

## Auswirkungen von Aminopyralid-haltigen Rindermist auf das Wachstum von Kulturpflanzen

*Impact of cattle manure containing aminopyralid on crop growth*

Henning Nordmeyer

Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11-12,  
D-38104 Braunschweig, henning.nordmeyer@jki.bund.de

DOI: 10.5073/jka.2012.434.057

### Zusammenfassung

Herbizidrückstände im Boden können den Anbau von Kulturpflanzen beeinträchtigen. Untersucht wurde der Einfluss des Wirkstoffes Aminopyralid in Rindermist auf die folgenden Acker- und Gemüsekulturen: Kartoffel (*Solanum tuberosum*), Zuckerrübe (*Beta vulgaris*), Mais (*Zea mays*), Acker-Senf (*Sinapis arvensis*), Sonnenblume (*Helianthus annuus*), Sommerraps (*Brassica napus*), Sommergerste (*Hordeum vulgare*), Tomate (*Solanum lycopersicum*), Gurke (*Cucumis sativus*), Erbse (*Pisum sativum*), Kopfsalat (*Lactuca sativa*), Buschbohne (*Phaseolus vulgaris*), Porree (*Allium ampeloprasum*), Karotte (*Daucus carota*) und Blumenkohl (*Brassica oleracea*). Es wurden Mikroplotversuche mit Mistmengen von entsprechend 7,5; 15 und 30 Tonnen Mist pro Hektar durchgeführt. Alle Gemüsekulturen reagierten mehr oder weniger empfindlich auf Wirkstoffrückstände. Als empfindlichste Kulturen sind Erbsen und Tomaten einzustufen. Bereits Rückstandsgehalte von weniger als zwei Mikrogramm Aminopyralid pro kg Boden führten zu Pflanzenschädigungen. Auch die Ackerkulturen Kartoffel, Zuckerrübe und Sonnenblume reagierten sehr empfindlich auf Aminopyralid. Der Wirkstoff war dagegen für monokotyle Pflanzen sehr gut verträglich. Bei Sommergerste und Mais traten keine Wuchsschäden auf.

**Stichwörter:** Ackerkulturen, Boden, Ertrag, Gemüsekulturen, Herbizid, Nachbau, Pflanzenschädigung, Wirkstoff Aminopyralid

### Summary

Herbicide residues in soils can affect the cultivation of crops. The effect of cattle manure containing the active substance aminopyralid was investigated on field and vegetable crops: Potatoes (*Solanum tuberosum*), sugar beets (*Beta vulgaris*), maize (*Zea mays*), wild mustard (*Sinapis arvensis*), sunflower (*Helianthus annuus*), spring oilseed rape (*Brassica napus*), spring barley (*Hordeum vulgare*), tomatoes (*Solanum lycopersicum*), cucumber (*Cucumis sativus*), peas (*Pisum sativum*), lettuce (*Lactuca sativa*), bush beans (*Phaseolus vulgaris*), leek (*Allium ampeloprasum*), carrots (*Daucus carota*) and cauliflower (*Brassica oleracea*). Microplot trials were carried out with treatments of 7.5; 15 and 30 tons cattle manure per hectare. All vegetable crops reacted more or less sensitive to the herbicide residues. The most sensitive crops were peas and tomatoes. Even residue levels of less than two micrograms aminopyralid per kilogram of soil caused plant damage. Also field crops such as potatoes, sugar beets and sunflower react very sensitive to aminopyralid. In contrast, the active ingredient is well tolerated by monocotyledonous plants. In spring barley and maize, no plant damage was observed.

**Keywords:** Active ingredient aminopyralid, crop injury, field crops, herbicide, soil, succeeding crops, vegetable crops, yield

### 1. Einleitung

Das Herbizid Simplex mit den Wirkstoffen Fluroxypyr (100 g/l) und Aminopyralid (30 g/l) wird in Deutschland zur Bekämpfung zweikeimblättriger Unkräuter auf Wiesen und Weiden mit einer Aufwandmenge von 2 l/ha angewendet. Es besitzt ein breites Wirkungsspektrum zur Bekämpfung dikotyler Unkrautarten wie z.B. Ampfer-Arten (*Rumex* spp.), Distel-Arten (*Cirsium* spp.) und Jakobs-Kreuzkraut (*Senecio jacobaea*). Für monokotyle Arten ist das Herbizid dagegen gut verträglich. Neben einem Abbau kommt es in monokotylen Pflanzen zu einer Verbindung des Wirkstoffes Aminopyralid mit Cellulose und Lignin, so dass biologisch inaktive Glucose-Konjugate entstehen. Diese Konjugate werden von Tieren mit dem Futter (Gras, Silage, Heu) aufgenommen, durchlaufen den Verdauungstrakt und werden wieder ausgeschieden. Im Körper der Tiere erfolgt unter anaeroben Bedingungen kein Wirkstoffabbau. Aminopyralid gelangt daher in Mist, Jauche oder Gülle und wird auch bei der Lagerung unter den dabei vorherrschenden anaeroben Bedingungen ebenfalls nicht abgebaut. Wenn dieser Wirtschaftsdünger ausgebracht wird und in den Boden gelangt, setzen

mikrobielle Abbauvorgänge ein, die zu einer Freisetzung des Wirkstoffes Aminopyralid im Boden führen, der dann bei Anbau empfindlicher Pflanzenarten Wuchsschädigungen hervorrufen kann. Der Wirkstoff Fluroxypyr ist im Hinblick auf den Anbau von Folgekulturen als unproblematisch einzustufen. MIKKELSON und LYM (2011) konnten durch Aminopyralid Schäden an Luzerne, Sojabohne und Sonnenblumen nachweisen. Feldversuche von FAST et al. (2011) belegten Schäden an Paprika, Aubergine, Tomate, Zucker- und Wassermelone. Schäden traten bereits bei Wirkstoffmengen von 0,2 µg/kg Boden auf. Untersuchungen von NORDMEYER (2010) belegten Schäden an verschiedenen Acker- und Gemüsekulturen. Es kam zu Schäden mit wuchsstoffähnlichen Symptomen. DAVIS (2009) untersuchte den Einfluss von Herbizidrückständen in Heu, Mist, Kompost und Rasenschnitt auf das Wachstum von Gemüsepflanzen. Als Ursache einer Pflanzenschädigung werden allgemein Rückstände von Aminopyralid in organischen Düngern vermutet. Zur Klärung dieses Sachverhaltes wurden Wachstumsversuche nach Ausbringung von Aminopyralid-haltigen Rindermist durchgeführt.

## 2. Material und Methoden

Zur Untersuchung der Wirkung von Aminopyralid-haltigen Rindermist auf verschiedene Acker- und Gemüsekulturen wurden 2009 und 2010 Wachstumsversuche in Mikroplots durchgeführt. Dazu wurde Aminopyralid-haltiger Rindermist in 10 l- bzw. 300 l-Behälter, die mit JKI-Standardboden ( $C_{org}$  1,02 %; pH 6,7; Sand 52,5 %; Schluff 41,0 %; Ton 6,5 %) gefüllt waren, eingearbeitet. Der Rindermist wurde zuvor homogenisiert. Der Rindermist wies Rückstandsgehalte von 0,365 mg Aminopyralid/kg Rindermist auf. Die Gefäße wurden in einer Vegetationshalle in den Monaten Mai bis September unter Halbfreilandbedingungen randomisiert aufgestellt. Die Kulturen wurden praxisüblich gedüngt und regelmäßig bewässert. Die Versuchsbehälter wurden mechanisch unkrautfrei gehalten.

### Mikroplotversuche in 300 l-Behältern

Es wurde eine Mistmenge von 30 t/ha (Frischmasse) mit (Variante 2) und ohne (Variante 1) Aminopyralid-Rückstände 30 cm tief in den Boden gleichmäßig eingearbeitet. Daraus resultiert bei einer Lagerungsdichte von 1,25 ein Rückstandsgehalt von 3 µg Aminopyralid/kg Boden. Als Kulturpflanzen wurden 2009 und 2010 verschiedene Ackerbaukulturen geprüft. Die Variante 1 diente als Kontrolle. Geprüft wurden die Kulturen Kartoffel (*Solanum tuberosum*), Zuckerrübe (*Beta vulgaris*), Mais (*Zea mays*), Ackersenf (*Sinapis arvensis*), Sonnenblume (*Helianthus annuus*), Sommerraps (*Brassica napus*) und Sommergerste (*Hordeum vulgare*).

### Mikroplotversuche in 10 l-Behältern

Es wurden Mistmengen von umgerechnet 7,5 t/ha; 15 t/ha und 30 t/ha (Frischmasse) mit (Variante 2) und ohne (Variante 1) Aminopyralid-Rückstände in den Boden gleichmäßig eingearbeitet und das Pflanzenwachstum über einen Zeitraum von drei Monaten erfasst und bonitiert. Als Kulturpflanzen wurden 2009 Tomate (*Solanum lycopersicum*), Gurke (*Cucumis sativus*), Erbse (*Pisum sativum*) und Kopfsalat (*Lactuca sativa*) geprüft. Zu Versuchsende wurde der Ertrag ermittelt. 2010 wurden die Auswirkungen von Aminopyralid auf Porree (*Allium ampeloprasum*), Karotte (*Daucus carota*), Buschbohne (*Phaseolus vulgaris*) und Blumenkohl (*Brassica oleracea*) untersucht.

### Biotest

In einem Versuch mit Tomaten wurde die Empfindlichkeit der Pflanzen nach Einarbeitung des Wirkstoffes Aminopyralid in den Boden (JKI-Standardboden) untersucht. Die Wirkstoffkonzentrationen im Boden lagen zwischen 0 und 20 µg pro kg Boden. Die vorgezogenen Tomatenpflanzen wurden im 2-Blattstadium in Biotesttöpfe (Größe 0,3 l) pikiert und für zwei Wochen in einem Klimalichtbrutschrank bei konstanten 20 °C und 16 Stunden Licht aufgestellt.

### Auswertung

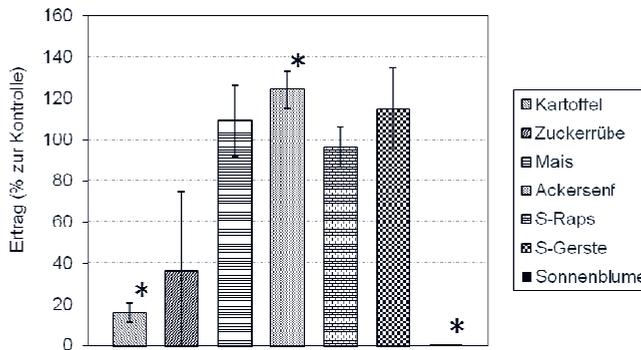
Die Auswertung aller Versuche erfolgte durch Bonitur der Herbizidwirkung zu verschiedenen Terminen (Schädigungsgrad im Vergleich zur Kontrolle) sowie anhand der Bestimmung des Frischmassegewichtes der Pflanzen bzw. des Erntegutes pro Behälter bzw. Topf im Vergleich zur

Kontrollvariante mit Rindermist ohne Herbizid bzw. unbehandeltem Boden im Biotest. Statistische Auswertungen der Mikroplotversuche wurden mit Statgraphics centurion, Version XV, durchgeführt (Mittelwertvergleiche, Tukey  $\alpha = 0,05$ ). Bioteste wurden mit einem Excel Makro (Version 2.651) ausgewertet (ONOFRI, 2005) und ED-Werte berechnet.

### 3. Ergebnisse

#### Mikroplotversuche in 300 l-Behältern

In diesen Mikroplotversuchen wurden verschiedene Ackerbaukulturen getestet. Bei Mais, Sommergerste, Sommerraps und Ackersenf konnten bis 70 Tage nach Versuchsansatz keine phytotoxischen Schäden nachgewiesen werden. Dagegen zeigten Kartoffeln, Sonnenblumen und Zuckerrüben bei visuellen Bonituren eine Schädigung von 86,7 bzw. 84,6 % im Vergleich zur Kontrolle. Die Kartoffeln reagierten deutlich schneller auf Aminopyralid als Zuckerrüben. Bereits 14 Tage nach Versuchsansatz lag die Schädigung bei 55 %, während die Zuckerrüben zu diesem Zeitpunkt noch keine Schadsymptome zeigten. Die phytotoxischen Erscheinungen zeigten deutliche Auswirkungen auf den Rübenantrag.



**Abb. 1** Auswirkungen von Aminopyralid-haltigen Rindermist auf den Ertrag von Ackerkulturen. Standardfehler sind durch vertikale Linien angegeben. \* Signifikanzniveau  $p < 0,05$ .

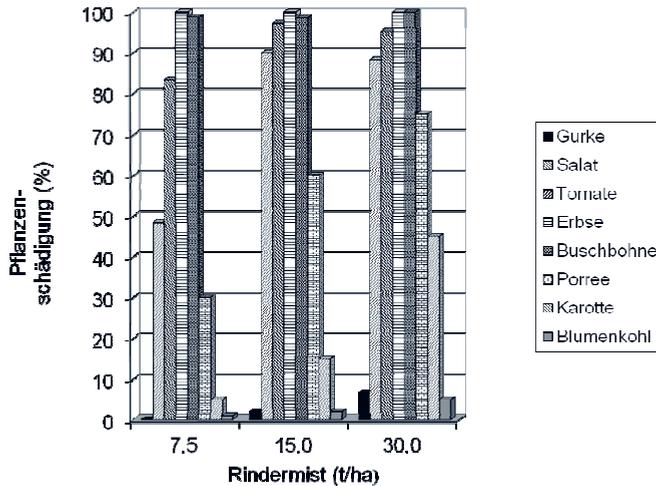
**Fig. 1** Impact of cattle manure containing aminopyralid on yield of field crops. Standard errors are indicated by vertical lines. \*Level of significance  $p < 0.05$ .

Bei Kartoffeln lag der Ertrag bei unter 20 % im Vergleich zur Kontrolle; bei Zuckerrüben erreichte der Ertrag 40 % der Kontrolle und bei Sonnenblumen lag er bei 0,7 % (Abb. 1). Zudem waren die Kartoffelknollen und Zuckerrüben kleiner und deformiert. Bei Mais, Sommergerste, Sommerraps und Ackersenf traten keine negativen Ertragsauswirkungen auf. Mittelwertvergleiche ergaben für einzelne Kulturen signifikante Unterschiede zur Kontrolle.

#### Mikroplotversuche in 10 l-Behältern

Die Mikroplotversuche wurden mit verschiedenen Rindermistmengen durchgeführt. In Abhängigkeit von der Pflanzenart zeigten sich als Reaktion auf die Wirkstoffrückstände wuchsstofftypische Schadsymptome. Erbsen- und Bohnenpflanzen zeigten sehr schnell eine Reaktion. Sie wiesen Wuchsdepressionen, Verdrehungen und Blatteinrollungen auf. Es wurden keine Seitentriebe ausgebildet. Bei Salat zeigten sich Symptome wie verminderter Wuchs, Blattaufhellung, Verformungen der Blätter und ein verkrümmter Salatkopf. Gurken reagierten mit einem verspäteten Wachstumsbeginn, mit einem Einrollen der Blätter vom Rand bis hin zur Bildung einer Halbkugel, mit Kräuselungen im Blattinnern und leichten Verdickungen. Früchte wurden angesetzt. Bei Tomaten zeigte sich eine starke Blatteinrollung, eine starke Verkrümmung der Triebe und Verdickungen. Die Blütenbildung unterblieb. Porree wies gedrehte Triebe auf und die Pflanzen stellten sich nicht aufrecht. Bei Möhren kräuselten sich die Blattspitzen ein. Blumenkohl zeigte leicht eingerollte und schmalere Blätter im Vergleich zur Kontrolle.

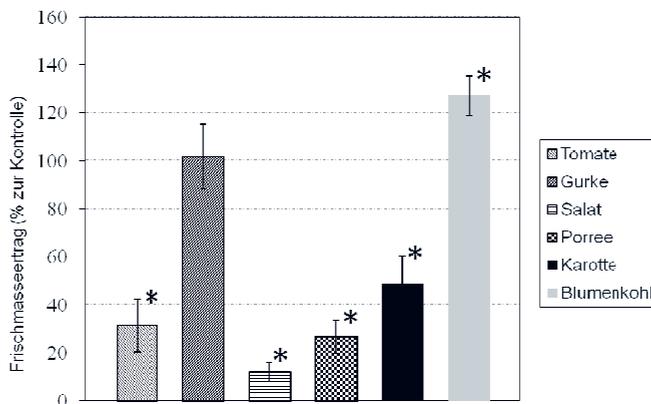
Abbildung 2 zeigt den Einfluss der Mistmenge auf die Pflanzenschädigung der untersuchten Kulturen. Die visuelle Bonitur erfolgte 63 Tage nach Versuchsansatz. Im allgemeinen konnte bei den Kulturen Salat, Tomate, Porree, Karotte und Blumenkohl eine Zunahme des Schädigungsgrades mit steigender Mistmenge festgestellt werden. Am empfindlichsten reagieren Erbsen und Bohnen. Bei allen Mistmengen lag die Pflanzenschädigung bei nahezu 100 %. Gurken und Blumenkohl erwiesen sich dagegen von allen Kulturen am unempfindlichsten. Der bonitierte Schädigungsgrad bei diesen Kulturen lag bei der höchsten Mistmenge (30 t/ha) im Mittel bei 6,7 bzw. 5 %.



**Abb. 2** Pflanzenschädigung (%) bei Gemüsekulturen durch Aminopyralid-haltigen Rindermist.

**Fig. 2** Plant damage (%) of vegetable crops by cow manure containing aminopyralid.

In Abbildung 3 sind die Frischmasseerträge der geprüften Gemüsekulturen für die Variante mit 30 t Rindermist/ha dargestellt. Für Erbsen und Bohnen konnten keine Erträge ermittelt werden, da die Pflanzenschädigung bei nahezu 100 % lag (Abb. 2). Bei Gurken und Blumenkohl lagen die Erträge bei 102 bzw. 127 % im Vergleich zur Kontrolle. Tomaten, Kopfsalat, Porree und Karotten wiesen deutliche Mindererträge auf und waren nicht marktfähig.

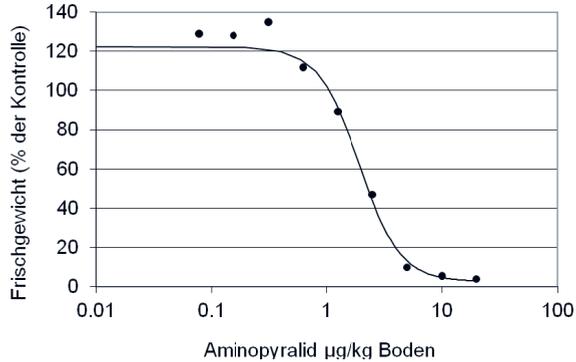


**Abb. 3** Auswirkungen von Aminopyralid-haltigen Rindermist auf den Ertrag von Gemüsekulturen. Standardfehler sind durch vertikale Linien angegeben. \* Signifikanzniveau  $p < 0,05$ .

**Fig. 3** Impact of cattle manure containing aminopyralid on yield of vegetable crops. Standard errors are indicated by vertical lines. Level of significance  $p < 0.05$ .

## Biotest

Im Biotest wurde die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen dem Wirkstoff Aminopyralid und Tomaten untersucht (Abb. 4). Es zeigt sich, dass bereits Wirkstoffmengen von kleiner als 1 µg/kg Boden zu Schädigungen der Pflanzen führen. Der berechnete ED<sub>50</sub>-Wert liegt bei 1,95 µg Aminopyralid/kg Boden.



**Abb. 4** Dosis-Wirkungs-Beziehung Aminopyralid – Tomate.

**Fig. 4** Dose response curve aminopyralid – tomato.

## 4. Diskussion

Eine Vielzahl von Acker- und Gemüsekulturen reagiert sehr empfindlich auf Rückstände des herbiziden Wirkstoffes Aminopyralid im Boden (DAVIS, 2009). Bereits geringe Konzentrationen im Bereich der analytischen Nachweisgrenze können Schäden an Kulturpflanzen hervorrufen (FAST et al., 2011; NORDMEYER, 2010). In den Untersuchungen kam es bei den empfindlichen Kulturen infolge von Aminopyralidrückständen zu unterschiedlich stark ausgeprägten Pflanzenschädigungen. Als Symptome wurden häufig verminderte Keimung, Absterben von Jungpflanzen, gedrehte Blätter, deformierte Früchte und Ertragsminderungen beobachtet. Die Ergebnisse bestätigen die Empfindlichkeit dikotyler Kulturen gegenüber Aminopyralid (FAST et al., 2011; MIKKELSON und LYM, 2011; WRAP, 2010). In Feldversuchen wurde noch 23 Monate nach der Applikation eine Schädigung von Sojabohnen nachgewiesen (MIKKELSON und LYM, 2011). Wirkstoffrückstände können über Jahre im Boden pflanzenverfügbar sein. Die Anwendung von Aminopyralid-haltigen Herbiziden und die Verwertung des Erntegutes bedürfen daher besonderer Beachtung. Bei der Verwendung von Wirtschaftsdünger, der von Tieren stammt, die mit behandeltem Futter gefüttert wurden, ist nur ein eingeschränkter Anbau von Kulturen möglich. Das gleiche gilt für Kompost mit Aminopyralid-behandelten Pflanzenmaterial.

Auf keinen Fall sollte Tierdung oder Kompost mit Wirkstoffrückständen bei empfindlichen Kulturen ausgebracht werden. Dies kann zu Pflanzenschäden bis hin zu einem totalen Ertragsausfall führen. Die Verwendung von Wirtschaftsdüngern und Kompost auf dem Grünland oder im Ackerbau bei Getreide oder Mais kann dagegen als unproblematisch eingestuft werden. Die in Deutschland für das Herbizid Simplex gültigen Kennzeichnungsaufgaben gewährleisten bei strikter Beachtung eine sichere Anwendung und die Vermeidung von Pflanzenschäden an nachgebauten Kulturen.

## Danksagung

Der Autor bedankt sich bei Annika Behme, Ilse Hess, Arno Littmann und Jens-Michael Behrens für die engagierte Betreuung der Versuche.

## Literatur

- DAVIS, J., 2009: HERBICIDE CARRYOVER IN HAY, MANURE, COMPOST AND GRASS CLIPPINGS. NC COOPERATIVE EXTENSION. [WWW.CES.NCSU.EDU/FLETCHER/PROGRAMS/NCORGANIC/SPECIAL-PUBS/GGTSPU-STYX2.BBA.DE-4121-7515389-DAT/HERBICIDE\\_CARRYOVER.PDF](http://WWW.CES.NCSU.EDU/FLETCHER/PROGRAMS/NCORGANIC/SPECIAL-PUBS/GGTSPU-STYX2.BBA.DE-4121-7515389-DAT/HERBICIDE_CARRYOVER.PDF).
- FAST, B.J., FERRELL, J.A., MACDONALD, G.E., SELLERS, B.A., MACRAE, A.W., KRUTZ, L.J. UND W.N. KLINE, 2011: AMINOPYRALID SOIL RESIDUES AFFECT ROTATIONAL VEGETABLE CROPS IN FLORIDA. *PEST MANAGEMENT SCIENCE* **67**, 825-830.
- MIKKELSON, J.R. UND R. LYM, 2011: AMINOPYRALID SOIL RESIDUES AFFECT CROP ROTATION. *WEED TECHNOLOGY* **25**, 422-429.
- NORDMEYER, H., 2010: HERBIZIDRÜCKSTÄNDE IM MIST SCHADEN PFLANZEN. *GEMÜSE* **46**, 2, 10-13.
- ONOFRI, A., 2005: BIOASSAY97: A NEW EXCEL VBA MACRO TO PERFORM STATISTICAL ANALYSES ON PESTICIDE DOSE-RESPONSE DATA. *RIVISTA ITALIANA DI AGROMETEOROLOGIA* **3**, 40-45.
- WRAP, 2009: AN INVESTIGATION OF CLOPYRALID AND AMINOPYRALID IN COMMERCIAL COMPOSTING SYSTEMS. PROJECT OAV031-002. REPORT BY E.J. GILBERT, J. BARTH, E. FAVOINO, R. RYNK.