

# Ursachen der selektiven Wirkung der Photosynthesehemmer Phenmedipham und Bentazon

Causes of the Selective Action of the Photosynthetic Inhibitors Phenmedipham and Bentazon

H. Börner

Institut für Phytopathologie, Universität Kiel, Olshausenerstr. 40–60, D-2300 Kiel

Z. Naturforsch. 34 c, 926–930 (1979) ; eingegangen am 27. Mai 1979

Selectivity of Phenmedipham and Bentazon, Herbicide Penetration, Metabolism

The different sensitivity of broad-leave weeds against the photosynthetic inhibitors phenmedipham and bentazon could be explained by the combined action of herbicide uptake and decomposition.

In spite of fast uptake of phenmedipham by *Beta vulgaris*, this plant was not injured, because the herbicide was metabolized very rapidly. The transformation of phenmedipham by *Galium aparine*, *Matricaria chamomilla*, *Centaurea cyanus*, *Stellaria media* and *Amaranthus retroflexus* was reduced compared to *Beta vulgaris*. These plants survived, with the exception of *Amaranthus*, first of all because of a reduced uptake of the herbicide. The other weeds investigated (*Galinsoga ciliata*, *G. parviflora*, *Sinapis alba*, *Capsella bursa-pastoris*, *Sinapis arvensis*, *Senecio vulgaris*) were extremely sensitive against phenmedipham because they could not protect themselves neither by a reduced uptake nor an increased metabolism. The grass weeds *Alopecurus myosuroides* and *Avena fatua* are resistant against the herbicide because of the protected growing point and the missing basipetal translocation of the compound. Also the susceptibility of rice, soybeans, wheat and some weeds to bentazon is the result of penetration and metabolism of the herbicide in plants. Susceptible plants (*Chrysanthemum segetum*, *Matricaria chamomilla*, *Xanthium pensilvanicum*) are nearly unable to detoxify bentazon, whereas in resistant plants (rice, soybeans, wheat) a substantial amount of absorbed bentazon was converted to different metabolites. Only *Echinochloa crus-galli*, which is more resistant, and *Galium aparine*, which is more susceptible, when they adsorbed the same quantity of bentazon, deviate from this general pattern.

## Einleitung

Phenmedipham und Bentazon werden zur selektiven Unkrautbekämpfung in Rüben- bzw. Weizen- und Sojakulturen im Nachaufbauverfahren eingesetzt [1–4]. Beide Wirkstoffe hemmen die Hill-Reaktion isolierter Chloroplasten sowohl der unempfindlichen Kulturpflanzen als auch der bekämpfbaren Unkräuter [5–8]. Ziel der Untersuchungen war es, die Hauptursachen für das unterschiedliche Verhalten der Pflanzen gegenüber Phenmedipham und Bentazon zu analysieren.

## Methoden

In Klimakammern unter reproduzierbaren Bedingungen aufgewachsene Rüben-, Weizen- und Sojapflanzen sowie die in Abb. 2 und 3 aufgeführten Unkräuter wurden mit  $^{14}\text{C}$ -markiertem Phenmedipham und Bentazon behandelt. Die in die Pflanzen eingedrungenen Herbizidmengen wurden zu ver-

schiedenen Zeitpunkten durch Messung der Radioaktivität der von der Blattoberfläche abwaschbaren, der in den Methanolextrakten vorhandenen und der an die Pflanzenrückstände gebundenen Anteile bestimmt. Zum Nachweis der Metaboliten in den Methanolextrakten wurden diese dünn-schichtchromatographisch aufgetrennt und die  $^{14}\text{C}$ -markierten Substanzen radiochromatographisch nachgewiesen (s. Abb. 1). Ziel war dabei nicht die Identifizierung der Metaboliten, sondern lediglich die Bestimmung der metabolisierten Wirkstoffmenge. Einzelheiten siehe [9, 10].

## Ergebnisse

### Aufnahme der Wirkstoffe

Die Radioaktivität sowohl des aufgenommenen Phenmediphams als auch des Bentazons ließ sich überwiegend durch Methanol extrahieren. Der im Rückstand festgelegte Anteil beträgt im Durchschnitt lediglich 10% der aufgenommenen Wirkstoffmengen; er ist jedoch nicht für alle Pflanzen gleich hoch (z. B. bei Ackersenf am 9. Tag nach der Appli-

Sonderdruckanforderungen an Prof. Dr. H. Börner.

0341-0382 / 79 / 1100-0926 \$ 01.00/0.



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition “no derivative works”). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

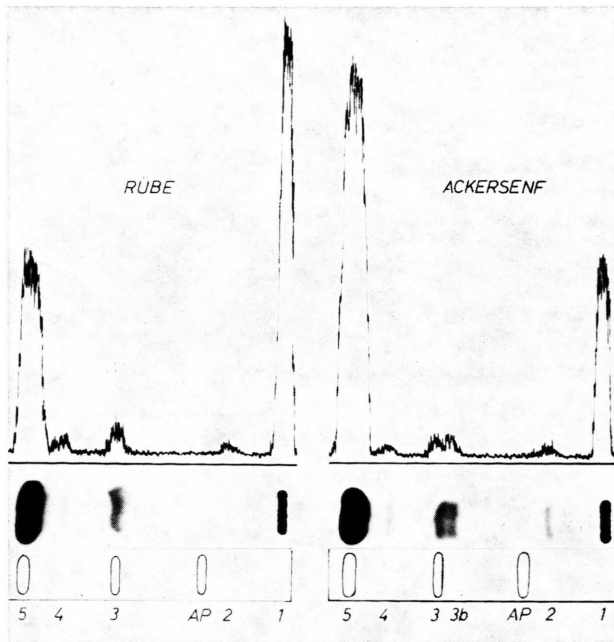


Abb. 1. Radiochromatographischer und autoradiographischer Nachweis von [Phenyl- $^{14}\text{C}$ ]Phenmedipham-Metaboliten in Rübenpflanzen (*Beta vulgaris*) und Ackersenf (*Sinapsis arvensis*). Von oben nach unten: Radiochromatogramm, Autoradiogramm, Vergleichssubstanzen. Ernte der Pflanzen 48 Std. nach der Herbizidapplikation. Laufmittel: Chloroform/Essigsäureäthylester/Butanol (100:30:1,5). 1, 2, 3 b u. 4 = unbekannte Metaboliten, 3 = N-(3-Hydroxyphenyl)-methylcarbamate, 5 = Phenmedipham, AP = Aminophenol. Laufhöhe 18 cm (nach [9]).

kation 20%). Die Aufnahme der Herbizide nimmt vom ersten Tag nach der Ausbringung bis zum Versuchsende kontinuierlich zu. Die Aufnahmegeschwindigkeit war jedoch für die einzelnen Arten sehr unterschiedlich. Phenmedipham wurde von den Rübenpflanzen, dem Ackersenf, Kreuzkraut und Amaranth verhältnismäßig rasch aufgenommen, beim Klettenlabkraut, der Kamille, Kornblume und Vogelmiere war die Aufnahme hingegen deutlich langsamer (s. Abb. 2). So waren z. B. beim Ackersenf am ersten Tag nach der Spritzung bereits 35%, beim Klettenlabkraut erst 14% des auf die Blätter gelangten Herbizides in die Pflanze gelangt [9].

Ähnliche Verhältnisse liegen für Bentazon vor. Eine schnelle Aufnahme des Wirkstoffes erfolgt hier durch die Saatwucherblume, Kamille, Spitzklette, den Weizen und Reis. Weniger Wirkstoff wird aufgenommen durch die Hühnerhirse, das Klettenlabkraut und Soja (s. Abb. 3) [10]. Die Bentazonaufnahme ist jedoch stark abhängig von den jeweils herrschenden

Klimabedingungen und der Formulierung des Wirkstoffes. Höhere Temperaturen und eine erhöhte Luftfeuchtigkeit steigern in der Regel die Aufnahme des Herbizides. Das gleiche gilt für den Zusatz von Formulierungsmitteln. Die einzelnen Arten reagieren vor allem auf die klimatischen Faktoren entsprechend ihren Verbreitungsarealen, jedoch sehr unterschiedlich [11].

### Metabolisierung

Die Metabolisierungsgeschwindigkeit der eingesetzten Herbizide in den verschiedenen Pflanzen zeigt erhebliche Unterschiede. Abb. 2 gibt die Verhältnisse für Phenmedipham und eine Reihe von Versuchspflanzen wieder. Danach werden von der Rübe, dem Amaranth und Ackersenf das Herbizid am schnellsten, vom Franzosenkraut am langsamsten metabolisiert (vgl. auch Abb. 1). Die anderen untersuchten Unkräuter lagen in der Metabolisierungsgeschwindigkeit zwischen dem Ackersenf und dem Franzosenkraut [9].

Auch für Bentazon ergaben sich zwischen den einzelnen Versuchspflanzen erhebliche Unterschiede. Reis, Soja und das Klettenlabkraut haben nach 72 Std. mehr als 50% des aufgenommenen Wirkstoffes metabolisiert, bei Weizen beträgt die Metabolisierung sogar 100%. Bei der Saatwucherblume und der Kamille sind keine Metaboliten nachweisbar. Die anderen Pflanzen liegen zwischen den beiden Extremen Weizen und Saatwucherblume bzw. Kamille [10, 12].

### Zusammenhänge zwischen der Selektivität und der Aufnahme sowie Metabolisierung der Herbizide

#### Phenmedipham

Ein direkter Zusammenhang zwischen der Herbizidempfindlichkeit der Versuchspflanzen und der Geschwindigkeit ihrer Herbizidaufnahme besteht nicht.

Zwar war in die schwerer bekämpfbaren Unkräuter Klettenlabkraut, Kamille, Kornblume und Vogelmiere der Wirkstoff am langsamsten eingedrungen, und möglicherweise erklärt sich dadurch die relative Widerstandsfähigkeit dieser Pflanzen, doch die Resistenz der Rübe und die geringe Empfindlichkeit des Amaranth sowie der Gräser müssen andere Ursachen haben, denn diese Arten nehmen Phenmedipham z. T. noch schneller auf als die empfindlichen Pflanzen.

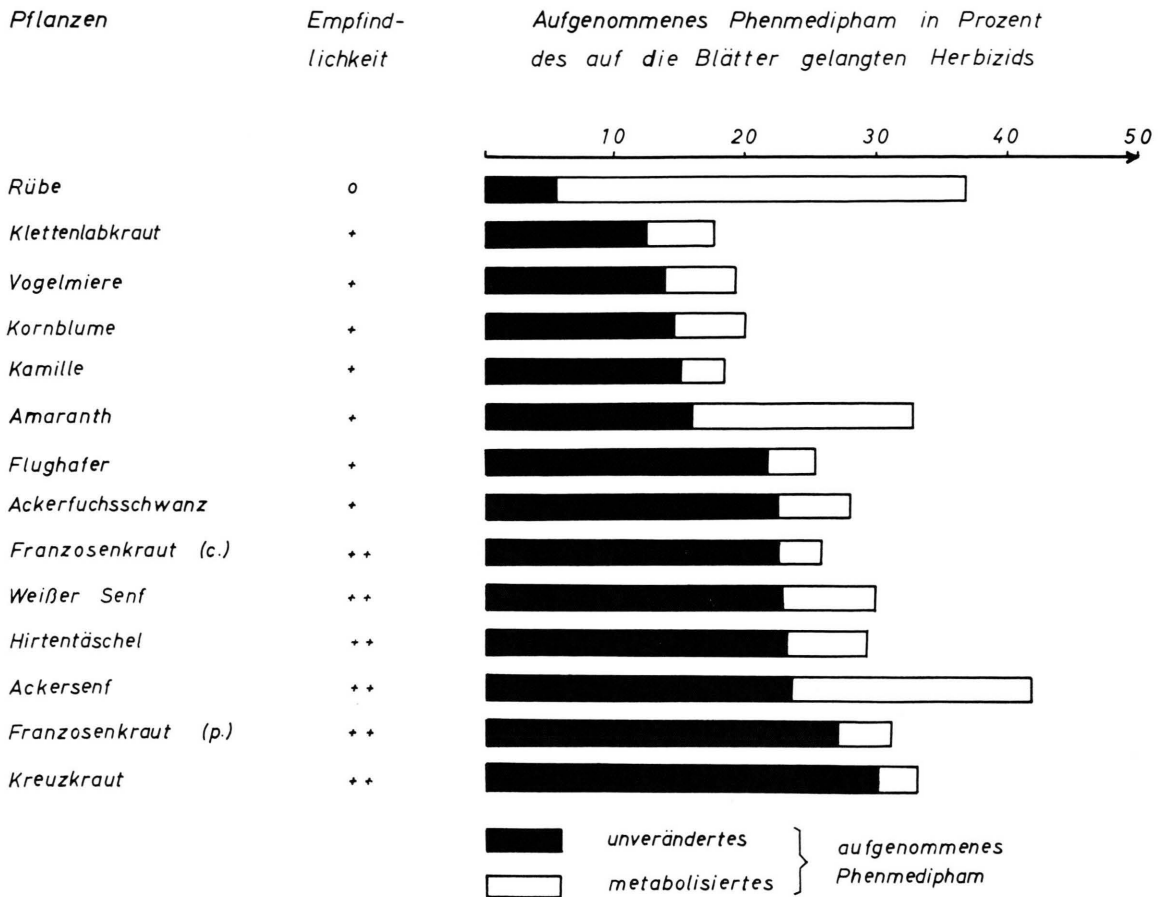


Abb. 2. Anteil des metabolisierten Phenmediphams an der aufgenommenen Herbizidmenge 72 Std. nach der Applikation (nach [9]).

Auch die Metabolisiergeschwindigkeit kann hier nicht als alleinige Ursache der Herbizidempfindlichkeit in Frage kommen. Erst bei einer gemeinsamen Betrachtung von Aufnahme und Abbau erkennt man, daß beide Faktoren für die Selektivität entscheidend sind: Aus Abb. 2 ist zu ersehen, daß zwischen der Herbizidempfindlichkeit der Arten und ihrem Gehalt an unverändertem Phenmedipham eine enge Beziehung besteht, denn die widerstandsfähigen Arten haben geringere Phenmediphamgehalte, und in den empfindlicheren Pflanzen werden höhere Wirkstoffmengen gefunden. Eine Ausnahme von dieser Regel machen nur Ackerfuchsschwanz und Flughäfer. Da der Gehalt an unverändertem Phenmedipham in den Pflanzen aus dem Zusammenwirken von Herbizidaufnahme und -abbau resultiert, gilt – außer für die beiden Gräser – für alle anderen Pflanzen, daß Aufnahme- und Abbaugeschwindigkeit zusammen die Ursache der Selektivität sind: Die Rübe und der

Amaranth überlebten die Phenmedipham-Spritzung, obwohl das Herbizid rasch in sie eindrang, weil sie den Wirkstoff sehr schnell inaktivierten. Klettenlabkraut, Kornblume, Kamille und Vogelmiere vermochten Phenmedipham zwar nicht besonders gut zu metabolisieren, sie waren jedoch durch eine geringere Herbizidaufnahme geschützt. Der Ackersenf wurde trotz seines schnellen Phenmedipham-Abbaus abgetötet, weil er den Wirkstoff außerordentlich rasch aufnahm.

Die geringe Wirkung von Phenmedipham auf Ackerfuchsschwanz und Flughäfer hatte ihre Ursache weder in einer langsamen Aufnahme noch in einem raschen Abbau des Herbizids. Die Ungräser verdanken ihre Widerstandsfähigkeit wahrscheinlich vor allem der geschützten Lage ihres Vegetationspunktes, der sich nur wenig über dem Boden befindet und so gut durch umhüllende Blätter geschützt wird, daß ihn die Phenmediphamspritzung nicht erreicht [9].

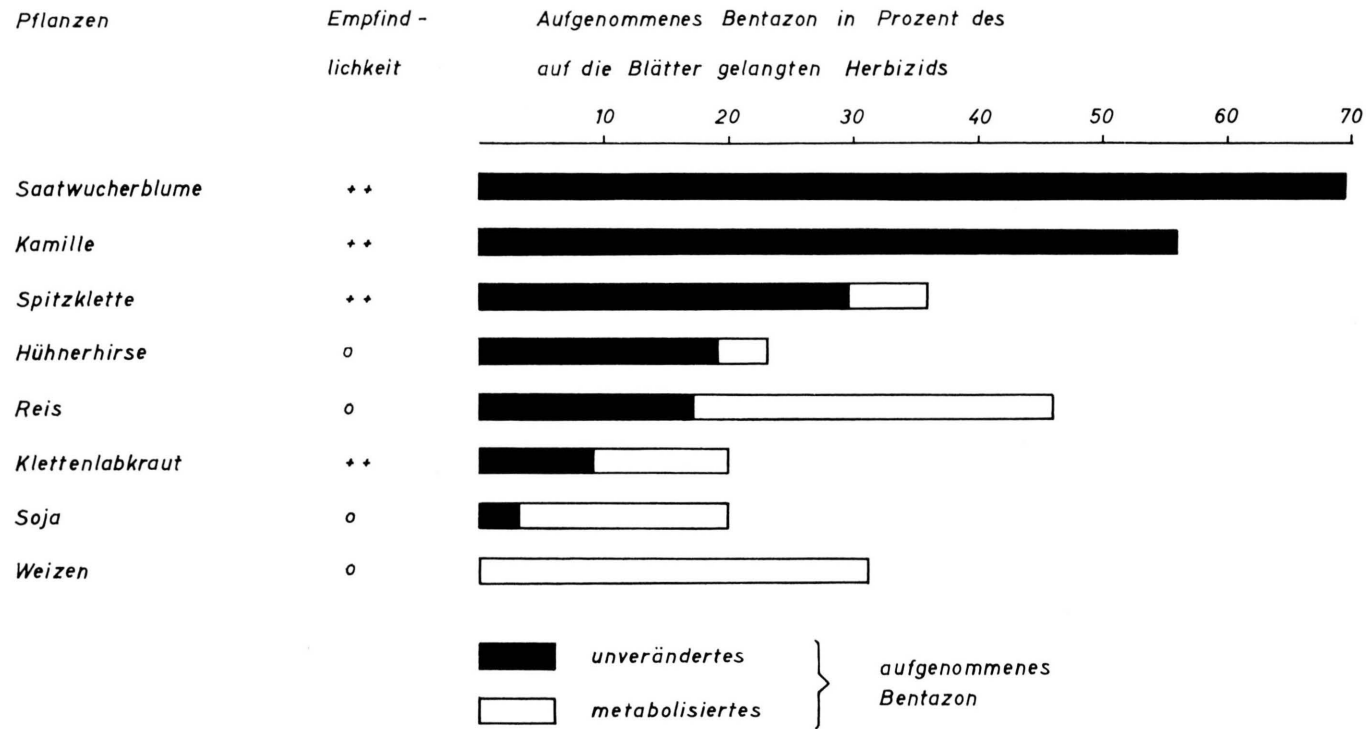


Abb. 3. Anteil des metabolisierenden Bentazons an der aufgenommenen Herbizidmenge 72 Std. nach der Applikation (nach [10] verändert).

## Bentazon

Auch für Bentazon resultiert die Selektivität aus einem Zusammenwirken von Herbizidaufnahme und -metabolisierung (s. Abb. 3). Die Bentazon-empfindlichen Pflanzen Saatwucherblume, Kamille und Spitzklette nahmen einen sehr großen Anteil des auf die Blätter gelangten Bentazons auf. Eine Metabolisierung konnte bei diesen kaum oder gar nicht nachgewiesen werden, so daß der Anteil an unverändertem Wirkstoff sehr hoch war. Bei den Bentazon-toleranten Pflanzen Reis, Soja und Weizen war die Aufnahme unterschiedlich. Reis nimmt verhältnismäßig viel Wirkstoff auf, die Metabolisierung erfolgt jedoch sehr schnell. Die Hühnerhirse schützt sich dagegen vor allem durch die geringere Wirkstoffaufnahme, während beim Weizen alles aufgenommene

Bentazon sofort metabolisiert wird. Eine Ausnahme macht das Klettenlabkraut. Dieses Unkraut nahm als Bentazon-empfindliche Pflanze sehr wenig Wirkstoff auf und konnte davon noch etwa die Hälfte metabolisieren, so daß die Konzentration des unveränderten Wirkstoffes in dieser Pflanze niedriger liegt als in den Bentazon-toleranten Pflanzen Reis und Hühnerhirse [10, 12].

Grundsätzlich läßt sich demnach sowohl bei Phenmedipham als auch bei Bentazon feststellen, daß die empfindlichen Pflanzen viel Wirkstoff aufnehmen und kaum oder gar nicht in der Lage sind, die aufgenommenen Herbizide zu metabolisieren, während die toleranten Pflanzen entweder weniger Wirkstoff aufnehmen oder diesen schnell inaktivieren. Abweichungen hiervon sind lediglich bei den Ungräsern und dem Klettenlabkraut feststellbar.

- [1] F. Arndt und C. Kötter, *Weed Res.* **8**, 259–271 (1968).
- [2] B. H. Menck und S. Behrendt, *Proc. 11th British Weed Contr. Conf.* 666–672 (1972).
- [3] B. Wuerzer, J. Thompson und J. W. Daniel, *Proc. South. Weed Sci. Soc.* **25**, 108–110 (1972).
- [4] M. Luib, S. Behrendt, S. Haaksma und B. G. M. Kamp, *Proc. 4th Asian-Pacific Weed Sci. Soc. Conf.* 140–144 (1973).
- [5] A. Trebst, E. Pistorius, G. Boroschewski und M. Schulz, *Z. Naturforsch.* **23b**, 342–348 (1968).
- [6] A. Mine und S. Matsunaka, *Pestic. Biochem. Physiol.* **5**, 440–450 (1975).
- [7] G. Retzlaff und A. Fischer, *Mitt. biol. BundAnst. Ld.-u. Forstw. Berlin*, **151**, 179–180 (1973).
- [8] G. Retzlaff und R. Hamm, *Weed Res.* **16**, 263–266 (1976).
- [9] H. Kassebeer, *Z. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz* **78**, 158–174 (1971).
- [10] W. Dannigkeit, *Z. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz* **84**, 540–546 (1977).
- [11] W. Dannigkeit, *Z. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz* **84**, 430–439 (1977).
- [12] A. Mine, M. Masakazu und S. Matsunaka, *Pestic. Biochem. Physiol.* **5**, 566–574 (1975).