

MAYER, K.: Die Resistenz gegen Pflanzenschutzmittel. Mitt. Biol. Bundesanst. **132**. 1969, 140-153.

POLICK, D., NOWOSIELSKI, J. W., NAEGELE, J. A.: Daily sensitivity rhythm of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, to DDVP. Science **145**. 1964, 405-406.

STARK, CHR.: Pflanzenschutz bei Hausrosen. Gartenwelt **66**. 1966, 326-327.

STEINHAUSEN, W. R.: Ein neues Akarizid zur Bekämpfung phosphorsäureesterresistenter Spinnmilben mit durch Resistenz erzeugter höherer Empfindlichkeit. Z. angew. Zool. **55**. 1968, 107-114.

UNTERSTENHÖFER, G.: Zur Beeinflussung der Resistenzentwicklung. In: WEGLER, R.: Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel I, Heidelberg 1970, S. 77-86.

WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik. Jena, 4. Auflage, 1961.

WENZL, H.: Die Anwendung statistischer Prüfverfahren in Pflanzenschutzversuchen. Z. Pfl.krankh. **59**. 1952, 26-38.

WHO: Expert committee on insecticides. Seventh Report. Wld. Hlth. Org. techn. Rep. Ser. No. 125.

Liste der zugelassenen Pflanzenschutzmittel. Anlage zur Zweiten Bekanntmachung über die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln vom 28. Mai 1971. Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 116 vom 30. Juni 1971.

Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis 1969. Merkblatt Nr. 1 der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Braunschweig.

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

Über Möglichkeiten, die Aufwandmenge von Voraufherbiziden nach einigen Bodeneigenschaften zu bemessen*

Von Peter Niemann

Einleitung

Die Anwendung von Bodenherbiziden ist heute bei vielen Kulturen zu einem festen Bestandteil der Produktionstechnik geworden. Diese Form der chemischen Unkrautbekämpfung verbindet den Vorteil einer frühzeitigen Ausschaltung der Unkrautkonkurrenz mit einer mehr oder weniger lang anhaltenden Dauerwirkung.

Im Gegensatz zu Kontaktherbiziden, die bei ihrer Applikation unmittelbar an das Unkraut gelangen, tritt bei Bodenherbiziden zwischen Anwendungsgerät und Wirkungsort der Boden als vermittelndes Medium. Dadurch wird der Anwendungserfolg von zahlreichen, oft unkontrollierbaren Faktoren abhängig.

Im folgenden soll nach einer kurzen Erörterung der theoretischen Zusammenhänge aufgezeigt werden, welche Bodeneigenschaften einen besonders starken Einfluß auf die Herbizidaktivität ausüben und welche Möglichkeiten bestehen, aus der Kenntnis dieser Zusammenhänge heraus die geeignete Aufwandmenge eines Herbizids für einen gegebenen Standort abzuleiten. Die Beispiele wurden vorwiegend aus dem Bereich der Voraufanwendung von Herbiziden bei Zuckerrüben ausgewählt.

Verhalten von Herbiziden im Boden

Der zunehmende Einsatz von Bodenherbiziden und die dabei auftretenden Anwendungsrisiken haben zahlreiche Autoren veranlaßt, das Verhalten dieser Herbizide im Boden intensiv zu untersuchen. Insbesondere wurden Fragen der Adsorption der Wirkstoffe im Boden, ihr mikrobieller und chemischer Abbau, die Auswaschung in tiefere Bodenschichten und die Pflan-

zenverfügbarkeit unter verschiedenen Bedingungen erarbeitet. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in mehreren Übersichtsarbeiten zusammengestellt (BAILEY und WHITE 1964 und 1970, HANCE 1970, UPCHURCH 1966, WOLCOTT 1970).

Nachfolgendes Schema stellt dar, welchen Reaktionen ein Herbizid im Boden nach seiner Applikation unterliegen kann (Abb. 1).

Der innere Kreis (1) der Abbildung ist als die Ton- und Humuskolloide im Boden gedacht. Sie kann als die feste Phase in dem heterogenen System „Boden“ angesehen werden. Der mittlere Kreis (2) soll Bodenwasser und Bodenluft darstellen, d. h. die wässrige bzw. gasförmige Phase. Der äußere Kreis (3) symbolisiert die Bodenoberfläche. In bezug auf die biologische

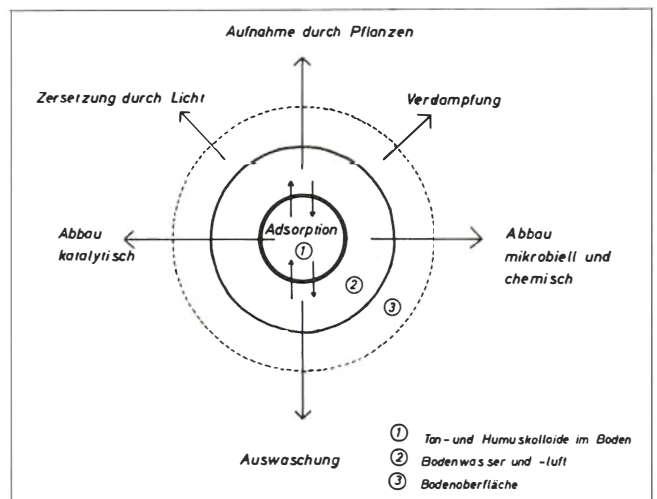


Abb. 1. Schematische Darstellung des Schicksals von Herbiziden im Boden (Erläuterungen im Text)

* Vorgetragen am 13. 10. 1971 auf der 38. Deutschen Pflanzenschutztagung in Berlin.

Wirkung kommt der Herbizidkonzentration im mittleren Kreis eine entscheidende Bedeutung zu. Diese Konzentration resultiert aus der Aufwandmenge des Herbizids und seinem Verteilungsverhalten zwischen der Oberfläche der Bodenkolloide und dem Bodenwasser bzw. der Bodenluft. Bei der Adsorption handelt es sich demnach um eine Akkumulation von Wirkstoffmolekülen bzw. -ionen an der Grenzfläche zwischen Kolloidoberfläche und Wasser bzw. Luft (HANCE 1970). Die in beiden Richtungen zwischen den Kreisen (1) und (2) verlaufenden Pfeile sollen andeuten, daß die Adsorption grundsätzlich ein reversibler Vorgang ist, d. h. es stellt sich ein „dynamisches Gleichgewicht“ ein. Die Desorption verläuft im allgemeinen langsamer; sie geht z. T. leichter und eher an der Tonfraktion des Bodens vonstatten als an der organischen Substanz (DOHERTY und WARREN 1969, HARRIS und WARREN 1964).

Die Herbizidkonzentration im mittleren Kreis (2) bestimmt weitgehend die für die Pflanzen aufnehmbare Herbizidmenge, die Abbaurate, die Verdampfung sowie die Auswaschung in tiefere Bodenschichten. Somit ist das Schicksal eines Herbizids im Boden entscheidend vom Umfang und der Intensität seiner Adsorption abhängig, und ihr kommt eine Schlüsselstellung in dem komplexen Geschehen zu (UPCHURCH 1966). Eine durch starke Adsorption bewirkte Konzentrationsverminderung des Herbizids im Bodenwasser kann z. B. neben einer unbefriedigenden Unkrautwirkung auch einen verzögerten mikrobiologischen Abbau des Wirkstoffs zur Folge haben. Andererseits ist jedoch auch nachgewiesen worden, daß die Hydroxylierung einer Aktivsubstanz durch Adsorption katalysiert werden kann (ARMSTRONG et al. 1967). Nach neueren Untersuchungen von SÜSS und WAGNER (1970) scheint auch der biologische Abbau adsorbierter Wirkstoffe unter bestimmten Bedingungen beschleunigt zu erfolgen.

Zwischen der Sorptionskapazität eines Bodens für Herbizide und seinem Humusgehalt besteht sehr häufig eine gesicherte statistische Beziehung (WOLCOTT 1970). Gleiches gilt für die spezifische Bodenoberfläche, die Kationenaustauschkapazität, den Tongehalt und einige weitere Bodeneigenschaften (BAILEY und WHITE 1970). Diese meist unter Labor- und Gewächshausbedingungen gefundenen Beziehungen lassen sich nur mit Vorbehalt auf die vielfältigeren Verhältnisse des Freilandes übertragen. Nach LAMBERT et al. (1965) sind es fünf Gruppen von Faktoren, die über den Erfolg einer Applikation von Bodenherbiziden entscheiden:

1. Bodenverhältnisse,
2. Eigenschaften des Wirkstoffs,
3. Witterungsbedingungen,
4. biologische Aktivität des Bodens,
5. Anwendungsmethode.

Beispiele

Obwohl die Aktivität eines Herbizids im Boden von sehr vielen Faktoren abhängig ist, bestätigte sich auch unter Freilandbedingungen, daß dem Humusgehalt in diesem Zusammenhang eine überragende Bedeutung zukommt.

An Hand eines sehr umfangreichen Versuchsmaterials konnte HANF (1965) zeigen, daß die Wirkung von Pyrazon bei einem Humusgehalt des Bodens von über 3% deutlich geringer wird. NEURURER (1970) fand in Österreich einen Grenzwert von etwa 6% Humusgehalt. Unter ungarischen Verhältnissen stellte SZATALA (1967) fest, daß die Wirkung von Pyrazon stark abnimmt, wenn der Humusgehalt des Bodens über 6–8% ansteigt.

Nach Beobachtungen von NEURURER (1970) ist demgegenüber Lenacil in seiner Wirkung mehr vom Tongehalt als vom Humusgehalt des Bodens abhängig. Diese Ergebnisse werden von RAMAND (1970) bestätigt, der Lenacil im Vorsaatterverfahren und mit einer Aufwandmenge von 2,4 lb/ac. erfolgreich auf Moorboden mit einem Gehalt von 56,7% organischer Substanz einsetzte. In den Niederlanden kann sich der Anwender auf Beratungsempfehlungen stützen, die für Lenacil steigende Aufwandmengen bis zu einem Humusgehalt des Bodens von 15% angeben (Anonym 1971).

Wie die Untersuchungen von WARREN (1970) erkennen lassen, reagieren verschiedene Herbizide nicht einheitlich auf einen bestimmten Humusgehalt. Während Amiben nahezu unabhängig von der Höhe des Humusgehaltes wirkt, muß die Dosierung von s-Triazin, Harnstoffderivaten und Thiokarbamaten mit steigendem Humusgehalt erhöht werden, um eine ausreichende Wirkung zu erzielen. Nach Überschreiten eines Humusgehaltes von 15% verringerte sich jedoch für die zuletzt genannten Herbizide die Steigerungsrate der Dosierung, d. h. bei einer Zunahme des Humusgehaltes um eine Einheit muß die Dosierung im Bereich unter 15% Humusgehalt stärker erhöht werden als im Bereich darüber.

Eigene Untersuchungen (NIEMANN, unveröffentlicht) über die Beziehung zwischen Humusgehalt und Herbizidaufwandmenge wurden auf Immissionsstandorten im Rheinland durchgeführt. Diese Standorte unterlagen mehrere Jahrzehnte dem Einfluß von Immissionen der Braunkohlenindustrie und zeichnen sich u. a. durch einen erhöhten Kohlenstoffgehalt aus. Bei der Voraufbauanwendung zu Zuckerrüben hatte sich in langjährigen Beobachtungen gezeigt, daß Pyrazon auf diesen Flächen bei einem Kohlenstoffgehalt von etwa 1,5% und darüber mit der üblichen Aufwandmenge von 4 kg/ha nicht mehr ausreichend wirkte. Es wurde daher geprüft, ob mit höherem Wirkstoffaufwand und bei Staffelung der Dosierung nach dem Kohlenstoffgehalt mit Pyrazon bzw. mit anderen Wirkstoffen eine chemische Unkrautbekämpfung durchgeführt werden kann. Unter den herrschenden Bodenverhältnissen erwiesen sich die Präparate Murbetex 0 (Medinoterbace-tat + Propham) und Jebonyl 451 (Proximpham + Pro-pham + Noruron) als erfolgversprechend. Die Dosierungskurven (Abb. 2) wurden für die beiden Präparate in dreijährigen Versuchen ermittelt.

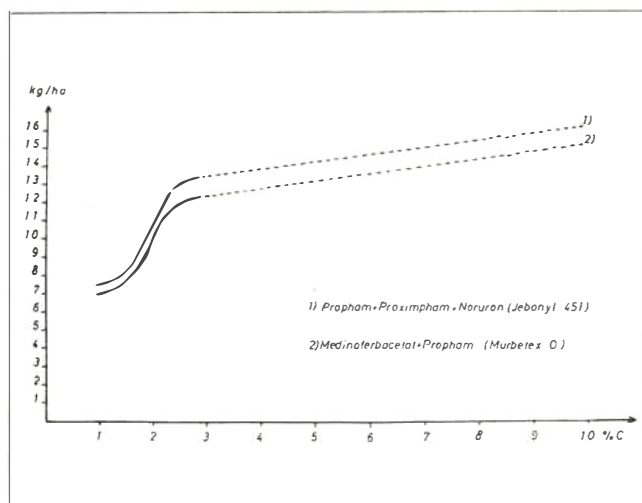


Abb. 2. Dosierungskurven für zwei Bodenherbizide auf Immissionsstandorten

In den Untersuchungen wurden jeweils drei Aufwandmengen je Standort eingesetzt. Als geeignet wurde diejenige angesehen, bei der in der Unkrautwirkung möglichst das Ergebnis der Vergleichsparzelle (1 % C) erreicht wurde und keine Ertragsminderung eintrat. Die einbezogenen Standorte wiesen einen Kohlenstoffgehalt von 1–10 % auf. Bemerkenswert an dem Kurvenverlauf ist der starke Anstieg der Dosierung im Bereich von 1,5–2,5 % Kohlenstoffgehalt, während ab etwa 3 % eine Abflachung der Kurve eintritt. Damit zeigt sich auch unter diesen Verhältnissen eine nichtlineare Beziehung zwischen Herbizidaufwandmenge und dem Kohlenstoffgehalt des Bodens, wie es WARREN (1970) auch für andere Herbizide beschrieben hat.

Nach SCHMIDT und MEYER (1968) eignet sich Murbetex 0 ebenfalls als Voraufdauerherbizid für humose Sandböden. Ein Vergleich ihrer Aufwandmengen mit den von uns gefundenen Werten – bezogen auf den Kohlenstoffgehalt – zeigt jedoch nur eine geringe Übereinstimmung. Auf humosen Sandböden scheint die optimale Aufwandmenge niedriger zu liegen. Dies deutet auf unterschiedliche Sorptionskapazitäten der in beiden Fällen vorliegenden organischen Substanzen hin. Zu berücksichtigen ist weiterhin, daß in humosen Sandböden der Tongehalt praktisch zu vernachlässigen ist, während der in den von uns verwendeten Böden 15 bis 20 % beträgt.

Einige Autoren berücksichtigen neben dem Humusgehalt auch die Korngrößenzusammensetzung eines Bodens als Grundlage für Dosierungsempfehlungen von Bodenherbiziden. So machen WICKS et al. (1970) sehr detaillierte Angaben für die Dosierung von zwei Rübenherbiziden auf den Rübenböden des amerikanischen Bundesstaates Nebraska (Tab. 1).

MEGGITT (1970) fand in langjährigen Versuchen in Michigan, daß im Bereich zwischen 2,5 bis 5 % Humus dem Tongehalt die bedeutendere Rolle für die Pyrazonwirkung zukommt (Tab. 2). Wird dieser Bereich des Humusgehaltes unter- bzw. überschritten, gewinnt der Humusgehalt einen größeren Einfluß auf die Herbizidwirkung als der Tongehalt. Diese Ergebnisse lassen erkennen, daß erst eine bestimmte Kombination von Ton- und Humusgehalt die typische Sorptionskapazität eines Bodens für ein Herbizid bewirkt.

Die Bedeutung einer Relation zwischen Ton- und Sandgehalt eines Bodens für die Herbizidwirkung geht aus den Untersuchungen von CALDICOTT (1962) hervor. Er prüfte auf 40 Standorten eine Kombination von Endothal und Propham mit jeweils sechs Aufwandmengen bei Zuckerrüben. Die für jeden Standort geeignete Dosierung wurde unter Berücksichtigung der Unkrautwirkung und der Phytotoxizität festgelegt. Die auf diese Weise gefundenen Aufwandmengen steigen mit zunehmendem Tongehalt und mit abnehmendem Sandgehalt an. Das von CALDICOTT aufgestellte Schema hatte jedoch nur für Böden mit weniger als 6,9 % Humusgehalt Gültigkeit. Höhere Humusgehalte überlagerten den Einfluß von Ton- und Sandgehalt auf die Wirkung der Herbizide (HUNNAM und HEY 1964).

Schlußfolgerungen

Die aufgeführten Beispiele zeigen, daß es möglich ist, Beziehungen zwischen einigen Bodeneigenschaften und der Aufwandmenge von Bodenherbiziden herzustellen. Sie weisen jedoch gleichzeitig auf die begrenzten Anwendungsmöglichkeiten der beschriebenen Schemata hin. Sie gelten häufig nur für begrenzte geographische Regionen mit ähnlichen Boden- und Klimaverhältnissen

Tab. 1. Herbiziddosierung nach Humusgehalt und Korngrößenzusammensetzung des Bodens (nach WICKS et al. 1970)

Dosierung (AS) lb/ac.		%	%	%	%
Herbizid 1	Herbizid 2	Humus	Ton	Schluff	Sand
keine Anwendung	keine Anwendung	< 1,0	11–16	13–17	65–76
2,4+1,6	2,0–3,0	1,0–1,3	16–20	24–35	45–60
3,0+2,0	3,0–3,5	1,3–1,7	20–25	25–40	35–45
3,75+2,5	3,5–4,0	1,7–2,5	25–33	40–42	25–35

Herbizid 1 = Pyrazon + Endothal

Herbizid 2 = Cycloa

Tab. 2. Dosierungen von Pyrazon (lb/ac.) auf Böden mit 2,5 bis 5,0 % Humusgehalt (nach MEGGITT 1970)

Anwendungszeitpunkt	Tongehalt (%)			
	10	20	30	40
Anfang April	2,4	3,0	3,6	4,2
Mitte April	3,0	4,2	4,7	5,3

und verlieren an Gültigkeit, wenn diese Voraussetzungen nicht mehr gegeben sind. Es kommt ebenfalls zum Ausdruck, daß der Humus- bzw. Tongehalt allein nicht in allen Fällen ausreicht, um die Herbizidwirkung im voraus abzuschätzen. Auch können Böden mit gleichem Gesamttongehalt in ihrer Sorptionsfähigkeit variieren, wenn sie nicht die gleichen Anteile der verschiedenen Tonminerale enthalten. Dies geht u. a. aus einem Vergleich der Ergebnisse von TALBERT und FLETCHALL (1965) mit denen von WALKER (1968) hervor. In beiden Arbeiten wurde die Adsorption von Prometryn, Propazin, Atrazin und Prometon untersucht. WALKER führt die höhere Adsorption in den von ihm verwandten Böden auf deren höheren Montmorillonitanteil zurück. Sorptionsunterschiede an einzelnen Humuskomponenten fanden SÜSS und WAGNER (1969). Die Sorptionskapazität von Böden mit gleichem Ton- und Humusgehalt kann weiterhin durch unterschiedliche pH-Werte, Salzkonzentrationen, Kationenbeläge und andere Faktoren modifiziert werden (BAILEY und WHITE 1970).

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob Möglichkeiten bestehen, die Sorptionskapazität eines Bodens für ein Herbizid direkt zu bestimmen, sie in Form eines Sorptionsindex anzugeben und damit die Werte verschiedener Böden vergleichbar zu machen. Solche Indizes wurden von HILTON und YUEN (1963) und von SUND (1964) ermittelt. Dabei wurden gleiche Bodenmengen mit einer bestimmten Herbizidkonzentration ins Gleichgewicht gebracht, filtriert und durch Messung der Herbizidkonzentration im Filtrat die Adsorptionsrate per Differenzrechnung ermittelt. In den Arbeiten der genannten Autoren zeigte sich eine Beziehung zwischen den Adsorptionsindizes und der Herbizidwirkung im Freiland. Weitere Versuche werden zeigen müssen, ob evtl. durch Einschaltung eines Biotests, d. h. durch Messung der Pflanzenverfügbarkeit der im Boden befindlichen Herbizide, eine genauere Aussage über die zu erwartende Herbizidwirkung möglich ist. Die auf diese Weise unter einheitlichen Bedingungen ermittelte Pflanzenverfügbarkeit eines Herbizids in verschiedenen Böden ist auf einen definierten Standardboden zu beziehen, um einen „Wirkungs-

index" zu erhalten. Es muß hier jedoch darauf hingewiesen werden, daß extreme Witterungsverhältnisse nach der Spritzung, z. B. starke Niederschläge oder lang anhaltende Trockenheit, in der Lage sein können, den Einfluß konstanter Bodeneigenschaften auf die Herbizidaktivität zu überdecken (Hance et al. 1968). Die Anwendung von Bodenherbiziden wird sich daher auch zukünftig nicht risikolos gestalten lassen.

Zusammenfassung

Das Verhalten eines Herbizids im Boden wird in hohem Maße von seiner Adsorption bestimmt. Die Adsorption steht in enger Beziehung zu einigen Bodeneigenschaften, besonders dem Humus- und Tongehalt sowie der Kationenaustauschkapazität.

An Hand von Beispielen wird aufgezeigt, welche Bodeneigenschaften geeignet sind, als Bezugsbasis für die Aufwandmenge von Bodenherbiziden zu dienen. Die aufgestellten Schemata, in denen der Humus- bzw. Ton- und Sandgehalt herangezogen wurden, eignen sich häufig nur für begrenzte geographische Regionen mit weitgehend einheitlichen Bodenverhältnissen. Es wird vorgeschlagen, den „Adsorptions- bzw. Wirkungsindex“ eines Herbizids in verschiedenen Böden zu ermitteln.

Summary

The fate of a herbicide in the soil is described by means of a simple graph. Adsorption is an important factor in regulating herbicide behavior in the soil.

Examples are given by which it was possible, to relate the dosage of some herbicides, mainly used in sugar beets, with some soil properties (content of organic matter, clay and sand and CEC). The disadvantages of such schedules for practical use under a wide range of soil conditions are discussed and it is suggested to determine an "adsorption or activity index" for each herbicide in various soils.

Literatur

- ANONYM: Chemische Onkruidbestrijding in bieten. Plantenziektenkundige Dienst Wageningen. Bericht No. 1785. 1971, 1-6.
- ARMSTRONG, D. E., CHESTERS, G., HARRIS, R. F.: Atrazine hydrolysis in soil. *Proc. Soil Sci. Amer.* **31**. 1967, 61-66.
- BAILEY, G. W., WHITE, J. L.: Review of adsorption and desorption of organic pesticides by soil colloids, with implications concerning pesticide bioactivity. *J. Agr. Food Chem.* **12**. 1964, 324-332.
- BAILEY, G. W., WHITE, J. L., Factors influencing the adsorption, desorption, and movement of pesticides in soil. *Residue Reviews* **32**. 1970, 29-92.
- CALDICOTT, J. J. B.: Further investigations into the field use of a mixture of endothal and propham for pre-emergence application to sugar beet. *Weed Res.* **2**. 1962, 100-109.
- DOHERTY, P. J., WARREN, G. J.: Adsorption of four herbicides by different types of organic matter and a bentonite clay. *Weed Res.* **9**. 1969, 20-26.
- HANCE, R. J.: The behavior of herbicides in the soil: some recent developments. *Proc. 4th E.A. Herbicide Conf.* 1970, 1-15.
- HANCE, R. J., HOCOMBE, S. D., HOLROYD, D.: The phytotoxicity of some herbicides in field and pot experiments in relation to soil properties. *Weed Res.* **8**. 1968, 136-144.
- HANF, M.: Einfluß verschiedener Faktoren auf die Wirkung von Bodenherbiziden. *Z. Pfl.krankh. Pfl.path. Pfl.schutz Sonderheft 3*. 1965, 173-188.
- HARRIS, C. I., WARREN, G. F.: Adsorption and desorption of herbicides by soil. *Weeds* **12**. 1964, 120-126.
- HAYES, M. H. B.: Adsorption of triazine herbicides on soil organic matter, including a short review on soil organic matter chemistry. *Residue Reviews* **32**. 1970, 131-174.
- HILTON, H. W., YUEN, Q. N.: Adsorption of several pre-emergence herbicides by Hawaiian sugar cane soils. *J. Agr. Food Chem.* **11**. 1963, 230-234.
- HUNNAM, D., HEY, G. L.: The control of weeds in sugar beet by an Endothal/Propham mixture applied at drilling. *J. Am. Soc. Sug. Beet Technol.* **12**. 1964, 672-685.
- LAMBERT, S. M., PORTER, P. E., SCHIFFERSTEIN, R. H.: Movement and sorption of chemicals applied to the soil. *Weeds* **13**. 1965, 185-190.
- MEGGITT, W. F.: Herbicide activity in relation to soil type. In: *Pesticides in the soil: ecology, degradation and movement. Proceedings of a Symposium. Michigan State University, Feb. 1970*, 139-141.
- NEURURER, H.: Erfahrungen mit der chemischen Unkrautbekämpfung im handarbeitslosen Rübenbau. *Proc. 2nd Int. Meet. Select. Weed Control Beet Crops, Rotterdam March 1970*, 37-41.
- RAMAND, E.: The effect of band incorporation of lenacil on sugar beet in highly organic soils. *Proc. 10th Br. Weed Control Conf.* 1970, 600-604.
- SCHMIDT, H., MEYER, J.: Entwicklungstendenzen der chemischen Unkrautbekämpfung in Beta-Rüben. *Gesunde Pfl.* **20**. 1968, 58-64.
- SÜSS, A., WAGNER, A.: Die Sorption von Herbiziden an verschiedene Bodenkomponenten. *Z. Pfl.krankh. Pfl.path. Pfl.schutz* **76**. 1969, 528-535.
- SÜSS, A., WAGNER, A.: Die Adsorption von Herbiziden an verschiedene Bodenkomponenten. *Z. Pfl.krankh. Pfl.path. Pfl.schutz, Sonderheft 5*. 1970, 33-41.
- SUND, K. A.: An evaluation of atrazine, simazine, monuron and diuron on ten Hawaiian sugar cane plantations. *Weeds* **12**. 1964, 215-219.
- SZATALA, E.: Untersuchungen über die Anwendung verschiedener Unkrautmittel in Zuckerrüben unter besonderer Berücksichtigung von PCA in Ungarn. *Proc. Second Int. Symp. Sug. Beet Protect. Novi Sad 1967*, 53-62.
- UPCHURCH, R. P.: Behavior of herbicides in soil. *Residue Reviews* **16**. 1966, 46-80.
- WALKER, A.: Physico-chemical aspects of the behavior of triazine herbicides in soils. Ph. D. Thesis Univ. Nottingham. Zit. bei HAYES 1970.
- WARREN, G. F.: Considerations of soil organic matter in making herbicide recommendations. *Abstr. Proc. Weed Sci. Soc. Am. Montreal, Canada, 1970*. Zit. bei MEGGITT 1970.
- WICKS, G. A., ANDERSON, F. N., ROBINSON, C. R.: Weed control in sugar beets. *Extension Service, University of Nebraska, CC 204*. 1970, 1-18.
- WOLCOTT, A. R.: Retention of pesticides by organic materials in soils. In: *Pesticides in the soil: ecology, degradation and movement. Proceedings of a Symposium, Michigan State University, Feb. 1970*, 128-138.