n.b.	105	102	114	126	104	100	105	104	123	101	108	108	105	71	106
	120	Kontrolle	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	n.b.	100	100	100	100	100
	120	einfach MC	130	123	145	93	123	134	139	118	112	126	117	127	n.b.	130	125	116	95	122
	120	10fach MC	116	114	131	112	115	119	124	82	105	114	106	115	n.b.	116	118	105	81	111

* - essentielle Aminosäuren

Tab. 37A: Einfluß von Methoxychlor [MC] auf den prozentualen Aminosäureanteil der oberirdischen Organe von Sommergerste zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Sand-Braunerde

Pfl.Organ	Tage	Variante	CYS	ASP	MET*	THR*	SER	GLU	PRO	GLY	ALA	VAL*	ILE*	LEU*	TYR	PHE*	HIS*	LYS*	ARG*	Summe
Blatt/Sproß	30	Kontrolle	n.b.	2,48	n.b.	2,07	1,85	7,47	1,16	2,81	2,83	2,54	2,28	4,70	3,30	5,83	3,02	5,25	8,69	56,28
	30	einfach MC	n.b.	2,40	n.b.	2,01	1,92	6,99	1,44	2,76	2,74	2,52	2,29	4,62	3,17	5,68	2,89	5,14	8,66	55,21
	30	10fach MC	n.b.	3,26	n.b.	1,85	1,73	6,52	1,94	2,38	2,75	2,64	1,90	3,46	1,60	2,20	1,11	2,67	4,35	40,35
Blatt	60	Kontrolle	n.b.	4,51	n.b.	2,01	2,09	6,16	2,60	2,93	3,20	3,55	2,14	4,21	1,48	2,67	1,35	3,12	3,12	45,14
	60	einfach MC	n.b.	2,95	n.b.	1,01	1,06	3,00	1,36	1,50	1,67	2,08	1,16	2,20	0,80	1,38	0,84	1,56	1,43	23,99
	60	10fach MC	n.b.	1,78	n.b.	0,74	0,83	2,28	0,97	1,19	1,31	1,72	0,95	1,76	0,65	1,17	0,77	1,15	1,04	18,30
	90	Kontrolle	n.b.	0,84	n.b.	0,88	1,10	3,01	1,38	1,22	1,44	1,29	0,94	1,87	0,82	1,21	0,70	1,34	2,04	20,08
	90	einfach MC	n.b.	0,88	n.b.	0,79	0,91	2,32	0,96	1,06	1,17	1,06	0,78	1,53	0,60	1,06	0,59	1,04	1,72	16,48
	90	10fach MC	n.b.	0,80	n.b.	0,59	0,86	2,23	0,97	0,95	1,10	1,11	0,83	1,47	0,65	0,99	0,55	1,04	1,58	15,71
	120	Kontrolle	n.b.	0,37	n.b.	0,57	0,60	1,96	0,54	0,84	0,81	0,72	0,68	1,39	0,94	1,81	1,06	1,39	2,18	15,86
	120	einfach MC	n.b.	0,73	n.b.	0,72	0,77	2,85	1,26	1,16	1,15	1,09	0,76	1,49	0,55	1,03	0,69	0,89	0,76	15,89
	120	10fach MC	n.b.	0,48	n.b.	0,41	0,38	1,66	0,51	0,75	0,72	0,77	0,66	1,20	0,75	1,64	0,74	1,21	1,88	13,76
Sproß	60	Kontrolle	n.b.	1,73	n.b.	0,81	0,94	2,77	1,03	1,25	1,42	1,50	0,93	1,65	0,59	0,83	0,78	1,39	1,05	18,64
	60	einfach MC	n.b.	0,96	n.b.	0,57	0,69	1,97	0,74	0,94	1,10	1,21	0,71	1,28	0,49	0,62	0,62	1,05	0,76	13,70
	60	10fach MC	n.b.	0,77	n.b.	0,47	0,52	1,52	0,59	0,71	0,81	0,97	0,56	0,99	0,40	0,46	0,58	0,69	0,52	10,56
	90	Kontrolle	n.b.	0,32	n.b.	0,30	0,35	1,07	0,54	0,38	0,49	0,41	0,31	0,56	0,29	0,34	0,32	0,43	0,62	6,72
	90	einfach MC	n.b.	0,29	n.b.	0,26	0,25	0,98	0,39	0,30	0,38	0,37	0,29	0,48	0,26	0,27	0,31	0,36	0,46	5,65
	90	10fach MC	n.b.	0,29	n.b.	0,22	0,24	0,95	0,33	0,29	0,36	0,29	0,24	0,41	0,23	0,23	0,31	0,39	0,33	5,13
	120	Kontrolle	n.b.	0,20	n.b.	0,22	0,25	0,90	0,21	0,34	0,33	0,28	0,25	0,47	0,24	0,27	0,59	0,56	0,41	5,52
	120	einfach MC	n.b.	0,35	n.b.	0,25	0,33	0,96	0,35	0,39	0,38	0,33	0,19	0,40	0,24	0,32	0,45	0,43	0,41	5,78
	120	10fach MC	n.b.	0,37	n.b.	0,21	0,29	0,77	0,40	0,36	0,37	0,48	0,20	0,39	0,13	0,30	0,36	0,37	0,35	5,33
Ähre	90	Kontrolle	n.b.	0,47	n.b.	0,41	0,60	1,87	0,79	0,55	0,76	0,65	0,51	0,90	0,48	0,52	0,42	0,69	1,08	10,70
	90	einfach MC	n.b.	0,55	n.b.	0,42	0,79	2,60	1,12	0,65	0,78	0,73	0,58	1,14	0,53	0,65	0,45	0,79	1,24	13,02
	90	10fach MC	n.b.	0,53	n.b.	0,47	0,61	2,44	0,99	0,55	0,76	0,72	0,54	0,99	0,51	0,62	0,44	0,67	1,19	12,01
	120	Kontrolle	0,46	1,12	0,28	0,48	0,70	3,61	1,75	0,52	0,56	0,79	0,63	1,05	n.b.	0,72	0,31	0,65	0,75	14,39
	120	einfach MC	0,54	1,21	0,34	0,54	0,81	4,57	2,21	0,59	0,62	0,88	0,69	1,21	n.b.	0,88	0,39	0,73	0,87	17,08
	120	10fach MC	0,41	1,02	0,26	0,40	0,57	3,38	1,66	0,49	0,52	0,77	0,62	0,98	n.b.	0,70	0,29	0,61	0,68	13,37

* - essentielle Aminosäuren

Tab. 38A: Einfluß von Methoxychlor [MC] auf das Aminosäuremuster der oberirdischen Organe von Sommergerste zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Sand-Braunerde, Angaben in % der Kontrolle

Pfl.Organ	Tage	Variante	CYS	ASP	MET*	THR*	SER	GLU	PRO	GLY	ALA	VAL*	ILE*	LEU*	TYR	PHE*	HIS*	LYS*	ARG*	Summe
Blatt/Sproß	30	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	30	einfach MC	n.b.	97	n.b.	97	104	93	124	98	97	99	100	98	96	98	96	98	100	100
	30	10fach MC	n.b.	132	n.b.	89	94	87	167	85	97	104	83	74	49	38	37	51	50	82
Blatt	60	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	60	einfach MC	n.b.	65	n.b.	50	51	49	52	51	52	59	54	52	54	52	62	50	46	53
	60	10fach MC	n.b.	39	n.b.	37	40	37	37	41	41	48	45	42	44	44	57	37	33	41
	90	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	90	einfach MC	n.b.	105	n.b.	90	82	77	70	87	81	82	83	82	73	88	85	77	84	83
	90	10fach MC	n.b.	94	n.b.	67	78	74	70	78	77	86	88	79	78	82	79	78	78	79
	120	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	120	einfach MC	n.b.	197	n.b.	127	128	145	231	138	142	152	111	107	59	57	65	64	35	117
	120	10fach MC	n.b.	130	n.b.	73	63	85	94	90	89	107	96	86	80	91	70	87	86	88
Sproß	60	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	60	einfach MC	n.b.	56	n.b.	70	74	71	72	75	78	81	77	78	83	75	79	76	72	74
	60	10fach MC	n.b.	45	n.b.	57	55	55	58	56	57	65	61	60	67	56	74	50	49	58
	90	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	90	einfach MC	n.b.	93	n.b.	85	71	92	72	78	78	89	93	87	92	79	98	85	74	84
	90	10fach MC	n.b.	93	n.b.	74	69	89	61	76	73	70	77	74	81	70	97	90	54	77
	120	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	120	einfach MC	n.b.	180	n.b.	115	136	106	165	117	115	116	76	85	98	121	76	76	99	112
	120	10fach MC	n.b.	188	n.b.	97	118	85	187	106	112	168	80	84	52	112	61	65	84	107
Ähre	90	Kontrolle	n.b.	100	n.b.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	90	einfach MC	n.b.	116	n.b.	102	132	139	141	118	102	112	113	128	110	125	109	114	115	118
	90	10fach MC	n.b.	112	n.b.	115	102	131	125	99	100	110	105	110	105	119	104	97	110	110
	120	Kontrolle	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	n.b.	100	100	100	100	100
	120	einfach MC	116	108	119	113	116	127	126	115	111	111	109	115	n.b.	121	123	112	116	116
	120	10fach MC	89	91	93	84	82	94	95	94	93	98	98	93	n.b.	96	94	93	90	92

* - essentielle Aminosäuren

7.4 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

7.4.1 Verzeichnis der Abbildungen

Seite

Abb. 1 Einfluß von Cypermethrin auf den Trockenmasseertrag von Ackerbohnen im Gefäßversuch [Quarta 2000] ... -2-

Abb. 2 Kornerträge von Reis bei vier verschiedenen Stickstoffgaben mit und ohne Insektizid [SALAM et al. 1989] ... -5-

Abb. 3 Trockenmasseerträge und Gehalte an Aminosäuren und löslichen Proteinen von Kartoffelpflanzen (20 Tage alt) bei unterschiedlichen Applikationsdosen von Metribuzin [FEDTKE 1972] ... -11-

Abb. 4 Allgemeines Arbeitsschema zur Rückstandsanalytik ... -19-

Abb. 5 Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf den täglichen Wasserverbrauch von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Löß-Schwarzerde ... -29-

Abb. 6 Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf den täglichen Wasserverbrauch von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Sand-Braunerde ... -29-

Abb. 7 Einfluß von Methoxychlor auf den täglichen Wasserverbrauch von Sommergerste in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde ... -31-

Abb. 8 Einfluß von Methoxychlor auf den täglichen Wasserverbrauch von Sommergerste in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Sand-Braunerde. -31-

Abb. 9 Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf die Trockenmassebildung von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Löß-Schwarzerde ... -35-

Abb. 10 Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf die Trockenmassebildung von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Sand-Braunerde ... -35-

Abb. 11 Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf den Stickstoffentzug von Mais nach 120 Tagen in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde ... -38-

Abb. 12 Einfluß der Bodenart auf die Aufnahme von Terbuthylazin durch Mais (Gesamtpflanze) zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/97) ... -40-

Abb. 13 Einfluß der Bodenart auf die Aufnahme von Methoxychlor durch Mais (Gesamtpflanze) zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/97) ..... -40-

Abb. 14 Trockenmasseertrag, Terbuthylazinaufnahme und Stickstoffentzug von Maisblatt und -kolben nach 120 Tagen auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde im Gefäßversuch (G1/97) ..... -43-

Abb. 15 Trockenmasseertrag und Stickstoffentzug von Sommergerste nach 120 Tagen mit und ohne Pestizidapplikation auf Löß-Schwarzerde in einem Gefäßversuch (G1/98) ..... -48-

Abb. 16 Trockenmasseertrag und Stickstoffentzug von Sommergerste nach 120 Tagen mit und ohne Pestizidapplikation auf Sand-Braunerde in einem Gefäßversuch (G1/98) ..... -49-

Abb. 17 Aufnahme von Methoxychlor durch Mais (Gesamtpflanze) zu verschiedenen Versuchszeitpunkten und prozentuale Methoxychloraufnahme einzelner Organe nach 120 Tagen bei unterschiedlichen Applikationsdosen in einem Gefäßversuch auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde ..... -52-

Abb. 18 Aufnahme von Methoxychlor durch Sommergerste (Gesamtpflanze) zu verschiedenen Versuchszeitpunkten und prozentuale Methoxychloraufnahme einzelner Organe nach 120 Tagen bei unterschiedlichen Applikationsdosen in einem Gefäßversuch auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde ..... -55-

Abb. 19 Einfluß von Methoxychlor auf die Aminosäuremenge von Mais (ohne Wurzel) auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde im Gefäßversuch ..... -59-

Abb. 20 Einfluß von Methoxychlor auf den Prolingehalt im Maissproß auf Löß-Schwarzerde im Gefäßversuch ..... -63-

Abb. 21 Einfluß von Methoxychlor auf den prozentualen Aminosäureanteil bzw. die gesamte Aminosäuremenge im Maiskolben auf Löß-Schwarzerde nach 120 Tagen im Gefäßversuch ..... -64-

Abb. 22A Einfluß von Methoxychlor auf den täglichen Wasserverbrauch von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde. -94-

Abb. 23A Einfluß von Methoxychlor auf den täglichen Wasserverbrauch von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Sand-Braunerde... -94-

Abb. 24A Einfluß von Methoxychlor auf den Trockenmasseertrag von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde. -95-

Abb. 25A Einfluß von Methoxychlor auf den Trockenmasseertrag von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Sand-Braunerde... -95-

Abb. 26A Einfluß von Methoxychlor auf den Trockenmasseertrag von Sommergerste in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde ..... -96-

Abb. 27A Einfluß von Methoxychlor auf den Trockenmasseertrag von Sommergerste in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Sand-Braunerde. -96-

Abb. 28A Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf den Stickstoffentzug von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Löß-Schwarzerde ..... -97-

Abb. 29A Einfluß von Terbuthylazin und Methoxychlor auf den Stickstoffentzug von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Sand-Braunerde ..... -97-

Abb. 30A Einfluß von Methoxychlor auf den Stickstoffentzug von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde ..... -98-

Abb. 31A Einfluß von Methoxychlor auf den Stickstoffentzug von Maispflanzen in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Sand-Braunerde ..... -98-

Abb. 32A Einfluß von Methoxychlor auf den Stickstoffentzug von Sommergerste in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde ..... -99-

Abb. 33A Einfluß von Methoxychlor auf den Stickstoffentzug von Sommergerste in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Sand-Braunerde. -99-

7.4.2 Verzeichnis der Tabellen

Seite

Tab. 1 Entzug und Verteilung von Stickstoff in Maiskorn und Maiskolben zur Erntezeit bei verschiedenen Atrazingaben [CERVELLI et al. 1982] ... -8-

Tab. 2 Untersuchungen über den Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf den Trockenmasseertrag, den Stickstoffentzug sowie den Aminosäure-/Proteingehalt verschiedener Nutzpflanzen ... -10-

Tab. 3 Physikalische Eigenschaften von Terbuthylazin [PERKOW et al. 1996; IVA 1990] ... -14-

Tab. 4 Physikalische Eigenschaften von Methoxychlor [PERKOW et al. 1996; IVA 1990] ... -14-

Tab. 5 Bodenchemische und -physikalische Parameter der verwendeten Böden ... -15-

Tab. 6 Gefäßversuche – Überblick ... -17-

Tab. 7 ASE - Extraktionsbedingungen für Boden- und Pflanzenproben ... -20-

Tab. 8 GPC - Parameter zur Aufreinigung der pestizidhaltigen Extrakte ... -22-

Tab. 9 Bedingungen für die HPLC-Untersuchungen von Terbuthylazin ... -23-

Tab. 10 Bedingungen für die GC-Untersuchungen von Methoxychlor ... -23-

Tab. 11 Verwendete Chemikalien zur Aminosäurebestimmung [VDLUFA 1988] ... -25-

Tab. 12 Wiederfindungsraten und Nachweis- / Bestimmungsgrenzen für die verwendeten PSM aus Boden- und Pflanzenproben ... -26-

Tab. 13 Mittlerer Trockenmasseertrag, Stickstoffentzug und Pestizidaufnahme von Mais (Gesamtpflanze) zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde in einem Gefäßversuch ... -42-

Tab. 14 Toleranzwerte [PERKOW et al. 1996] und mittlere Pestizidrückstände in Mais bei zehnfacher Applikationsdosis nach 120 Tagen im Gefäßversuch (G1/97) ... -45-

Tab. 15 Trockenmasseertrag und Stickstoffentzug von Mais (Gesamtpflanze) nach 120 Tagen mit und ohne Methoxychlorapplikation auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde in einem Gefäßversuch (G1/98) ... -47-

Tab. 16 Gegenüberstellung der Verteilung der Methoxy-chlorrückstände einzelner Organe (Mais) zu verschiedenen Versuchszeitpunkten von zwei Gefäßversuchen (G1/97 und G1/98) bei unterschiedlichen Applikationsdosen auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde ... -53-

Tab. 17 Mittlerer Trockenmasseertrag, Stickstoffentzug und Pestizidaufnahme einzelner Organe von Sommergerste nach 120 Tagen auf Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde im Gefäßversuch ..... -56-

Tab. 18 Toleranzwert [PERKOW et al. 1996] und mittlere Methoxychlorrückstände bei zehnfacher Applikationsdosis nach 120 Tagen im Gefäßversuch (G1/98) ..... -57-

Tab. 19 Änderungen einzelner Aminosäuregehalte oberirdischer Organe von Mais bei Methoxychlorapplikation in einem Gefäßversuch mit unterschiedlichen Bodenarten im Vergleich zur Kontrollvariante ..... -62-

Tab. 20 Änderungen einzelner Aminosäuregehalte oberirdischer Organe von Sommergerste bei Methoxychlorapplikation in einem Gefäßversuch mit unterschiedlichen Bodenarten im Vergleich zur Kontrollvariante .. -65-

Tab. 21 Einfluß von Methoxychlor und der Bodenart auf den prozentualen bzw. den gesamten Anteil ausgewählter Aminosäuren von Sommergerste-Ähre nach 120 Tagen im Gefäßversuch ..... -66-

Tab. 22A Mittlere Trockenmasseerträge einzelner Maisorgane mit und ohne Pestizidapplikation zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde ..... -100-

Tab. 23A Mittlere Trockenmasseerträge einzelner Maisorgane mit und ohne Methoxychlorapplikation zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde ..... -101-

Tab. 24A Mittlere Trockenmasseerträge einzelner Organe von Sommergerste mit und ohne Methoxychlorapplikation zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde ..... -102-

Tab. 25A Mittlerer Stickstoffentzug einzelner Maisorgane mit und ohne Pestizidapplikation zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde ..... -103-

Tab. 26A Mittlerer Stickstoffentzug einzelner Maisorgane mit und ohne Methoxchlorapplikation zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde ..... -104-

Tab. 27A Mittlerer Stickstoffentzug einzelner Organe von Sommergerste mit und ohne Methoxchlorapplikation zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde ..... -105-

Tab. 28A Mittlere PSM-Aufnahme einzelner Maisorgane zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/97) mit Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde ..... -106-

Tab. 29A Mittlere Methoxychloraufnahme einzelner Maisorgane zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde ..... -107-

Tab. 30A Mittlere Methoxychloraufnahme einzelner Organe von Sommergerste zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Gefäßversuch (G1/98) mit Löß-Schwarzerde und Sand-Braunerde ..... -108-

Tab. 31A Einfluß von Methoxychlor auf den prozentualen Aminosäureanteil der oberirdischen Organe von Mais zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Löß-Schwarzerde ..... -109-

Tab. 32A Einfluß von Methoxychlor auf das Aminosäuremuster der oberirdischen Organe von Mais zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Löß-Schwarzerde, Angaben in % der Kontrolle ..... -110-

Tab. 33A Einfluß von Methoxychlor auf den prozentualen Aminosäureanteil der oberirdischen Organe von Mais zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Sand-Braunerde ..... -111-

Tab. 34A Einfluß von Methoxychlor auf das Aminosäuremuster der oberirdischen Organe von Mais zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Sand-Braunerde, Angaben in % der Kontrolle ..... -112-

Tab. 35A Einfluß von Methoxychlor auf den prozentualen Aminosäureanteil der oberirdischen Organe von Sommergerste zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Löß-Schwarzerde ..... -113-

Tab. 36A Einfluß von Methoxychlor auf das Aminosäuremuster der oberirdischen Organe von Sommergerste zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Löß-Schwarzerde, Angaben in % der Kontrolle ..... -114-

Tab. 37A Einfluß von Methoxychlor auf den prozentualen Aminosäureanteil der oberirdischen Organe von Sommergerste zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Sand-Braunerde ..... -115-

Tab. 38A Einfluß von Methoxychlor auf das Aminosäuremuster der oberirdischen Organe von Sommergerste zu unterschiedlichen Versuchszeitpunkten auf Sand-Braunerde, Angaben in % der Kontrolle ..... -116-

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde von 1996 bis 1999 in der Sektion Bodenforschung des Umweltforschungszentrum Leipzig – Halle GmbH durchgeführt.

Bei Herrn Prof. Dr. M. Körschens möchte ich mich ganz herzlich für die wissenschaftliche Betreuung und die gewährte Unterstützung sowie für die stets konstruktive wissenschaftliche Zusammenarbeit bei der Anfertigung der Dissertation bedanken.

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. R. Csuk für sein Einverständnis, ein Gutachten zu dieser Arbeit zu erstellen.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. G. Adam für seine Bereitschaft, ein Gutachten zu dieser Arbeit anzufertigen und für seine anregenden Hinweise nach dem Studium des Entwurfes der Dissertation.

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Dr. E. Schulz, welcher ich die Überlassung dieses interessanten Themas verdanke. Ihre stete Diskussionsbereitschaft, ihre aktive Unterstützung und ihre offene, optimistische Art hatten einen entscheidenden Anteil am Gelingen dieser Arbeit.

Allen Mitarbeitern der Sektion Bodenforschung des UFZ danke ich für ihre Unterstützung und das gute Arbeitverhältnis.
Namentlich bedanke ich mich insbesondere bei Frau K. Hommel, Frau M. Schmiedl, Frau J. Rose und Frau J. Klinz bei der Bewältigung des großen Probenaufkommens und der gewährten Hilfe. Weiterhin gilt mein Dank Dr. R. Russow und Frau H. Odrich für die Bereitschaft bzw. Durchführung der Stickstoffmessungen. Ebenfalls möchte ich mich herzlich bei den Kolleginnen der Gefäßversuchsstation Bad Lauchstädt bedanken, ohne die die vorliegende Arbeit nicht hätte verwirklicht werden können.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. H. Kluge und Frau I. Günther vom Institut für Ernährungswissenschaften der landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle/Wittenberg für die Möglichkeit und Durchführung der Aminosäureanalysen.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Schönherr von der sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Leipzig, welcher für mich ausgewählte Aminosäuren einiger dringender Proben kurzfristig und unbürokratisch quantifizierte und mir die Ergebnisse innerhalb kürzester Zeit zukommen ließ.

Außerdem möchte ich mich bei meiner Familie und meinem Freundeskreis, die für mich stets ein Stütze waren, ganz herzlich bedanken.

Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Halle/Saale, Juni 2000

Frank Böhme

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name, Vorname:	Böhme, Frank
Geburtsdatum/-ort:	23.02.1972 / Halle (Saale)
Familienstand:	ledig

Schulausbildung

von / bis	
1978 - 1988	Polytechnische Oberschule
1988 - 1990	Erweiterte Oberschule (Abitur)

Zivildienst

von / bis	
1990 - 1991	Bezirks-Krankenhaus Halle-Dölau

Studium

von / bis	
01.10.1991 - 30.09.1996	Diplomstudiengang Chemie an der Martin-Luther-Universität-Halle-Wittenberg
30.07.1996	Abschluß als Diplomchemiker

Promotion

01.11.1996 – 31.10.1999	Doktorand am Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH (Sektion Bodenforschung)

Halle/Saale, Juni 2000

Frank Böhme