Poster zu Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Freising-Weihenstephan 1990)
Band 20 1991

Verhalten von Terbuthylazin, Atrazin und Pendimethalin in Maisanbau-Systemen auf unterschiedlichen Standorten

Wolfgang Häussler und Franz Müller

Synopsis

In a fieldstudy in Hohenheim the behaviour of the herbicides atrazine, terbuthylazine and pendimethalin in soil tilled with corn is examined and in the Kraichgau in dependence on the relief and soiltype. Soil samples from different depths are taken over the whole growing period and the residues of pesticides are analysed.
In the Kraichgau the highest concentration of terbuthylazine and atrazine can be found in the above soil layer comparing to a little transportation to deeper layers. No significant differences between the soiltypes are found. In Hohenheim most of herbicides concentration is located in the soil layer from 0-10 cm. The vertical distribution of atrazine is less than pendimethalin. The least concentration below 10 cm can be detected for terbuthylazin.

atrazine, terbuthylazine, pendimethalin, fate in soil

1. Zusammenfassung

In Hohenheim wird in einem Feldversuch mit Maismonokultur bzw. Mais-Sommerweizen-Rotation das Verhalten der Herbizide Atrazin, Terbuthylazin und Pendimethalin im Boden untersucht und im Kraichgau Untersuchungen in Maisanbauflächen in Abhängigkeit von Landschaftsrelief und Bodentyp durchgeführt. Zur Analyse des Bodens auf Rückstände werden in gleichmäßigen Abständen Bodenproben über die gesamte Vegetationsperiode aus verschiedenen Tiefen entnommen.
Im Untersuchungsgebiet Kraichgau kann für Terbuthylazin und Atrazin die höchste Konzentration im Oberboden ermittelt werden. Die Verlagerung in tiefere Bodenschichten ist gering. Zwischen den untersuchten Bodentypen bestehen keine signifikanten Unterschiede. Die Ergebnisse am Standort Hohenheim ergeben in den Vegetationsperioden 1988 und 1989 die jeweils höchste Herbizidkonzentration in der obersten Bodenschicht (0-10 cm Tiefe). Die vertikale Verlagerung von Pendimethalin ist am höchsten, gefolgt von Atrazin. Die geringsten Wirkstoffkonzentrationen unterhalb 10 cm Tiefe können für Terbuthylazin ermittelt werden.

2. Einführung

Die Unkrautbekämpfung im Maisanbau steht gegenwärtig vor der Notwendigkeit, das klassische Herbizid Atrazin durch neuere Wirkstoffe zu ersetzen. Die Erkenntnisse über das Verhalten dieser Wirkstoffe im System Boden/Wasser/Pflanze beruhen jedoch überwiegend auf Modelluntersuchungen unter standardisierten Bedingungen (HÄFNER 1989, HERZEL & SCHMIDT 1989, PESTEMER & NORDMEYER 1990). Weitaus weniger ist über das Verhalten im Boden am natürlichen Standort bekannt (FRANK & SIRONS 1985, FÜHR & al. 1989, PAWLITZKI & KÖNIGER 1989).
In der vorliegenden Arbeit wurden im Kraichgau und in Hohenheim Maisanbauflächen bzw. Versuchsparzellen mit verschiedenen Bodentypen auf das Verhalten der Herbizide Atrazin, Terbuthylazin und Pendimethalin untersucht.
Im Kraichgau wurde gleichzeitig der Eintrag dieser Wirkstoffe in die der landwirtschaftlichen Nutzfläche angrenzenden Gebiete analysiert.

3. Material und Methoden

3.1 Im Versuch eingesetzte Wirkstoffe

In den Untersuchungen wurden die Herbizide Atrazin, Terbuthylazin und Pendimethalin eingesetzt. Die Aufwandmengen betrugen im Kraichgau im Untersuchungszeitraum 1989 am Standort Gondelsheim für Atrazin 360 g a.i./ha (0,75 l/ha Gesaprim) und für Terbuthylazin 735 g a.i./ha (1,5 l/ha Gardoprim). In Hohenheim erfolgte die Behandlung 1988 und 1989 mit 960 g a.i./ha Atrazin (2,0 l/ha Gesaprim), 980 g a.i./ha Terbuthylazin (2,0 l/ha Gardoprim) und 1.650 g a.i./ha Pendimethalin (5,0 l/ha Stomp). Die Applikation wurde jeweils im Nachauflaufverfahren durchgeführt.

3.2 Standortverhältnisse

Im Kraichgau wurden die Untersuchungen in den im Landschaftsrelief regelmäßig auftretenden Bodentypen Pararendzina, Parabraunerde und Kolluvium durchgeführt. Parallel hierzu wurde am Standort Hohenheim das Verhalten der Herbizide in einer Parabraunerde untersucht. Die den einzelnen Bodentypen zugrunde liegenden Korngrößenverteilungen, die Gehalte an organischem Kohlenstoff sowie die pH-Werte sind in Tab. 1 aufgeführt.

Tab. 1: Kenndaten der untersuchten Bodentypen

	Kraichgau			Hohenheim
	Pararendzina	Parabraunerde	Kolluvium	Parabraunerde
Ton [%]	15	25	20	26
Schluff [%]	78	71	75	72
Sand [%]	7	4	5	2
Organ. C [%]	0,9	1,0	1,2	1,0
pH-Wert ($CaCl_2$)	7,3	7,0	7,1	6,3

3.3 Probenahme

Je Versuchsparzelle wurden 20 Einstiche vorgenommen. Die Probenahme erfolgte kurz nach der Behandlung und danach in gleichmäßigen Abständen über die gesamte Vegetationsperiode sowie im Herbst nach der Ernte und im Frühjahr vor der Aussaat der Nachfolgekultur. Die Entnahmetiefe betrug 50 cm. Die Untersuchungshorizonte wurden im Bereich 0-30 cm in 10-cm-Abschnitte eingeteilt. Der darauffolgende Horizont (30-50 cm) wurde nicht weiter unterteilt.

3.4 Rückstandsanalytik

Die Rückstände der eingesetzten Wirkstoffe (einschließlich der Metabolite Desethylatrazin und -terbuthylazin) wurden aus dem Boden mit Methanol extrahiert. Hierzu wurden jeweils 20 g lufttrockneter Boden in einer modifizierten Soxhletanlage (Heißextraktor) mit 100 ml Methanol extrahiert, das überschüssige Lösungsmittel im Rotationsverdampfer abgedampft und schließlich nach Überführung in Aceton mit einem thermionisch-spezifischen Detektor (TSD) bestimmt. Die untere Bestimmungsgrenze betrug jeweils 10 μg/kg.

4. Ergebnisse

4.1 Standort Kraichgau

Die Ergebnisse der Untersuchungen für Terbuthylazin am Standort Kraichgau zeigt Abb. 1. Die Wirkstoffgehalte im Oberboden (0-10 cm Tiefe) schwanken in Abhängigkeit vom Bodentyp zwi-

schen 170 µg/kg und 240 µg/kg zu Beginn des Untersuchungszeitraumes und liegen am Ende (101 Tage nach der Behandlung) bei 50-80 µg/kg. Die Untersuchungen ergaben jeweils die höchste Wirkstoff-Konzentration in der obersten Bodenschicht. Im Bodentyp Kolluvium nimmt die Konzentration zunächst nur geringfügig ab, zwischen Pararendzina und Parabraunerde bestehen keine Unterschiede.
Terbuthylazin wird nur in geringem Umfang in tiefere Bodenschichten verlagert (< 30 µg/kg). In der untersten Bodenschicht (30-50 cm Tiefe) ist das Herbizid während des gesamten Untersuchungszeitraumes nicht nachweisbar.
Für Atrazin konnte die höchste Konzentration ebenfalls in der obersten Bodenschicht festgestellt werden (Abb. 2). Allerdings muß hierbei berücksichtigt werden, daß aufgrund einer verspäteten Angabe des Behandlungstermins die erste Probenahme erst 13 Tage nach der Applikation erfolgen konnte. Von diesem Zeitpunkt an nimmt die Konzentration in allen drei Bodentypen ungefähr gleich schnell ab und beträgt 97 Tage nach Behandlung jeweils 20 µg/kg. In der darauffolgenden Bodenschicht (10-20 cm Tiefe) liegt die Konzentration im Bereich der Nachweisgrenze. In größeren Tiefen ist das Herbizid nicht mehr nachweisbar.
Die Desethylmetabolite der beiden s-Triazine konnten jeweils nur in der obersten Bodenschicht nachgewiesen werden. Die Konzentrationen betrugen zwischen 10 und 40 µg/kg.
In Bodenuntersuchungen in den an die Ackerflächen angrenzenden Kleinstrukturen lagen die Rückstände der Herbizide und deren Abbauprodukte jeweils unter der Nachweisgrenze von 10 µg/kg.

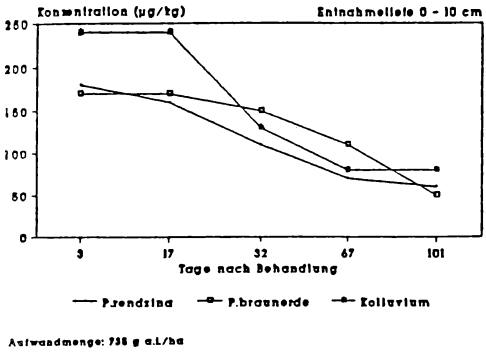

Abb. 1:
Konzentrationsabnahme von Terbuthylazin
Kraichgau 1989, Vergleich der Bodentypen

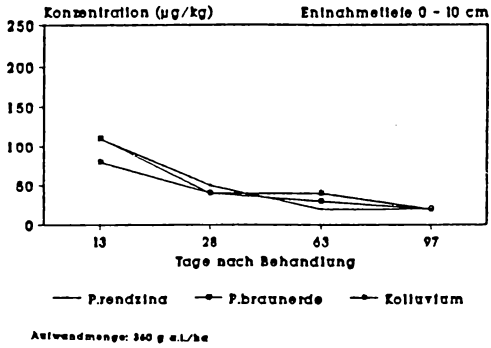

Abb. 2:
Konzentrationsabnahme von Atrazin
Kraichgau 1989, Vergleich der Bodentypen

4.2 Standort Hohenheim

Die höchste Herbizid-Konzentration kann jeweils in der obersten Bodenschicht (0-10 cm Tiefe) nachgewiesen werden. Im Untersuchungsjahr 1988 nimmt die Konzentration zunächst geringfügig ab (Abb. 3). Die höchste Abnahmerate kann im Zeitraum zwischen 28 und 67 Tage nach der Behandlung festgestellt werden. Am Ende der Vegetationsperiode beträgt die Atrazin-Konzentration 8,5 %, die Terbuthylazin-Konzentration 20 % und die Pendimethalin-Konzentration 11 %, jeweils bezogen auf die einen Tag nach der Behandlung gemessenen Herbizid-Rückstände.
Im Versuchsjahr 1989 erfolgt die Konzentrations-Abnahme im Oberboden gleichmäßiger (Abb. 4). Die Konzentration am Ende des Untersuchungszeitraumes beträgt für Pendimethalin 28 % der zu Versuchsbeginn nachgewiesenen Konzentration, während von Terbuthylazin 6 % und von Atrazin 4,5 % als unveränderter Wirkstoff vorliegen.
In beiden Vegetationsperioden ist die vertikale Verlagerung von Pendimethalin am höchsten, gefolgt von Atrazin. Die geringsten Wirkstoff-Konzentrationen in den Entnahmehorizonten unterhalb 10 cm Tiefe können für Terbuthylazin ermittelt werden. In der Bodenschicht von 30-50 cm Tiefe ist das Herbizid während der gesamten Vegetationsperiode 1989 nicht nachweisbar.
Die Konzentrationen der Desethyl-Abbauprodukte der beiden Triazine liegen in beiden Versuchsjahren nur in der obersten Bodenschicht über der Nachweisgrenze von 10 µg/kg. Der höchste Ge-

halt beträgt für Desethylatrazin 90 µg/kg (1988, 28 Tage nach Behandlung) bzw. 20 µg/kg (1989, 29 Tage nach Behandlung) und für Desethylterbuthylazin 150 µg/kg (20 Tage nach Behandlung) bzw. 30 µg/kg (16 Tage nach Behandlung). Die Abbaurate nimmt demnach während der Vegetationsperiode zu. Jedoch besteht kein direkter Zusammenhang zwischen dem Konzentrationsverlauf der beiden Wirkstoffe und den untersuchten Metaboliten.

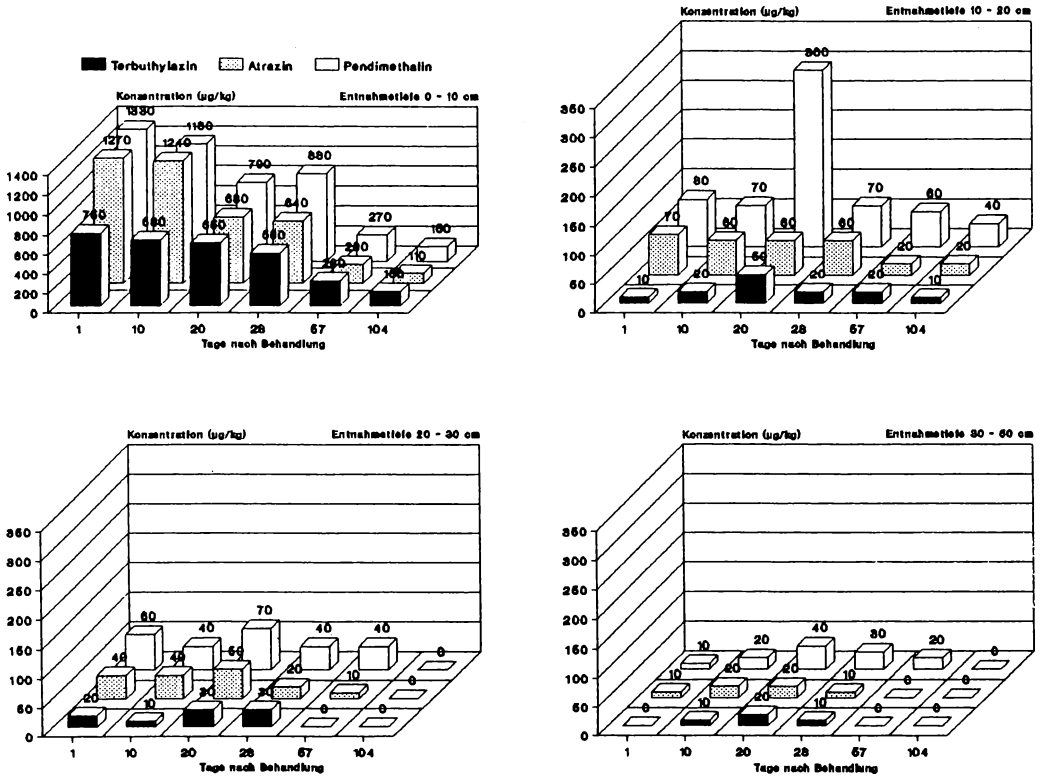

Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der Konzentrationsabnahme
Standort Hohenheim 1988

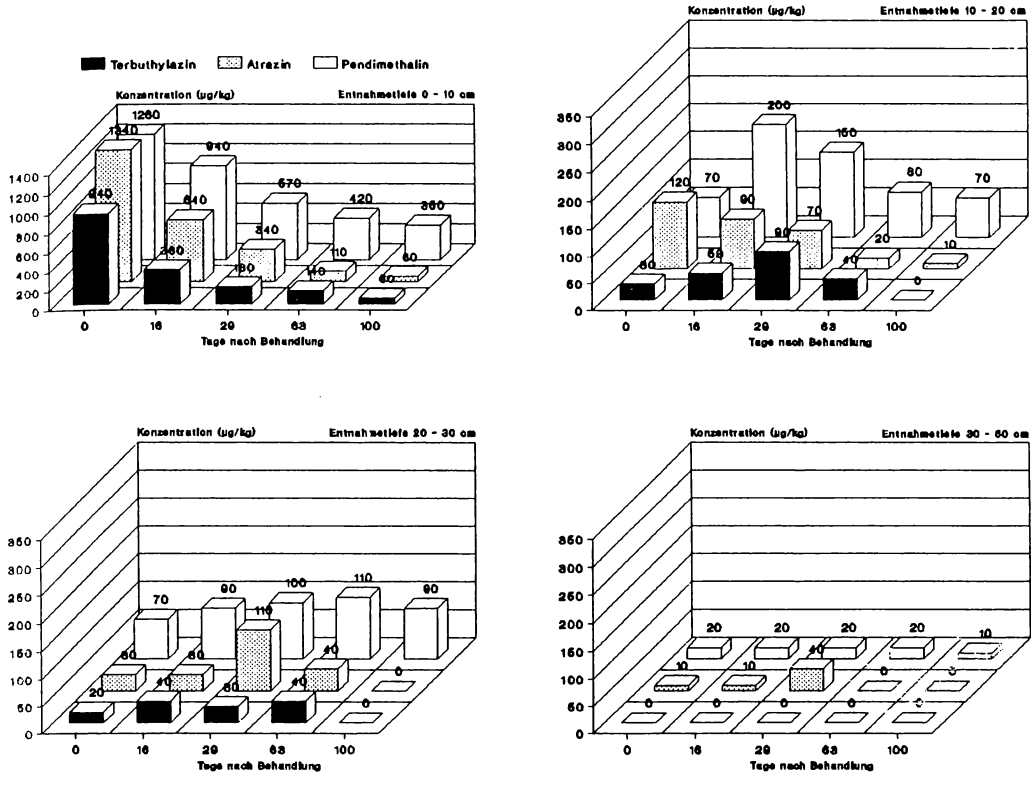

Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der Konzentrationsabnahme
Standort Hohenheim 1989

5. Diskussion

Das Verhalten von Atrazin und Terbuthylazin im Boden ist typisch für einen Abbau nach cometabolisch-chemischen Prozessen, mit einer hohen Abbaugeschwindigkeit in den ersten Wochen nach der Herbizidbehandlung und einer zunehmend flacher verlaufenden Abbaurate mit fortschreitender Untersuchungsperiode (HURLE 1982). Nach BURKHARD & GUTH (1981) steigt die Sorption von s-Triazinen im Boden mit zunehmendem Gehalt an organischer Substanz deutlich an. Gleichzeitig wird bei abnehmenden pH-Werten die Abbaurate von Atrazin gegenüber Terbuthylazin stärker erhöht. Die Autoren führen dies auf die unterschiedlichen Substituenten am C_6-Atom des Triazin-Ringes zurück. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch WEBER (1970). Für die vorliegenden Untersuchungen bedeutet dies, daß Terbuthylazin im Boden stärker sorbiert wird als Atrazin. Die vertikale Verlagerung des Herbizids ist relativ zum Atrazin geringer. Nach den in den untersuchten Böden ermittelten Gehalten an Ton und organischer Substanz, müßten die Herbizide relativ stark sorbiert werden. Der höhere Wirkstoffgehalt in der Oberschicht des Bodentyps Kolluvium ist jedoch nicht auf eine stärkere Sorption zurückzuführen, sondern auf eine oberflächliche Verlagerung von Herbizid durch die Abschwemmung von Bodenpartikeln von der Kuppe in die Senke. Dies konnte durch die Anlage von "Spritzfenstern" im Bereich des Kolluviums festgestellt werden.
PESTEMER & al. (1984) fanden unter den am Standort Hohenheim vergleichbaren Verhältnissen deutlich verlangsamte Konzentrationsabnahmen in der obersten Bodenschicht. Nach BEST & WEBER (1974) nimmt die Sorption von Atrazin in dem angegebenen pH-Bereich von 7,3 bis 6,3

zwar stark zu, gleichzeitig wird jedoch die Abbaugeschwindigkeit des Herbizids durch Hydrolyse erhöht. Daraus läßt sich schließen, daß unter den gegebenen Verhältnissen Atrazin zum einen in der obersten Bodenschicht relativ gering sorbiert wird, zum anderen aber der nicht-sorbierte Anteil relativ schnell abgebaut wird. Allerdings war es nicht möglich, mit der zur Verfügung stehenden Analytik die bei der Hydrolyse entstehenden Hydroxy-Metabolite zu erfassen.

Für den Abbau von Pendimethalin besteht eine positive Korrelation zwischen Bodenfeuchte und Abbaugeschwindigkeit des Herbizids (HELLING 1976). Dies zeigt der relativ schnelle Abbau in den ersten drei Wochen des Untersuchungszeitraumes 1988, während im Versuchsjahr 1989 der Abbau durch eine geringe Niederschlagsneigung anfänglich gehemmt ist. Gegen Ende des jeweiligen Untersuchungszeitraumes nimmt die Konzentration nur noch geringfügig ab. Nach PLIETH & BÖRNER (1985) gelten die meisten Dinitroaniline als mäßig persistent. Unter feuchtwarmen Bedingungen werden sie im allgemeinen innerhalb einer Vegetationsperiode zu nichtphytotoxischen Rückständen abgebaut. Allgemein wurde jedoch beobachtet, daß die Adsorption von Dinitroanilinen an organische Substanz im Boden sehr stark ist (GROVER 1974). Andererseits zeigen die eigenen Untersuchungen eine gegenüber Atrazin wesentlich stärkere vertikale Verlagerung des Herbizids. Dies kann unter Umständen auf einen Transport des an Bodenpartikel gebundenen Wirkstoffes in größere Tiefen zurückgeführt werden (Makroporentransport).
Inwiefern hierbei eine Abhängigkeit vom Bodentyp und den Niederschlagsverhältnissen besteht, wird in Modellversuchen in Hohenheim in speziellen Vegetationsgefäßen sowie in Untersuchungen an Bodensäulen festgestellt (HÄUSSLER 1990). Die Ergebnisse hierzu sind im Moment noch in Bearbeitung.

Literatur

BEST, J. A. & J. B. WEBER, 1974: Disappearence of s-triazines as affected by soil pH using a balance-sheet approach. Weed Sci. 23: 378-382.

BURKHARD, N. & J. A. GUTH, 1981: Chemical hydrolysis of 2-chloro-4,6-bis(alkylamino)-s-triazine herbicides and their breakdown in soil under the influence of adsorption. Pest. Sci. 12: 45-52.

FRANK, R. & G. J. SIRONS, 1985: Dissipation of Atrazine Residues from Soils. Bull. Env. Cont. Tox. 34: 541-548.

FÜHR, F., BRUMHARD, B., STEFFENS, W. & W. MITTELSTAEDT, 1989: Der Boden, die große Senke für Pflanzenschutzmittel. Pfl.Schutz-Praxis 3: 34-37.

GROVER, R., 1974: Adsorption and desorption of trifluralin, triallate and diallate by various adsorbents. Weed Sci. 22: 405-408.

HÄFNER, M., 1989: Wichtige Aspekte zum Schutz des Grundwassers vor Pflanzenschutzmittel-Rückständen, dargestellt am Beispiel der Chlortriazine Atrazin, Simazin und Terbuthylazin. Schriftenr. WaBoLu 79: 261-293.

HÄUSSLER, W. & F. MÜLLER, 1990: Verhalten und Verbleib von Pflanzenschutzmitteln in verschiedenen Maisanbau-Systemen auf unterschiedlichen Standorten. BBA-Mitteilungen, H. 266: 380.

HELLING, C. S., 1976: Dinitroaniline herbicides in soils. J. Env. Qual. 5: 1-15.

HERZEL, F. & G. SCHMIDT, 1989: Zur Prüfung des Versickerungsverhaltens von Pflanzenschutzmitteln in Modellversuchen. Nachr.Blatt Dt. Pfl.Schutzd. 41: 91-94.

HURLE, K., 1982: Untersuchungen zum Abbau von Herbiziden in Böden. Acta Phytomedica 8. Parey Verlag, Berlin, Hamburg.

PAWLITZKI, K.-H. & M. KÖNIGER, 1989: Verhalten grundwassergefährdender Pflanzenschutzmittel im System Boden/Wasser. Ges. Pfl. 41: 355-361.

PESTEMER, W. & H. NORDMEYER, 1990: Modelluntersuchungen mit ausgewählten Pflanzenschutzmitteln im Bodenprofil im Hinblick auf die Beurteilung einer Grundwasserbelastung. Mitt. der BBA, H. 259.

PESTEMER, W., RADULESCU, V., WALKER, A. & L. GHINEA, 1984: Residualwirkung von Chlortriazin-Herbiziden im Boden an drei rumänischen Standorten. I. Prognose der Persistenz von Simazin und Atrazin im Boden. Weed Res. 24: 359-369.

PLIETH, H.-E. & H. BÖRNER, 1985: Der Abbau von Pendimethalin im Boden von Gerstenkulturen unter dem Einfluß anderer Pflanzenschutzmittel und von Stroh. Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz, (1972) SH. 6: 43-52.

WEBER, J. B. 1970: Mechanisms of Adsorption of s-triazines by clay colloids and factors affecting plant availability. Res. Rev. 32: 93-130.

Adresse

Wolfgang Häußler
Prof. Dr. Franz Müller*
Institut für Phytomedizin
Fachgebiet Phytopharmakologie
Universität Hohenheim
Otto-Sander-Str. 5

W - 7000 Stuttgart 70

*verstorben am 16.02.1991

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 20_1_1991

Autor(en)/Author(s): Müller Franz, Häußler Wolfgang

Artikel/Article: Verhalten von Terbuthylazin, Atrazin und Pendimethalin in Maisanbau- Systemen auf unterschiedlichen Standorten 87-93