

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Unkrautforschung, Braunschweig

# Einfluss von zwei Sulfonylharnstoff-Herbiziden und einem Vergleichsmittel auf mikrobielle Aktivitäten im Boden

Influence of two sulfonylurea herbicides and one reference compound on microbial activities in soil

Hans-Peter Malkomes

## Zusammenfassung

Sulfonylharnstoffe stellen eine wichtige Gruppe neuerer Herbizidwirkstoffe, die bei Unkräutern als Acetolactatsynthasehemmer wirken. Obwohl viele der länger bekannten Wirkstoffe bereits ökotoxikologisch untersucht wurden, liegen über neuere Herbizide dieser Gruppe kaum Ergebnisse zur Wirkung auf Bodenmikroorganismen vor. Dies gilt auch für die Herbizide 'Hoestar' (Amidosulfuron) und 'Pointer' (Tribenuron). Aus diesem Grund wurden die beiden Herbizide sowie ein wegen seiner bioziden Wirkung bekanntes Vergleichsmittel (Dinoterb) unter Laborbedingungen zu einem lehmigen Sandboden mit Dosierungen appliziert, die sich aus der simulierten Eindringtiefe der flächenbezogenen praxisnahen Aufwandmengen in verschiedene oberflächennahe Bodenschichten errechneten. In einem Parallelversuch wurde ein Teil des Bodens zusätzlich mit Luzernemehl versetzt, was den Vergleich der Aktivitäten mit und ohne Luzernemehldüngung (= LIA-Auswertung) ermöglicht. Während der 84-tägigen Bebrütung wurden die Biomasse-bezogene Dehydrogenaseaktivität (DHA) und die Substrat-induzierte Kurzzeitatmung (KZA) erfasst. Die Validität des Testsystems wurde anhand der Höhe und des Verlaufs der mikrobiologischen Aktivität im Kontrollboden sowie der Reaktion gegenüber dem bioziden Vergleichsmittel bestätigt. Die DHA wurde nur im ungedüngten Boden anfangs durch 'Pointer' leicht verringert, während die KZA leicht stimuliert wurde. Dosis-Wirkungs-Beziehungen waren in dem untersuchten Dosierungsbereich der getesteten Sulfonylharnstoff-Herbizide bei beiden mikrobiellen Aktivitäten kaum ausgeprägt. Die LIA-Auswertung bestätigte die Einzelergebnisse weitgehend. Insgesamt scheinen beide getesteten Sulfonylharnstoff-Herbizide die Bodenmikroflora relativ wenig zu beeinträchtigen.

**Stichwörter:** Laborversuch, Herbizid, Amidosulfuron, Tribenuron, Dinoterb, Vergleichsmittel, Boden, mikrobielle Aktivität, Atmung, Dehydrogenaseaktivität

## Abstract

Sulfonylureas represent an important group of new herbicide active ingredients. They damage weeds by inhibition of the acetolactate synthase. Many of the older active ingredients are ecotoxicologically well investigated, but nearly no data exist on the effects of some new sulfonylureas on soil microorganisms. This is the case of the herbicides 'Hoestar' (amidosulfuron) and 'Pointer' (tribenuron). Therefore we applied both herbicides as well as the reference herbicide dinoterb, known for its biocidal effects, under laboratory conditions to a loamy sand soil. The concentra-

tions of the compounds obtained in the laboratory soil by mixing were calculated from the simulated penetration of the surface-applied field dosage into the upper soil layers. In a parallel trial the soil was amended with lucerne meal. The comparison of the microbiological data of both soil variants enable the evaluation of the LIA (= lucerne meal-induced activity increase). During the 84 days incubation the biomass-related activities dehydrogenase (DHA) and the substrate-induced short-term respiration (KZA) were measured. The validity of the test system was certified by the height and size of the microbial activity in the control soil and their reaction to the reference compound. In the unamended soil the herbicide 'Pointer' reduced the DHA in the first weeks, whereas the KZA was slightly stimulated. However, nearly no dosage-related effects occurred when the two sulfonylurea herbicides were applied with the two tested amounts. Mostly the LIA evaluation confirmed these results. Overall the two investigated sulfonylurea herbicides seem to have no strong ecotoxicological potential to soil microorganisms.

**Key words:** Laboratory trial, herbicide, amidosulfuron, tribenuron, dinoterb, reference compound, soil, microbial activity, respiration, dehydrogenase activity

## 1 Einleitung

Sulfonylharnstoffe stellen eine bedeutende Gruppe neuerer Herbizidwirkstoffe. Nach Angaben von RUSSELL et al. (2002) wurden in etwa 20 Jahren seit der kommerziellen Markteinführung dieser Herbizide im Jahr 1982 weltweit bereits 27 verschiedene Wirkstoffe registriert. Sie werden inzwischen in zahlreichen landwirtschaftlichen Kulturen eingesetzt. Allerdings wurden schon nach wenigen Jahren Unkräuter gefunden, die gegenüber diesen Herbiziden resistent sind (KUDSK und MATHIASSEN, 2004). Dies schränkt naturgemäß ihre Anwendung in der landwirtschaftlichen Praxis ein. Sulfonylharnstoffe sind effektive Hemmer der pflanzlichen Zellteilung und der Acetolactatsynthase (ALS), einem Schlüsselenzym beim Stoffwechsel von verzweigt-kettigen Aminosäuren in Pflanzen (RUSSELL et al., 2002). Wegen ihrer sehr guten biologischen Aktivität reichen bereits geringe Aufwandmengen von etwa 10 bis 100 g AS/ha aus (SHIMIZU et al., 2002). Inzwischen liegt eine umfangreiche Literatur zum Umweltverhalten einiger der bereits länger auf dem Markt befindlichen Sulfonylharnstoff-Herbizide vor. Auch ihre Wirkung auf Bodenmikroorganismen wurde bereits vor einigen Jahren bilanziert (MALKOMES, 1998).

In den vergangenen Jahren wurden jedoch neue Sulfonylharnstoff-Herbizide in den Markt eingeführt, über die kaum Angaben

**Tab. 1. Angaben zum Testboden**  
**Table 1. Information on the test soil**

Name (Name)	Bodenart (soil type)	Korngrößenverteilung ( <i>particle size distribution</i> ) (Gew.-%)			C <sub>org</sub> (Gew.-%)	pH-Wert (in 0,1 N KCl)	Dichte (bulk density) (g/ml)
		Sand ( <i>sand</i> )	Schluff ( <i>silt</i> )	Ton ( <i>clay</i> )			
BBA	lehmgiger Sand (loamy sand)	50	38	12	0,9	6,7	1,4

**Tab. 2. Angaben zu den eingesetzten Präparaten**  
**Table 2. Information on the compounds used**

Name (Name)	Präparat ( <i>compound</i> ) Praxisübliche Aufwandmengen ( <i>field dosage</i> )	Angewandte einfache (= 1×) Dosierung im Boden ( <i>applied single dosage in soil = 1×</i> )	Name (name)	Wirkstoff ( <i>active ingredient</i> ) Gehalt im Präparat ( <i>content in the compound</i> )	
				Angewandte einfache (= 1×) Dosierung im Boden ( <i>applied single dosage in soil = 1×</i> )	
Herbogil liquide D*)	3; 4; (5; 5,5) l/ha	7,86 µl/kg	Dinoterb	250 g/l	1,96 mg/kg
Hoestar	0,04 kg/ha	0,057 mg/kg	Amidosulfuron	750 g/kg	0,043 mg/kg
Pointer	0,04 kg/ha	0,057 mg/kg	Tribenuron	723 g/kg	0,041 mg/kg

\*) Das früher in Frankreich und als ähnlich formuliertes Herbizid auch in Deutschland zugelassene Präparat diente hier als Referenzmittel. Die Dosierung richtete sich nach der damals in Deutschland üblichen maximalen Aufwandmenge von 5,5 l/ha.

zur Wirkung auf die für die Bodenfruchtbarkeit wichtigen Mikroorganismen vorliegen. Dies gilt z. B. auch für die in Deutschland zur Unkrautbekämpfung in Getreide zugelassenen Präparate 'Pointer' (Tribenuron) und 'Hoestar' (Amidosulfuron) (ANONYM, 2004). Nach den Angaben von HOPKINS (1994) wurde Amidosulfuron bereits 1989 und Tribenuron 1985 eingeführt. Zahlreiche Angaben zu den beiden Wirkstoffen wurden von VENCILL (2002) zusammengestellt. Über Tribenuron liegt bereits eine ältere Übersichtsarbeit vor (BASSI, 1992). GOLD (1997) fasste außerdem einige Daten über 'Hoestar' (Amidosulfuron) zusammen. Zur Ökotoxikologie beider Wirkstoffe liegen jedoch nur vergleichsweise wenige Veröffentlichungen vor. Die nachfolgenden Untersuchungen sollen deshalb dazu dienen, die Kenntnislücken im Bereich Ökotoxikologie von Bodenmikroorganismen zu verringern.

## 2 Material und Methoden

Die nachfolgenden Untersuchungen wurden unter Laborbedingungen durchgeführt. Der erfahrungsgemäß mikrobiologisch-ökotoxikologisch empfindlich reagierende lehmige Sandboden

BBA (Tab. 1) wurde aus der oberen Schicht einer langjährig ohne den Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln ackerbaulich genutzten Fläche in Braunschweig entnommen. Er wurde auf 2 mm Maschenweite gesiebt und mindestens 14 Tage feldfeucht an die Versuchsbedingungen adaptiert. Zum Versuchsbeginn wurde ein Teil des Bodens zusätzlich mit Luzernemehl versetzt, um mittels dieser simulierten Gründüngung die mikrobielle Aktivität zu erhöhen. Durch den Vergleich des Bodens mit und ohne Luzernemehl (= LIA-Auswertung) ergab sich eine zusätzliche ökotoxikologisch sensible Auswertungsmöglichkeit (MALKOMES, 2001a). Anschließend wurden die in Tabelle 2 aufgeführten Sulfonylharnstoff-Herbizide 'Hoestar' und 'Pointer' sowie das wegen seiner bioziden Wirkung bekannte Vergleichsmittel 'Herbogil liquide D' (MALKOMES, 2002) in wässriger Suspension in den Boden eingemischt. Die einfachen Dosierungen (= 1×) errechneten sich entsprechend der früheren BBA-Richtlinie Teil VI, 1-1 (ANDERSON et al., 1990) jeweils aus dem simulierten Eindringen der praxisüblichen flächenbezogenen Aufwandmengen in eine Bodenschicht von 5 cm, die höheren Dosierungen dementsprechend in eine dünnere Schicht. Die Bebrütung in leicht geöffnet

**Tab. 3. Einfluss der Sulfonylharnstoff-Herbizide Hoestar (Amidosulfuron) und Pointer (Tribenuron) sowie des Vergleichsmittels Herbogil liquide D (Dinoterb) auf die Biomasse-bezogene Dehydrogenaseaktivität im sandigen Lehmboden mit und ohne Luzernemehlzusatz****Table 3. Influence of the sulfonylurea herbicides Hoestar (amidosulfuron) and Pointer (tribenuron) and the reference compound Herbogil liquide D (dinoterb) on the biomass-related dehydrogenase activity in sandy loam soil with and without lucerne meal amendment**

Behandlung (Treatment)	Luzernemehl- zugabe (lucerne meal amendment)	Dehydrogenaseaktivität ( <i>dehydrogenase activity</i> ) (µg TPF/g Boden)				
		7 Tage (days)	14 Tage (days)	28 Tage (days)	56 Tage (days)	84 Tage (days)
K	–	43,9 ± 1,3	42,6 ± 0,2	34,1 ± 0,1	29,4 ± 1,0	27,1 ± 0,8
Hoe (1×)	–	41,0 ± 0,8	37,3 ± 2,1	30,9 ± 0,6	28,3 ± 1,4	27,6 ± 0,8
Hoe (10×)	–	44,4 ± 4,1	40,1 ± 0,8	33,9 ± 2,4	29,7 ± 1,3	25,6 ± 1,5
Poi (1×)	–	42,6 ± 0,7	40,6 ± 1,2	32,5 ± 1,5	30,4 ± 0,4	27,4 ± 0,5
Poi (10×)	–	39,6 ± 2,5	37,7 ± 2,7	31,6 ± 2,3	28,3 ± 0,6	27,0 ± 0,5
Her (2×)	–	30,2 ± 2,8	23,4 ± 1,9	17,8 ± 0,5	12,9 ± 1,4	11,2 ± 1,3
K	+	108,7 ± 2,3	102,9 ± 3,3	89,7 ± 4,7	75,2 ± 4,7	72,6 ± 5,0
Hoe (1×)	+	112,1 ± 1,7	104,5 ± 6,2	90,2 ± 3,5	75,5 ± 1,3	75,0 ± 3,3
Hoe (10×)	+	107,0 ± 1,8	98,1 ± 6,9	90,5 ± 4,5	72,8 ± 1,8	67,9 ± 5,9
Poi (1×)	+	107,0 ± 2,7	104,3 ± 6,4	92,3 ± 1,3	77,3 ± 1,9	75,7 ± 2,2
Poi (10×)	+	112,8 ± 7,3	108,8 ± 10,4	95,6 ± 2,6	76,2 ± 4,2	76,3 ± 3,5
Her (2×)	+	72,4 ± 3,6	50,7 ± 0,6	40,2 ± 2,0	27,8 ± 1,4	27,8 ± 0,9

TPF = Triphenylformazan; K = Kontrolle (*control*); Hoe = Hoestar; Poi = Pointer; Her = Herbogil liquide D

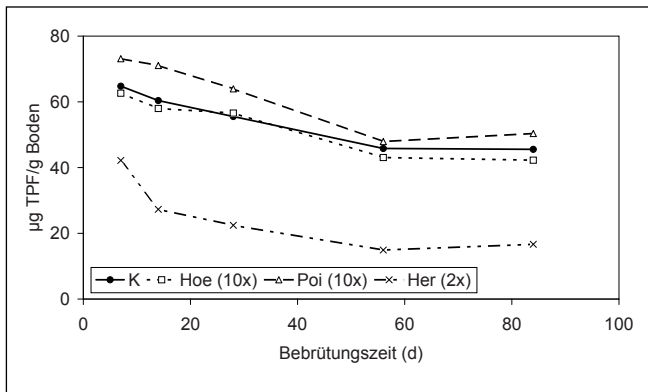


Abb. 1. Vergleich der Wirkung der beiden Sulfonylharnstoff-Herbizide 'Hoestar' (= Hoe; Amidosulfuron) und 'Pointer' (= Poi; Tribenuron) sowie des Vergleichsmittels 'Herbogil liquide D' (= Her; Dinoterb) auf die Luzernemehl-induzierte Erhöhung (= LIA) der Dehydrogenaseaktivität im lehmigen Sandboden BBA. K = Kontrolle; TPF = Triphenylformazan

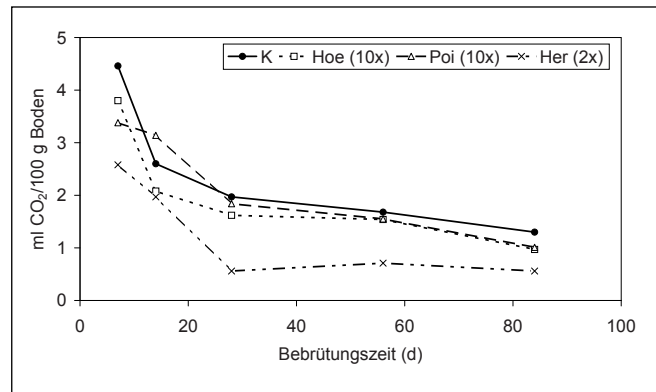


Abb. 2. Vergleich der Wirkung der beiden Sulfonylharnstoff-Herbizide 'Hoestar' (= Hoe; Amidosulfuron) und 'Pointer' (= Poi; Tribenuron) sowie des Vergleichsmittels 'Herbogil liquide D' (= Her; Dinoterb) auf die Luzernemehl-induzierte Erhöhung (= LIA) der Substrat-induzierten Kurzzeitatmung im lehmigen Sandboden BBA. K = Kontrolle

neten Plastikgefrierschalen erfolgte bis zu 84 Tage lang im Dunkeln bei 60 % der maximalen Wasserkapazität und 20 °C.

An ausgewählten Terminen wurden Bodenproben gezogen und hieran die nachfolgenden Biomasse-bezogenen mikrobiellen Aktivitäten untersucht. Die Messung der Dehydrogenaseaktivität (= DHA: Reduzierung von Triphenyltetrazoliumchlorid) erfolgte kolorimetrisch nach einer modifizierten Methode (MALKOMES, 1993). Die Substrat-induzierte Kurzzeitatmung (= KZA; mit Glucose als Substrat) wurde nach MALKOMES (1986) mittels Infrarotgasanalysator (URAS 2T, Hartmann & Braun, Frankfurt/M.) jeweils bis 48 h gemessen, wobei sowohl die ersten 6 Messstunden als auch der gesamte Kurvenverlauf mit seinen Peak-Phasen nach MALKOMES (1997) ausgewertet wurden.

Alle Behandlungsvarianten lagen in dreifacher Wiederholung vor. Soweit es notwendig erschien, wurde in den Tabellen die Standardabweichung angegeben. In den Abbildungen wurde darauf verzichtet, da es sich bei der LIA nicht um den einzelnen Wiederholungen zuzuordnende Differenzwerte handelt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Dehydrogenaseaktivität

Die Dehydrogenaseaktivität (DHA) nahm im ungedüngten Kontrollboden während der 84-tägigen Bebrütung um 16,8 µg TPF/g Boden (= 38,3 %) ab, im mit Luzernemehl gedüngten Boden sogar um 36,1 µg TPF/g (= 33,2 %). Das Vergleichsmittel 'Herbogil liquide D' reduzierte diese mikrobielle Aktivität in beiden Bodenvarianten – mit der Zeit noch zunehmend – um über 50 % (Tab. 3). Damit bestätigte es zum einen sein biozides Potenzial und zum anderen die ökotoxikologische Reaktionsfähigkeit des Testbodens. Beide Sulfonylharnstoff-Herbizide verursachten im ungedüngten BBA-Boden vor allem in den ersten 28 Tagen einzelne leichte Hemmungen. Eine Dosisabhängigkeit war allerdings nur bei 'Pointer' angedeutet. Im gedüngten Boden verursachten diese Herbizide keine signifikanten Wirkungen.

Auch die Darstellung der durch Luzernemehl induzierten Aktivitätserhöhung (= LIA) ergab im Kontrollboden mit der Zeit

Tab. 4. Einfluss der Sulfonylharnstoff-Herbizide Hoestar (Amidosulfuron) und Pointer (Tribenuron) sowie des Vergleichsmittels Herboligil liquide D (Dinoterb) auf die Biomasse-bezogene Substrat-induzierte Kurzzeitatmung (KZA) im behandelten Boden BBA mit und ohne Luzernemehl anhand verschiedener Auswertungsverfahren: 1) normal nach 6 h; 2) maximale CO<sub>2</sub>-Bildung = Peak-Höhe und Peak-Zeitpunkt; (Angaben pro 100 g Boden)

Table 4. Influence of the sulfonylurea herbicides Hoestar (amidosulfuron) and Pointer (tribenuron) and the reference compound Herboligil liquide D (dinoterb) on the biomass-related substrate-induced short-term respiration (KZA) in the treated soil BBA with and without lucerne meal using different evaluation methods: 1) normal as after 6 hrs; 2) maximal CO<sub>2</sub> formation = peak height and time of peak phase (hrs); (results per 100 g soil)

Behandlung (Treatment)	Luzerne-mehl (lucerne meal)	Tag (day) 28				Tag (day) 84		
		normal nach 6 h (ml CO <sub>2</sub> )	Peak-Höhe (ml CO <sub>2</sub> /h)	Peak-Zeitpunkt (h)	normal nach 6 h (ml CO <sub>2</sub> )	Peak-Höhe (ml CO <sub>2</sub> /h)	Peak-Zeitpunkt (h)	
K	-	0,8 ± 0,0	4,0 ± 0,1	22,0 ± 0,0	0,3 ± 0,1	5,6 ± 0,0	27,0 ± 0,0	
Hoe (1x)	-	0,8 ± 0,1	4,2 ± 0,2	22,3 ± 0,6	0,4 ± 0,1	5,4 ± 0,1	27,0 ± 0,0	
Hoe (10x)	-	0,7 ± 0,1	3,8 ± 0,1	25,0 ± 0,0	0,5 ± 0,1	5,7 ± 0,3	27,3 ± 0,6	
Poi (1x)	-	1,0 ± 0,0	4,3 ± 0,0	22,3 ± 0,6	0,7 ± 0,0	6,2 ± 0,2	26,7 ± 0,6	
Poi (10x)	-	1,0 ± 0,1	4,4 ± 0,2	23,0 ± 0,0	0,7 ± 0,1	6,0 ± 0,5	26,7 ± 0,6	
Her (2x)	-	-	3,4 ± 0,1	24,0 ± 0,0	-	4,1 ± 0,1	30,7 ± 0,6	
K	+	2,8 ± 0,1	7,8 ± 0,0	15,0 ± 0,0	1,6 ± 0,1	17,1 ± 0,4	24,0 ± 0,0	
Hoe (1x)	+	2,8 ± 0,1	8,0 ± 0,7	14,7 ± 0,6	1,7 ± 0,0	17,2 ± 2,1	23,7 ± 0,6	
Hoe (10x)	+	2,3 ± 0,2	7,4 ± 0,4	16,7 ± 0,6	1,5 ± 0,1	17,3 ± 1,0	23,7 ± 0,6	
Poi (1x)	+	2,9 ± 0,3	8,8 ± 0,3	13,0 ± 0,0	1,8 ± 0,0	18,8 ± 0,3	22,3 ± 0,6	
Poi (10x)	+	2,9 ± 0,1	9,0 ± 0,7	13,3 ± 0,6	1,8 ± 0,1	18,9 ± 1,0	23,0 ± 0,0	
Her (2x)	+	1,3 ± 0,0	11,4 ± 1,2	18,7 ± 0,6	0,6 ± 0,2	18,4 ± 1,0	29,3 ± 0,6	

K = Kontrolle (control); Hoe = Hoestar; Poi = Pointer; Her = Herboligil liquide D

eine Abnahme um 29,7%. Das Vergleichsmittel hemmte diese Aktivität ebenfalls – mit der Zeit sogar noch zunehmend – um bis zu 63,4% nach 84 Tagen. Mit der höheren Dosierung verursachte 'Hoestar' keine merkliche Abweichung von der Kontrolle, während 'Pointer' – besonders in den ersten 28 Tagen – um bis zu 18% stimulierte (Abb. 1). Mit der – hier nicht dargestellten – einfachen Dosierung verursachte 'Pointer' keine Effekte, während 'Hoestar' in den ersten 28 Tagen zeitweise auch um bis zu 11% stimulierte.

### 3.2 Substrat-induzierte Kurzzeitatmung

Auch die in den ersten 6 h gemessene Substrat-induzierte Kurzzeitatmung (KZA) nahm in beiden ungedüngten Bodenvarianten mit der Zeit ab. Das Vergleichsmittel reduzierte diese Biomassebezogene Aktivität deutlich. Wie Tabelle 4 zeigt, äußerte sich die Wirkung der beiden Sulfonylharnstoff-Herbizide auf die 6-h-Werte vor allem bei 'Pointer' in einer zeitweiligen leichten Stimulation. Da die Atmung grundsätzlich bis zu 48 h gemessen wurde, erlaubte sie auch die Darstellung des Kurvenverlaufs einschließlich der Peak-Phasen. Wurden diese herangezogen, so verzögerte das Vergleichsmittel das Auftreten der Peak-Phase, wobei die Peak-Höhe im ungedüngten Boden verringert und im gedüngten Boden erhöht wurde. Auch die beiden Sulfonylharnstoff-Herbizide beeinflussten die Peak-Phase zeitweise, wobei aber meistens keine eindeutige Dosisabhängigkeit auftrat.

Auch die LIA der KZA nahm mit der Zeit deutlich ab, hier mit etwa 70% sogar noch stärker als die DHA. Das Vergleichsmittel reduzierte auch die LIA-KZA, allerdings mit bis zu 57% nach 84 Tagen etwas schwächer als die LIA-DHA (Abb. 2). Beide Sulfonylharnstoff-Herbizide verringerten die LIA-KZA geringfügig, wobei 'Pointer' zum Probenahmetermin Tag 14 davon abwich.

## 4 Diskussion

Die verfügbare Literatur über den Einfluss der beiden Sulfonylharnstoff-Herbizide auf Mikroorganismen ist sehr gering. Bei Tribenuron wurden lediglich einige Veröffentlichungen zum Einfluss auf die von *Fusarium*, *Puccinia*, *Rhizoctonia* und *Septoria* verursachten Pflanzenkrankheiten gefunden (BRZOZOWSKI et al., 2000; KUROWSKI et al., 2004; CHEN et al., 2005), die aber kaum mit dem Einfluss auf Bodenmikroorganismen vergleichbar sein dürften. Gegenüber der Frischwasseralge *Chlorella fusca* wies Tribenuron eine  $EC_{50}$  von 0,2 bzw. 0,3  $\mu\text{mol/l}$  bei pH 6,5 auf (FAHL et al., 1995). Auch andere Wasseralgeln können gehemmt werden (NYSTRÖM et al., 1999). Gegenüber den beiden entomopathogenen Pilzen *Conidiobolus thromboides* und *Pandora nouryi* war das Herbizid indessen mit praxisnahen Dosierungen nicht wirksam (LI et al., 2004). Außerdem liegt eine Angabe über die Wirkung von Tribenuron auf Bodenmikroorganismen vor. Darin hemmte Tribenuron – allerdings in Kombination mit Fluroxypyr – die Gesamtmikroorganismen im Feldversuch (KONSTANTINOVIC et al., 1999).

GOLD (1997) gibt in ihrer Übersichtsarbeit an, dass Amidosulfuron keine Beeinträchtigung der Bodenmikroorganismen hinsichtlich Stickstoffumsatz und Bodenatmung verursacht. Leider ist jedoch nicht ersichtlich, wie die Untersuchungen durchgeführt wurden. Da es sich um eine Mitteilung der Firma Hoechst handelt, ist anzunehmen, dass die Daten innerhalb der standardisierten Untersuchungen für das Zulassungsverfahren von Pflanzenschutzmitteln gewonnen wurden. Wegen des stark eingeschränkten Versuchsumfanges derartiger nach Eppo- (ANONYM, 2003) und OECD-Richtlinien (ANONYM, 2000) durchgeführten Untersuchungen sind diese Ergebnisse jedoch selbst bei Angaben zur Versuchsdurchführung meistens nur schwierig zu inter-

pretieren (MALKOMES, 2001b). In Freilanduntersuchungen hemmte Amidosulfuron dagegen die Gesamtmikroorganismen im Boden mindestens 60 Tage lang stark (KONSTANTINOVIC et al., 1999). Ebenfalls im Freiland wurden die Atmung und Invertase innerhalb von 30 Tagen zeitweise erhöht und die Katalase und Phosphatase gehemmt, während die Cellulolyse und Urease unbeeinflusst blieben (GHEORGHITA et al., 2001).

Herbizide, die die Acetolactatsynthase (ALS), ein Enzym der Biosynthese verzweigtkettiger Aminosäuren, hemmen, können viele Arten höherer Pflanzen, aber auch Mikroorganismen (z. B. Bakterien, Pilze, Hefen, Algen) beeinträchtigen (WHITCOMB, 1999). Für einige Sulfonylharnstoff-Herbizide, allerdings nicht die beiden von uns getesteten Wirkstoffe, wurden daher auch bereits derartige Wirkungen auf Mikroorganismen nachgewiesen (BABCZINSKI und ZELINSKI, 1991; BURNETT und HODGSON, 1991; BOLDT und JACOBSEN, 1998; ALLIEVI und GIGLIOTTI, 2001). Aus einer mehrere Jahre alten Übersichtsarbeit (MALKOMES, 1998) geht jedoch hervor, dass die darin erfassten Sulfonylharnstoff-Herbizide offensichtlich bisher keine starke Gefährdung der Bodenmikroflora verursachten. Dies dürfte in etwa auch für die von uns untersuchten Herbizide Amidosulfuron und Tribenuron gelten, soweit sie mit den geringen praxisüblichen Aufwandmengen appliziert werden. Die Persistenz beider Herbizide ist mit einer durchschnittlichen  $DT_{50}$  von 44 (Amidosulfuron) bzw. 10 Tagen (Tribenuron) nach den Angaben im „Herbicide handbook“ (VENCILL, 2002) zwar gering, doch lassen sich daraus nicht unbedingt Rückschlüsse auf die Dauer der Effekte auf die Bodenmikroflora ableiten. Da die verschiedenen mikrobiellen Aktivitäten jedoch bereits – speziell durch 'Pointer' (Tribenuron) – wenigstens geringfügig beeinflusst wurden, sollten zur weiteren Abklärung zukünftig umfangreichere mikrobiologisch-ökotoxikologische Untersuchungen durchgeführt werden. Dabei sollten weitere mikrobiologische Parameter (z. B. Nitrifikation, C- und N-Mineralisierung) einbezogen werden. Vor allem sind mehr Dosierungen und wenigstens ein zweiter Boden notwendig, um das Gefährdungspotenzial anhand von Dosis-Wirkungs-Beziehungen besser beurteilen zu können. Allerdings ist es aufschlussreich, dass das biozide Dinoterb-haltige Vergleichsmittel praxisnah mit etwa 8  $\mu\text{l/kg}$  Boden appliziert wurde, die beiden spezifischer gegen Unkräuter wirksamen Sulfonylharnstoff-Herbizide aber nur mit etwa 0,06 mg/kg Boden, also etwa einem Hundertstel davon (Tab. 2). Bezogen auf die Wirkstoffe liegt das Verhältnis etwa bei einem Fünzigstel. Vereinfachte Tests, wie sie üblicherweise innerhalb der Pflanzenschutzmittelzulassung von der OECD (ANONYM, 2000) und Eppo (ANONYM, 2003) gefordert werden, dürften hierzu indessen nicht ausreichend sein, wie die in den vorliegenden Tests teilweise nur anhand von Methodenvarianten beobachteten Effekte beweisen.

## Danksagung

Der Autor dankt der mikrobiologischen Arbeitsgruppe des Instituts für die sorgfältige Durchführung des Laborversuchs.

## Literatur

- ALLIEVI, L., C. GIGLIOTTI, 2001: Response of the bacteria and fungi of two soils to the sulfonylurea herbicide cinosulfuron. J. Environ. Sci. Health, B 36, 161–175.
- ANDERSON, J. P. E., D. CASTLE, H. EHLE, D. EICHLER, H.-T. LAERMANN, G. MAAS, H.-P. MALKOMES, 1990: Richtlinien für die amtliche Prüfung von Pflanzenschutzmitteln, Teil VI, 1-1 (2. Aufl.): Auswirkungen auf die Aktivität der Bodenmikroflora. Braunschweig: Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtschaft., 24 S.
- ANONYM, 2000: OECD guideline for the testing of chemicals: Soil microorganisms: nitrogen transformation test (216); carbon transformation test (217), (adopted 21<sup>st</sup> January 2000). OECD, Paris.



- ANONYM, 2003: Environmental risk assessment scheme for plant protection products. Chapter 8: Soil organisms and functions. EPP0 Bull. **33**, 195–209.
- ANONYM, 2004: Pflanzenschutzmittelverzeichnis Teil 1 (Ackerbau – Wiesen und Weiden – Hopfenbau – Nichtkulturland). 52. Aufl.: Braunschweig: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 328 S.
- BABCZINSKI, P., T. ZELINSKI, 1991: Mode of action of herbicidal ALS-inhibitors on acetolactate synthase from green plant-cell cultures, yeast, and *Escherichia coli*. Pestic. Sci. **31**, 305–323.
- BASSI, A., 1992: Tribenuron-metile. Inform. Fitopatol. **42**, (12), 27–31.
- BOLDT, T. S., C. S. JACOBSEN, 1998: Different toxic effects of the sulfonylurea herbicides metsulfuron methyl, chlorsulfuron and thifensulfuron methyl on fluorescent Pseudomonads from an agricultural soil. FEMS Microbiol. Lett. **161**, 29–35.
- BRZOZOWSKI, J., T. P. KUROWSKI, I. BRZOZOWSKA, 2000: (Effect of fertilizing and herbicides treatment on plant injury in winter triticale). Folia Univ. Agric. Stetin., Agric., (82), 25–29 (in Poln.).
- BURNETT, M., B. HODGSON, 1991: Differential effects of the sulfonylurea herbicides chlorsulfuron and sulfometuron methyl on microorganisms. Arch. Microbiol. **155**, 521–525.
- CHEN, H. D., G. H. NI, Z. M. WANG, S. Z. YUAN, 2005: (Effects of 7 herbicides on growth and pathogenicity of *Rhizoctonia cerealis* Vander Hoeven). J. Yangzhou Univ., Agric. Life Sci. **26**, (3), 66–69, 78 (in Chin.).
- FAHL, G. M., L. KREFT, R. ALTENBURGER, M. FAUST, W. BOEDEKER, L. H. GRIMME, 1995: pH-dependent sorption, bioconcentration and algal toxicity of sulfonylurea herbicides. Aquatic Toxic. **31**, 175–187.
- GHEORGHITA, N., S. GHEORGHITA, G. STEFANIC, 2001: (Modifications on the biological activity level of soil as a result of some herbicides application). Probl. Agrofitotehn. Teor. Aplicata **23**, (1–2), 47–56 (in Rum.).
- GOLD, G., 1997: Hoestar: ein neues Herbizid in Getreide und Grünland. Pflanzenarzt, (3), 26–27.
- HOPKINS, W. L., 1994: Global herbicide directory. AG Chem Information Services, Indianapolis, 181 pp.
- KONSTANTINOVIC, B., M. GOVEDARICA, N. MILOSEVIC, 1999: Influence of herbicides on weeds and microorganisms in wheat. 11<sup>th</sup> EWRS Symp., Basel, p. 141.
- KUDSK, P., S. K. MATHIASSEN, 2004: (Herbicide resistance – state of affairs). DJF Rapport, Markbrug, (99), 127–139 (in Dän.).
- KUROWSKI, T. P., I. BRZOZOWSKA, J. BRZOZOWSKI, 2004: (The effect of application of different herbicides and herbicides combined with urea on the sanitary state of winter triticale). Ann. Univ. Mariae-Curie-Skłodowska, Sect. E, **59**, 1267–1274 (in Poln.).
- LI, W., X. F. WANG, C. F. SHENG, 2004: Impact of 16 chemical pesticides on conidial germination of 2 entomophthoralean fungi: *Conidiobolus thomboides* and *Pandora nouryi*. Biocontr. Sci. Technol. **14**, 737–741.
- MALKOMES, H.-P., 1986: Einfluss der Glucosemenge auf die Reaktion der Kurzzeit-Atmung im Boden gegenüber Pflanzenschutzmitteln, dargestellt am Beispiel eines Herbizids. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz., Braunschweig **38**, 113–120.
- MALKOMES, H.-P., 1993: Eine modifizierte Methode zur Erfassung der Dehydrogenaseaktivität (TTC-Reduktion) im Boden nach Herbizidanwendung. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz. **45**, 180–185.
- MALKOMES, H.-P., 1997: Messung der Effekte von Pflanzenschutzmitteln auf mikrobielle Aktivitäten im Boden. II. Einfluss von Glucose und mineralischem Stickstoff auf die Substrat-induzierte Kurzzeitatmung. Agribiol. Res. **50**, 163–174.
- MALKOMES, H.-P., 1998: Einfluss von Sulfonylharnstoff-Herbiziden auf mikrobielle Aktivitäten im Boden – eine Bestandsaufnahme. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz, Sonderh. **XVI**, 713–720.
- MALKOMES, H.-P., 2001a: Luzernemehl-induzierte Aktivitätserhöhung (LIA) in ökotoxikologisch-mikrobiologischen Tests: Wirkung von 2 als Referenzmittel eingesetzten Dinitrophenol-Herbiziden. UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. **13**, 192–196.
- MALKOMES, H.-P., 2001b: Microbiological tests of the effects of plant protection products in soil: Experience and proposals to improve ecotoxicological significance. EPP0 Bull. **31**, 159–167.
- MALKOMES, H.-P., 2002: Vergleich der Eignung von Dinitrophenol-Herbiziden als Referenzmittel in ökotoxikologisch-mikrobiologischen Tests von Pflanzenschutzmitteln im Boden. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz. **54**, 36–42.
- NYSTRÖM, B., B. BJÖRNSÄTER, H. BLANCK, 1999: Effects of sulfonylurea herbicides on non-target aquatic micro-organisms. Growth inhibition of micro-algae and short-term inhibition of adenine and thymidine incorporation in periphyton communities. Aquatic Toxicol. **47**, 9–22.
- RUSSELL, M. H., J. L. SALADINI, F. LICHTNER, 2002: Sulfonylurea herbicides. Pesticide Outlook **13**, 166–173.
- SHIMIZU, T., I. NAKAYAMA, K. NAGAYAMA, T. MIYAZAWA, Y. NEZU, 2002: Acetolactate synthase inhibitors. In: BÖGER, P., K. WAKABAYASHI, K. HIRAI, eds.: Herbicide classes in development. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1–41.
- VENCILL, W. K., ed., 2002: Herbicide handbook, 8<sup>th</sup> ed.; Weed Sci. Soc. Amer., Lawrence (USA), 493 pp.
- WHITCOMB, C. E., 1999: An introduction to ALS-inhibiting herbicides. Toxicol. Ind. Health **15**, 231–239.

Zur Veröffentlichung angenommen: 30. April 2006

Kontaktanschrift: Dr. Hans-Peter Malkomes, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Unkrautforschung, Messeweg 11–12, 38104 Braunschweig, Germany. E-Mail: H.Malkomes@bba.de