

Sonderdruck aus „Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau“

[Z. Acker- u. Pflanzenbau (J. Agronomy & Crop Science) 149, 488—502, 1980]

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdruckes, der photomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten.

Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

---

*Lehrstuhl für Grünlandlehre  
der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan*

**Verteilung der  $^{14}\text{C}$ -Aktivität nach  $^{14}\text{CO}_2$ -Applikation  
auf die Nichtstrukturkohlenhydrate im Stumpflättrigen Ampfer,  
Wiesenkerbel und Bärenklau in verschiedenen Wachstumsstadien**

Von

W. KÜHBAUCH, H. IMHOFF und G. VOIGTLÄNDER<sup>1</sup>

*Lehrstuhl für Grünlandlehre  
der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan*

## **Verteilung der $^{14}\text{C}$ -Aktivität nach $^{14}\text{CO}_2$ -Applikation auf die Nichtstrukturkohlenhydrate im Stumpfblättrigen Ampfer, Wiesenkerbel und Bärenklau in verschiedenen Wachstumsstadien**

Von

W. KÜHBAUCH, H. IMHOFF und G. VOIGTLÄNDER<sup>1</sup>

*Mit 7 Abbildungen*

Eingegangen am 15. Juli 1980

### **I. Einleitung**

Stumpfblättriger Ampfer (*Rumex obtusifolius* L.), Wiesenkerbel [*Anthriscus silvestris* (L.) Hoff.] und Bärenklau (*Heracleum sphondylium* L.) gehören zu den mehrjährigen Unkräutern des Dauergrünlandes. Die Bekämpfung dieser Unkrautarten ist wegen ihrer starken Wurzelbildung auch heute noch schwierig. Mit systemischen Herbiziden und in bestimmten Wachstumsstadien ist die Flächenbekämpfung erfolgversprechend. Da die Herbizide vom Typ der Phenoxyverbindungen ebenso wie das häufig gegen Ampfer verwendete „Asulam“ in der Pflanze mit dem Phloemstrom transportiert werden, hängt der Bekämpfungserfolg von der Intensität und Richtung des Assimilatestroms ab (MÜLLER 1969 und 1972).

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, einen Einblick in die Assimilatein- und -auslagerungsprozesse in der Pflanze zu bekommen, um Hinweise für den gezielten Einsatz von Herbiziden zu erhalten. Es wird untersucht, wie sich während verschiedener Wachstumsstadien nach vorausgehender  $^{14}\text{CO}_2$ -Begasung die  $^{14}\text{C}$ -Aktivität in den oben genannten Pflanzen auf die Mono- und Disaccharidfraktion sowie auf die Stärke verteilt.

<sup>1</sup> Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft durchgeführt. Die Autoren möchten sich dafür an dieser Stelle herzlich bedanken.

## II. Material und Methoden

### 1. Gewinnung des Pflanzenmaterials

Die Versuchspflanzen wurden im Frühjahr 1973 auf einer Wiese in der Umgebung von Freising ausgegraben und in Mitscherlich-Töpfe gepflanzt. Die  $^{14}\text{C}$ -Applikation in Form von  $^{14}\text{CO}_2$  wurde in vier verschiedenen Entwicklungsstadien an jeweils sechs Pflanzen gleichzeitig vorgenommen.

1. Stadium: Vegetative Entwicklung vor der Sproßstreckung
2. Stadium: Sproßstreckung
3. Stadium: Blüte
4. Stadium: Samenreifung am Hauptsproß
5. Stadium: Nach dem Abreifen der Samen (nur Ampfer)

Die  $^{14}\text{CO}_2$ -Behandlung wurde in allen vier bzw. fünf Wachstumsphasen vorgenommen. In der Folge wurden einen, drei und sieben Tage nach der Behandlung die Pflanzen geerntet, in die Organe der Wurzel und des Sprosses<sup>1</sup> zerlegt, tiefgefroren und gefriergetrocknet. Das Verfahren zur  $^{14}\text{CO}_2$ -Begasung der Pflanzen wurde an anderer Stelle bereits beschrieben (KÜHBAUCH et al. 1975).

Die Auswahl der untersuchten Pflanzenteile sollte eine Beurteilung des Stoffwechsels der drei persistenten Unkräuter in den verschiedenen Wuchsstadien ermöglichen. Es wurden dazu Pflanzensubstanzen von weit auseinanderliegenden Teilen des Sprosses, der Wurzel und des Wurzelkopfes, also des regenerationsfähigen Wurzelgewebes, ausgewählt. Die Fläche der in den Abbildungen 2 bis 7 dargestellten Rechtecke entspricht der Anzahl der  $^{14}\text{C}$ -Impulse je Minute je Gramm Trockenmasse in den Kohlenhydratfraktionen Glukose + Fruktose, Saccharose, Maltose und Stärke. Größere Flächen, die nicht maßstabgerecht dargestellt werden können, sind mit dem entsprechenden Vielfachen der abgebildeten Grundeinheit (quadratisches Flächensymbol □) gekennzeichnet.

### 2. Chemische Analyse

Die Extraktion des Pflanzenmaterials zur Abtrennung der Mono- und Disaccharide sowie von Stärke und die Aufbereitung dieser Kohlenhydrate bis zur  $^{14}\text{C}$ -Messung ist in Abbildung 1 (I—XI) schematisch dargestellt.

200 mg des Pflanzenmaterials (I) werden mit gereinigtem Seesand fein gemörsert (II) und nacheinander zweimal mit 100 ml Äthanol (85 % in Wasser) je 30 Minuten im Schüttler extrahiert. Die in Alkohol unlöslichen Bestandteile (z. B. Stärke) werden mittels Filternutsche von den löslichen Zuckern abgetrennt (IV). Als Sauggefäß wurde ein Wittscher Topf verwendet. Das im Rundkolben aufgefangene zuckerhaltige Filtrat wird am Rotationsverdampfer bis zur Trockene eingengt (V) und quantitativ in Portionen zu  $2 \times 2$  ml und  $1 \times 1$  ml mit destilliertem Wasser in ein Zentrifugenglas überspült (VI). Die wäßrige Lösung wird zur Reinigung mit 2 ml Chloroform unterschichtet, anschließend zentrifugiert und der überstehende Extrakt abgehoben. Davon wurden 0,4 ml mit einem Autoliner der Firma Desaga auf Zelloxydationsplatten ( $20 \times 20$  cm, Schichtdicke 0,5 mm) bandförmig aufgetragen. Vor Gebrauch wurden die Platten 15 Minuten im Trockenschrank bei  $110^\circ\text{C}$  aktiviert.

Auf einer Seite der Dünnschichtplatte wird als Leitsubstanz eine Standardmischung aus Fruktose, Glukose, Saccharose und Maltose aufgetragen. Die chromatographische Auftrennung der Zucker erfolgte mit Ameisensäure, Butanol, Äthylmethylketon und Wasser (15 : 30 : 45 : 15) in drei aufeinanderfolgenden Läufen. Nach jedem Lauf wurden die Platten an Luft getrocknet. Die Positionen der Probensubstanz wird nun an Hand der obengenannten Leitsubstanzen ermittelt, indem nur die Leitbahn (VIIa) mit der Entwicklerlösung (4 % äthanolische Anilinslösung, 4 % äthanolische Diphenylaminlösung, Orthophosphorsäure = 5 : 5 : 1) behandelt wird. Die Probensubstanz (VIIb) bleibt abgedeckt. Anschließend werden die Platten im

<sup>1</sup> Als „Sproß“ wird hier die gesamte oberirdische Pflanzenmasse bezeichnet.

Trockenschrank bei 110 °C etwa 10 bis 15 Minuten nachbehandelt. Entsprechend der Position der Leitzucker wird die Zellschicht bandförmig ausgeschabt.

Zur Messung der  $^{14}\text{C}$ -Aktivität werden die ausgeschabten Portionen der Zellschicht direkt in die Szintillationsmeßgefäße gegeben und mit 0,6 g Aerosil als Gelbildner und 10 ml Szintillatorflüssigkeit (POPOP 300  $\text{mg}^1$ , PPO 7  $\text{mg}^2$ , Naphthalin 100 mg, Dioxan ad 1 l) versetzt.

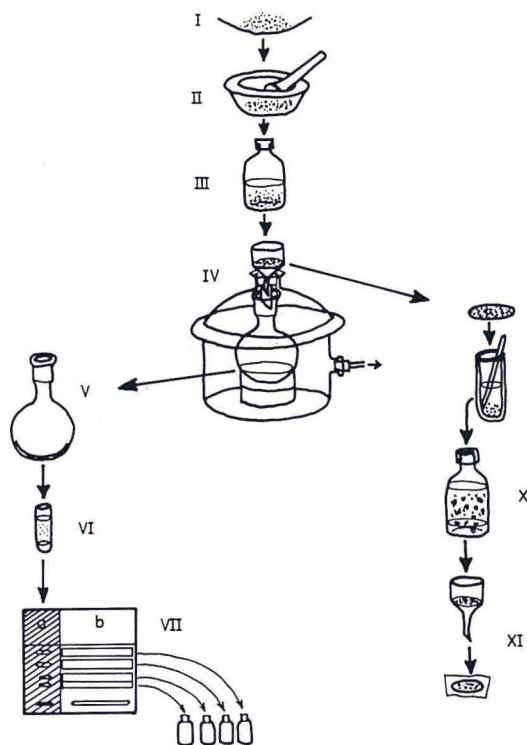


Abb. 1. Schematische Darstellung des Nachweises von  $^{14}\text{C}$ -Monosacchariden, -Disacchariden und -Stärke. I Pflanzenmaterial. II Verreiben mit Seesand. III Lösen der Zucker in Äthanol 85 % (Schüttler). IV Abtrennen der ungelösten Bestandteile. V Einengen des äthanolischen Zuckerextraktes. VI Zentrifugieren des wäßrigen Zuckerextraktes. VII Trennung der  $^{14}\text{C}$ -Zucker mittels Dünnschichtchromatographie; a) besprühte Leitzubstanzen, b) nicht besprühte Probensubstanz und Bestimmung der  $^{14}\text{C}$ -Aktivität mittels Flüssigszintillatoren. VIII In Äthanol unlösliche Bestandteile. IX Stärkeextraktion mittels Perchlorsäure. X Ausflocken der Stärke nach Zugabe von reinem Äthanol. XI Filtration der Stärke und Bestimmung der  $^{14}\text{C}$ -Aktivität mit Hilfe von Flüssigszintillatoren

Fig. 1. Schematic presentation of the demonstration of  $^{14}\text{C}$  monosaccharides, disaccharides and starch. I Plant material. II Grinding with sand. III Dissolve sugars in 85 % ethanol. IV Separation of the undissolved residual fraction. V Concentration of the ethanolic sugar extract. VI Centrifugation of the water sugar extract. VII Separation of  $^{14}\text{C}$  sugars by means of thin layer chromatography. a) spraying the conducting substances; b) non spraying test substance and determination of  $^{14}\text{C}$  activity by means of liquid scintillation. VIII Ethanol insoluble fraction. IX Starch extraction using perchloric acid. X Precipitation of starch after adding pure ethanol. XI Filtration of starch and determination of  $^{14}\text{C}$  activity using liquid scintillation

Die  $^{14}\text{C}$ -Aktivität wurde in einem Flüssigszintillationsmeßgerät der Firma Beckmann bestimmt.

Zur Stärkeextraktion wurden die in Alkohol unlöslichen Bestandteile der Pflanzensubstanz als Filtrerrückstand von IV (Abb. 1) aufgenommen, in ein 70 ml fassendes Zentrifugenglas (IX) gegeben und daraus Stärke mit 5 ml destilliertem Wasser und 6,5 ml 52%iger Perchlorsäure extrahiert. Während 20 Minuten wird die Suspension mehrmals mit einem Glasstab aufgerührt,

<sup>1</sup> 1,4-di[2-(5-phenyloxazolyl)]benzol.

<sup>2</sup> 2,5-Diphenyloxazol.

anschließend werden 20 ml destilliertes Wasser zugegeben und zentrifugiert. Der Überstand wird dekantiert und die Stärkeextraktion wiederholt. Im gesammelten Überstand erfolgt mit 200 ml Äthanol die Fällung der Stärke.

Die ausgefallene Stärke wird schließlich durch ein Glatfilter der Firma Schleicher filtriert und die Stärke samt Filterpapier (XI) zur  $^{14}\text{CO}_2$ -Gewinnung verbrannt (Oximat Inter-technique). Das freigesetzte  $\text{CO}_2$  wird in Szintillatorflüssigkeit (Butyl-PBD<sup>1</sup> 7 g, Aqua dest. 50 ml, Methanol 220 ml, Phenäthylamin 330 ml, Toluol ad 1 l) aufgefangen und darin die  $^{14}\text{C}$ -Aktivität im Flüssigszintillationsmeßgerät bestimmt.

### III. Ergebnisse

Die  $^{14}\text{C}$ -Gesamtaktivität setzt sich aus den  $^{14}\text{C}$ -Aktivitäten von Monosacchariden, Saccharose, Maltose und Stärke zusammen. Diese Teilaktivitäten sind mit unterschiedlicher Schraffur in den folgenden Abbildungen 2 bis 7 dargestellt.

#### *Stumpfbblätteriger Ampfer*

Am Beispiel des Rosettenstadiums und zur Zeit des Stengelwachstums sollen zwei Entwicklungsstadien der Pflanzen gezeigt werden, die sich in der Menge der  $^{14}\text{C}$ -Zucker erheblich unterscheiden. Der Ampfer zeichnet sich während der Rosettenphase durch vergleichsweise niedrige Impulsraten in der  $^{14}\text{C}$ -Saccharose-, Maltose- und Monosaccharidfraktion aus (Abb. 2).

Zur Zeit der Sproßstreckung des Ampfer verändert sich das Bild der  $^{14}\text{C}$ -Assimilate (Abb. 3). Die Anteile der löslichen  $^{14}\text{C}$ -Kohlenhydrate Fruktose, Glukose, Saccharose und Maltose steigen in Sproß und Wurzel einen Tag nach  $^{14}\text{CO}_2$ -Begasung auf fast die Hälfte der gesamten Radioaktivität an. Nach sieben Tagen wird der Anteil dieser Stoffgruppe mit zunehmender Entfernung der Pflanzenteile vom begasten Blatt geringer. In der Wurzel fällt die hohe  $^{14}\text{C}$ -Aktivität in der zum begasten Blatt gehörenden Nebenwurzel  $\text{Wa}_3$  auf.

#### *Wiesenkerbel*

Die Verteilung der  $^{14}\text{C}$ -Aktivität auf die Kohlenhydratfraktionen des Zellinhaltes der Wiesenkerbelpflanzen ist in den Abbildungen 4 und 5 für den Entwicklungsabschnitt während der Sproßstreckung und der Blüte dargestellt.

Zur Zeit der Sproßstreckung finden sich im Sproß einen Tag nach  $^{14}\text{CO}_2$ -Behandlung hohe Anteile der  $^{14}\text{C}$ -Gesamtaktivität in der Stärkefraktion (Abb. 4). Nach sieben Tagen ergibt sich ein ähnliches Bild. In der Wurzel ist einen und sieben Tage nach der Begasung nur eine vergleichsweise geringe  $^{14}\text{C}$ -Aktivität zu finden, diese ausschließlich in der Stärkefraktion.

Während der Blüte (Abb. 5) wird ein differenziertes Bild in der Verteilung der  $^{14}\text{C}$ -Assimilate sichtbar. Im Stengel und in den Blättern  $\text{Ba}_1$  und  $\text{Ba}_2$  sind hohe  $^{14}\text{C}$ -Stärkeanteile, in den Blüten ( $\text{Ba}_3$ ) höhere Anteile an  $^{14}\text{C}$ -Mono- und Disacchariden vorhanden. Sechs Tage später sind die  $^{14}\text{C}$ -Mono- und Disaccharidanteile in den Blüten  $\text{Bb}_3$  und  $\text{Bb}_4$  zurückgegangen, während sie im Stengel zunahm (Bb 2).

<sup>1</sup> 2(4'-t-Butylphenyl)-5-(4''-biphenyl)-1,3,4-oxadiazol.

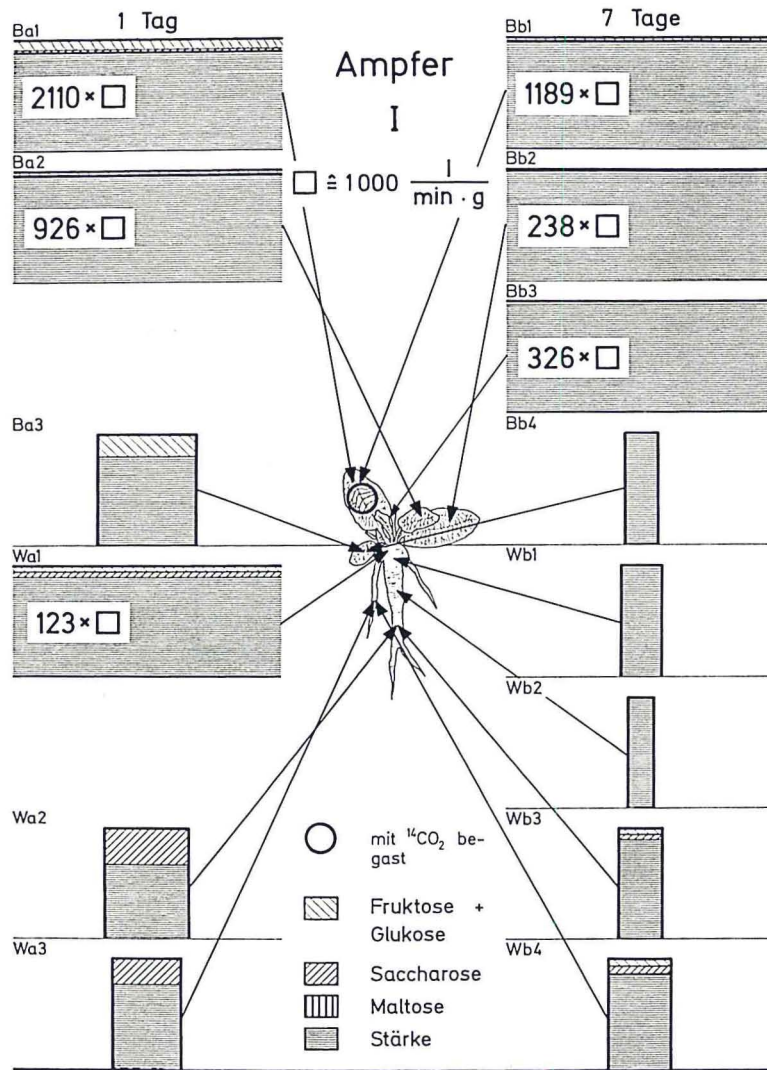


Abb. 2. I Rosettenstadium. Verteilung von  $^{14}\text{C}$ -Monosacchariden, -Disacchariden und -Stärke einen und sieben Tage nach  $^{14}\text{CO}_2$ -Begasung in verschiedenen Wachstumsstadien von Stumpfblättrigem Ampfer (*Rumex obtusifolius*)

Fig. 2. I Rosette Stage. Distribution of  $^{14}\text{C}$  monosaccharides, disaccharides and starch, one and seven days after  $^{14}\text{CO}_2$  treatment at different growth stages in broad leaved dock (*Rumex obtusifolius*)

### Bärenklau

Am Beispiel der Rosettenbildung und der Samenreife, in der sich wieder neue Blätter bilden, werden zwei Entwicklungsstadien aufgezeigt, in denen eine Bekämpfung von Bärenklau mit systemischen Herbiziden erfolgversprechend zu sein scheint (IMHOFF und KÜHBAUCH 1980).

Zum Zeitpunkt der Rosettenbildung leiten die Bärenklaupflanzen einen Tag nach Begasung relativ wenig  $^{14}\text{C}$ -Assimilate in den Sproß (Abb. 6 Ba<sub>2</sub> Ba<sub>3</sub>). Es sind jedoch erhebliche Mengen an  $^{14}\text{C}$ -Mono- und -Disacchariden in den Pflanzenteilen Ba<sub>2</sub> und Ba<sub>3</sub> vorhanden. Nach weiteren sechs Tagen nimmt dieser Zuckeranteil im Sproß stark ab. In der Wurzel findet vom Wurzelkopf zu den Wurzelspitzen hin eine recht deutliche Abnahme der  $^{14}\text{C}$ -Gesamtaktivität

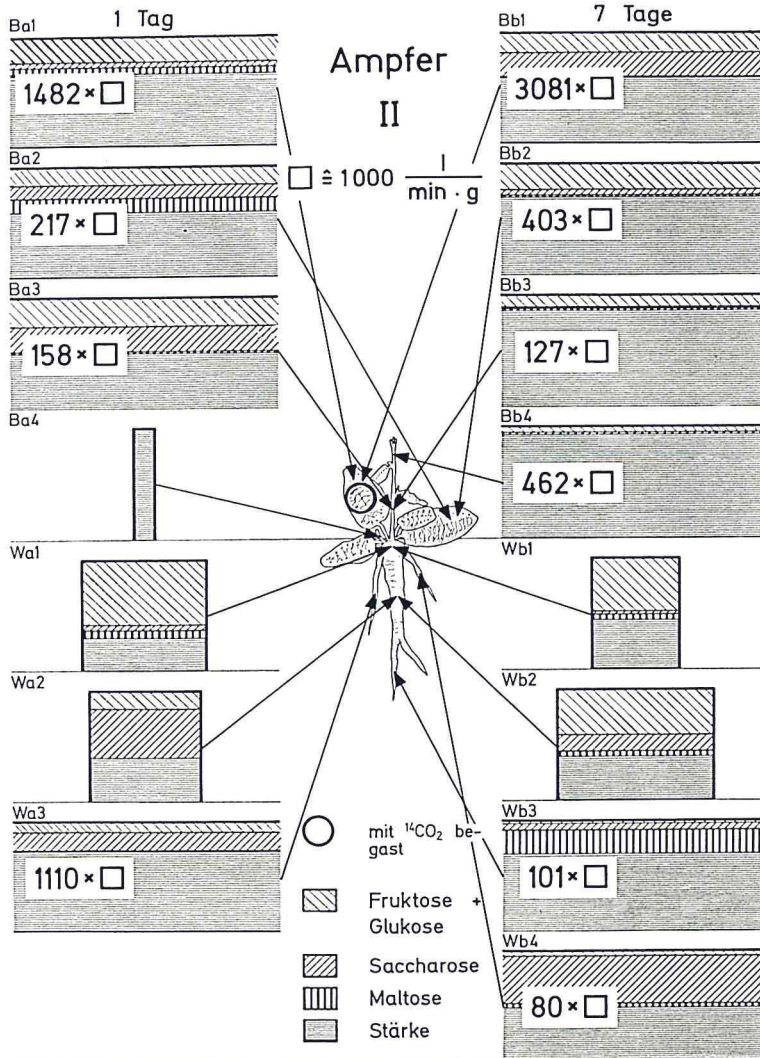


Abb. 3. II Stengelwachstum. Verteilung von  $^{14}\text{C}$ -Monosacchariden, -Disacchariden und -Stärke einen und sieben Tage nach  $^{14}\text{CO}_2$ -Begasung in verschiedenen Wachstumsstadien von Stumpfblättrigem Ampfer (*Rumex obtusifolius* L.)

Fig. 3. II Stem Growth. Distribution of  $^{14}\text{C}$  monosaccharides, disaccharides and starch, one and seven days after  $^{14}\text{CO}_2$  treatment at different growth stages in broad leaved dock (*Rumex obtusifolius*)

(von  $Wa_2$  nach  $Wa_5$ ) statt. Der Anteil der Disaccharide steigt auf weit über die Hälfte an ( $Wa_3$  und  $Wa_4$ ). Sieben Tage nach Begasung findet sich in der Wurzel in den Abschnitten Wb 1—3 eine hohe  $^{14}C$ -Aktivität, die von den Mono- und Disacchariden stammt, in Wb 4 und 5 erscheint die  $^{14}C$ -Aktivität ausschließlich in der Stärkefraktion.

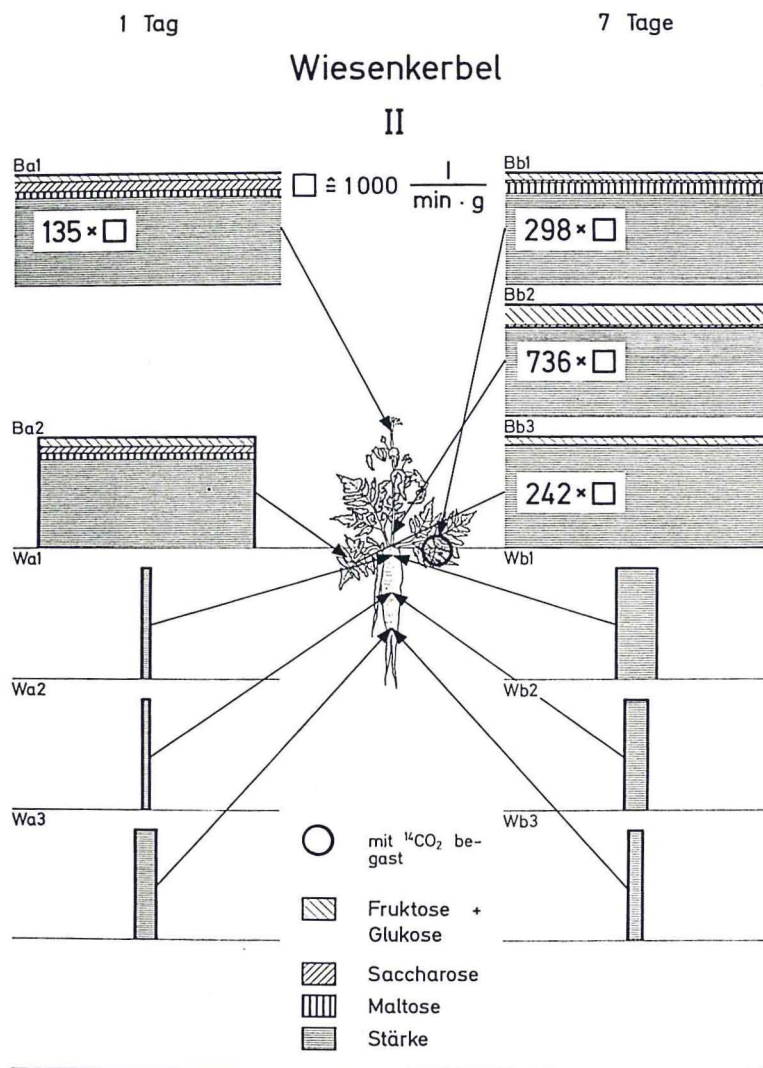


Abb. 4. II Stengelwachstum. Verteilung von  $^{14}C$ -Monosacchariden, -Disacchariden und -Stärke einen und sieben Tage nach  $^{14}CO_2$ -Begasung in verschiedenen Wachstumsstadien von Wiesenerkerbel (*Anthriscus silvestris*)

Fig. 4. II Stem Growth. Distribution of  $^{14}C$  monosaccharides, disaccharides and starch, one and seven days after  $^{14}CO_2$  treatment at different growth stages in wild chervil (*Anthriscus silvestris*)



Nach  $^{14}\text{CO}_2$ -Begasung während der Samenreife erscheinen einen Tag nach der Behandlung zum Teil über 50 % der Gesamtaktivität in den Mono- und Disacchariden (Ba 3 und Ba 4). Sieben Tage nach Behandlung kann praktisch nur noch in der Stärkefraktion  $^{14}\text{C}$ -Aktivität aufgefunden werden (Abb. 7). In der Wurzel ist ebenfalls eine Verringerung des sehr hohen Mono- und Disaccharidanteils, bei hoher Gesamtimpulsrate, festzustellen. Am siebenten

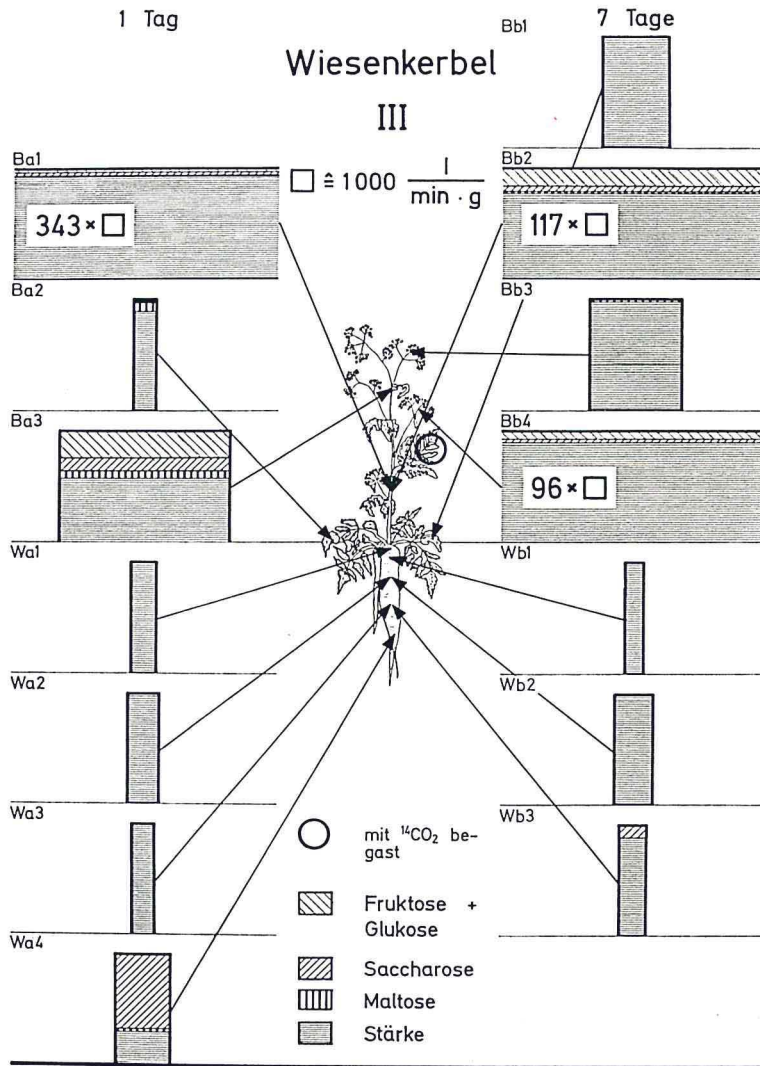


Abb. 5. III In der Blüte. Verteilung von  $^{14}\text{C}$ -Monosacchariden, -Disacchariden und -Stärke einen und sieben Tage nach  $^{14}\text{CO}_2$ -Begasung in verschiedenen Wachstumsstadien von Wiesenerkel (*Anthriscus silvestris*)

Fig. 5. III In flower. Distribution of  $^{14}\text{C}$  monosaccharides, disaccharides and starch, one and seven days after  $^{14}\text{CO}_2$  treatment at different growth stages in wild chervil (*Anthriscus silvestris*)

Tag stammt die in der Wurzel gemessene Radioaktivität zum größten Teil von der Stärkefraktion.

#### IV. Diskussion

Wenn in einem Wuchsstadium einer Pflanzenart hohe  $^{14}\text{C}$ -Mono- und Disaccharidaktivitäten vorhanden sind, so läßt dies auf ein „Source to sink“-

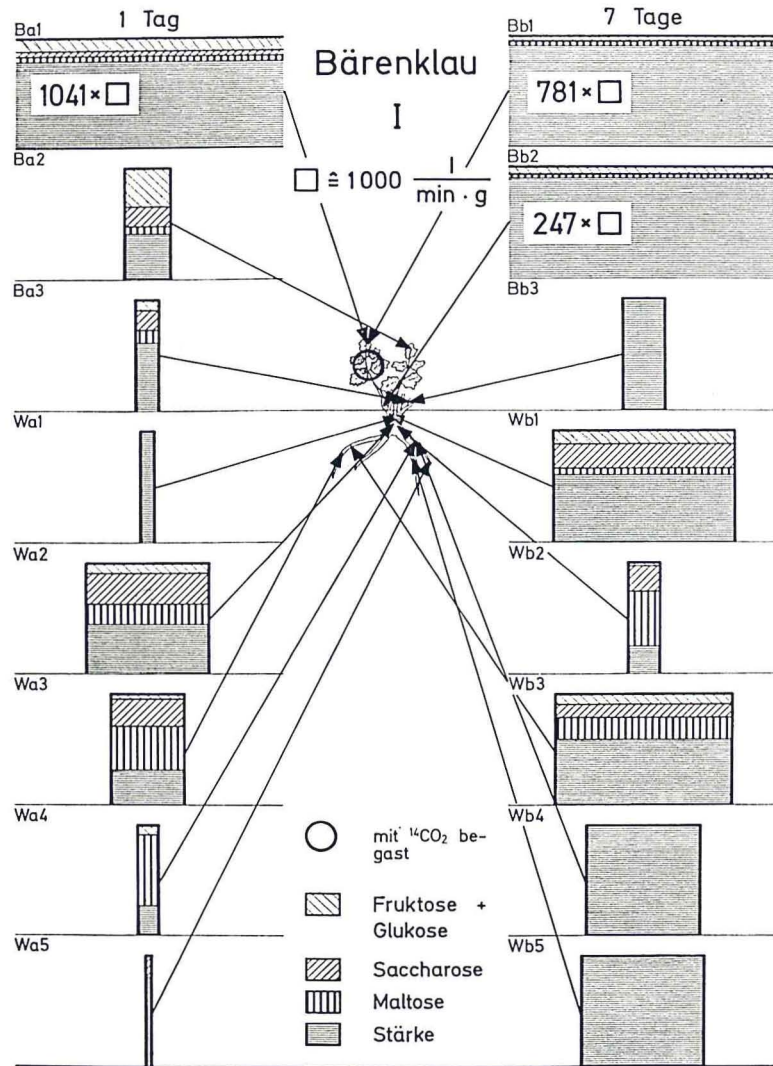


Abb. 6. I Rosettenstadium. Verteilung von  $^{14}\text{C}$ -Monosacchariden, -Disacchariden und -Stärke einen und sieben Tage nach  $^{14}\text{CO}_2$ -Begasung in verschiedenen Wachstumsstadien von Bärenklau (*Heracleum sphondylium*)

Fig. 6. I Rosette stage. Distribution of  $^{14}\text{C}$  monosaccharides, disaccharides and starch, one and seven days after  $^{14}\text{CO}_2$  treatment at different growth stages in cow parsnip (*Heracleum sphondylium*)

Gefälle (d. h. vom Ort der Entstehung zum Ort des Verbrauchers oder der Lagerung) schließen. Assimilationsstärke stellt dagegen das erste nachweisbare Assimilationsprodukt dar (KINDL und WÖBER 1975).

Um die Produkte der Assimilation an die Stellen des Verbrauches oder an die Stellen der Speicherung bringen zu können, muß die Pflanze sie in Mono-

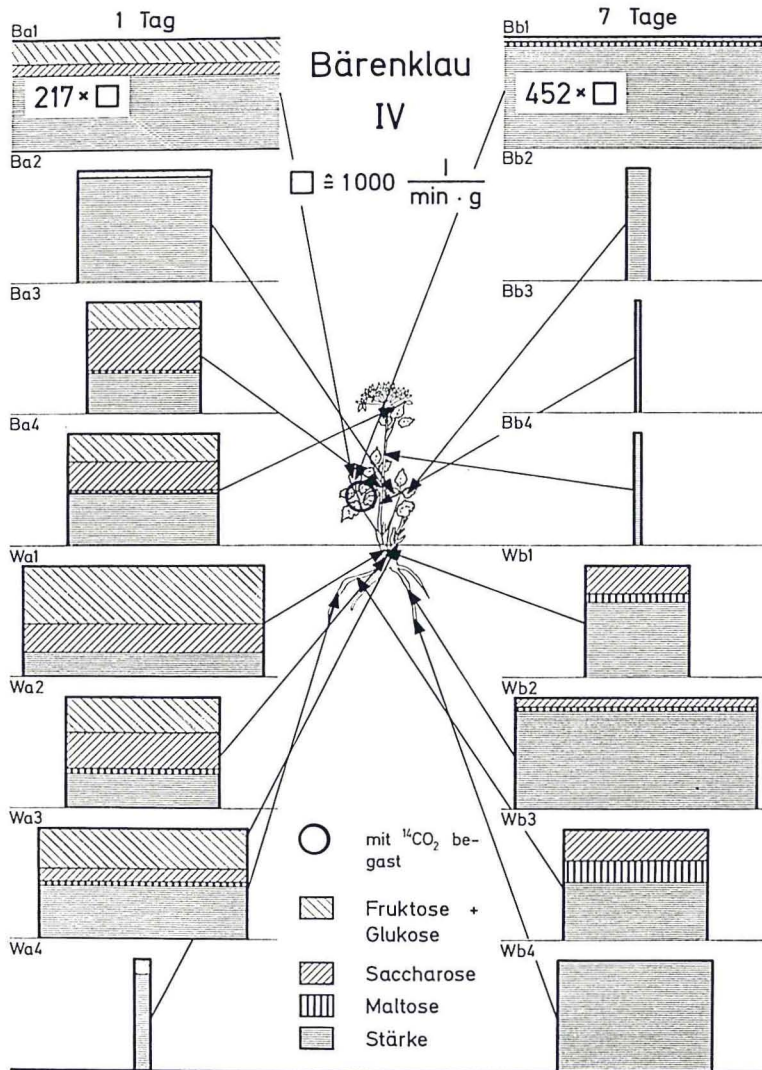


Abb. 7. IV In der Samenreife. Verteilung von  $^{14}\text{C}$ -Monosacchariden, -Disacchariden und -Stärke einen und sieben Tage nach  $^{14}\text{CO}_2$ -Begasung in verschiedenen Wachstumsstadien von Bärenklau (*Heracleum sphondylium*)

Fig. 7. IV. At seed ripening. Distribution of  $^{14}\text{C}$  monosaccharides, disaccharides and starch, one and seven days after  $^{14}\text{CO}_2$  treatment at different growth stages in cow parsnip (*Heracleum sphondylium*)

saccharide und dann in Saccharose umwandeln, weil bekanntlich fast ausschließlich Saccharose im Phloem transportiert wird. Die Saccharose wird an die „sinks“ entweder direkt zur Energiegewinnung transportiert oder zu Reservestärke in den Amyloplasten umgebaut. Dabei entstehen vor der Polymerisierung Monosaccharide und, je nach Pflanzenart, auch Maltose. Ein weiteres Auftreten von  $^{14}\text{C}$ -Mono- und Disacchariden ist nach dem Abbau von  $^{14}\text{C}$ -Reservestärke denkbar. Dieser Vorgang dürfte in unseren Untersuchungen, die nach ein und sieben Tagen Einwirkdauer durchgeführt wurden, nur eine geringe Bedeutung haben.

Es könnte also möglich sein, anhand der Mono- und Disaccharidproduktion und des Transports der Saccharose in die Wurzel auf Größe und Richtung des Assimilatestroms zu schließen. Aus arbeitstechnischen Gründen wurden nur ausgewählte Teile der Pflanzen untersucht. Es kann daher keine quantitative Beziehung, z. B. zwischen den in den Sproß und den in die Wurzel transportierten  $^{14}\text{C}$ -Assimilaten, hergestellt werden.

In der Literatur sind keine direkt vergleichbaren Untersuchungen mit  $^{14}\text{C}$ -markierten Assimilaten in den drei Unkräutern Ampfer, Bärenklau und Wiesenkerbel vorhanden. Es wurden aber von VOIGTLÄNDER et al. (1976) Angaben über die Kohlenhydratgehalte in den verschiedenen Wuchsstadien von Stumpfblättrigem Ampfer veröffentlicht. KÜHBAUCH et al. (1976) berichteten über die Kohlenhydratgehalte in den verschiedenen Wuchsstadien von Bärenklau und Wiesenkerbel. Insbesondere die Zunahme der Stärkegehalte des Wurzelsystems dieser Unkräuter ist als ein wichtiges Indiz für einen basipetalen Assimilatestrom zu werten.

#### *Stumpfblättriger Ampfer*

An den hier gezeigten Ergebnissen fällt auf, daß im ersten Stadium (Abb. 2) nur geringe  $^{14}\text{C}$ -Aktivität in den Mono- und Disacchariden am ersten Tag, noch weniger am siebenten Tag nach der  $^{14}\text{C}$ -Behandlung vorhanden sind. Im zweiten Stadium (Abb. 3) dagegen lassen die hohen  $^{14}\text{C}$ -Zuckeranteile an der Gesamtradioaktivität auf einen regen Umbau und Transport von Kohlenhydraten schließen. In diesem Stadium fanden sich  $^{14}\text{C}$ -Zucker im Sproß und besonders in der Wurzel zu beiden Untersuchungsterminen. Dies läßt auf einen zur Zeit der Sproßstreckung in die Wurzeln gerichteten Assimilatestrom schließen.

VOIGTLÄNDER et al. (1976) fanden, daß in dem Zeitraum vom Beginn des Stengelwachstums bis zur Hauptblüte des Stumpfblättrigen Ampfers die Stärkegehalte in der Wurzel am stärksten innerhalb der gesamten Vegetationsperiode ansteigen. Übereinstimmend damit zeigen auch die hier geschilderten Ergebnisse zur Zeit des Stengelwachstums den stärksten basipetalen Assimilatestrom. IMHOFF und VOIGTLÄNDER (1979) fanden ebenfalls im zweiten Stadium die stärkste basipetale Translokation. Nur zeigte sich im Vergleich mit den Bekämpfungsversuchen, daß zu diesem Zeitpunkt die Ampferpflanzen trotzdem nur wenig empfindlich gegenüber systemischen Herbiziden reagierten. Die basipetale Translokation scheint also nicht immer die einzige Voraussetzung für eine wirksame Bekämpfung von Unkräutern zu sein.

### Wiesenkerbel

In den hier gezeigten Ergebnissen ist während der Streckungsphase des Wiesenkerbelsprozesses nur noch eine geringe Radioaktivität in der Zuckerfraktion vorhanden. Dies deckt sich mit den Beobachtungen von KÜHBAUCH et al. (1976), die im Wiesenkerbel in der entsprechenden Entwicklungsphase keinen wesentlichen basipetalen Assimilatestrom beobachteten. Auch zur Zeit der Blüte waren bis auf wenige Ausnahmen nur geringe Anteile der  $^{14}\text{C}$ -Aktivität in den Zuckerfraktionen vorhanden. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß das begaste Blatt in den für diesen Wachstumsabschnitt verwendeten Pflanzen zu hoch am Stengel inseriert war, was nach MÜLLER (1976) einen wesentlichen Einfluß auf die Translokation der dort synthetisierten Assimilate ausübt. Insgesamt waren im Wiesenkerbel während der verschiedenen Wuchsabschnitte geringere Schwankungen im Gehalt an löslichen,  $^{14}\text{C}$ -markierten Zuckern vorhanden als im Ampfer. Auch unsere Untersuchungen zur Verteilung der gesamten  $^{14}\text{C}$ -Aktivität in Sproß und Wurzel bestätigten, daß im Ampfer wesentlich stärkere Schwankungen in der Assimilatetranslokation von einem zum anderen Wachstumsabschnitt stattfinden als im Wiesenkerbel (IMHOFF und VOIGTLÄNDER 1979, IMHOFF und KÜHBAUCH 1980).

### Bärenklau

Während der vegetativen Entwicklung im Frühjahr fanden wir in Sproß und Wurzel hohe Anteile an  $^{14}\text{C}$ -Zuckern. KÜHBAUCH et al. (1976) stellten während der vegetativen Entwicklung von Bärenklaupflanzen im Wurzelsystem einen kräftigen Anstieg der Stärkekonzentration fest, die sich — mit kurzer Stagnation während des intensiven Stengelwachstums — bis zum Ende der Blüte fortsetzt, um bis zum Stadium der Samenreife wieder deutlich abzufallen. Bemerkenswert ist, daß der Rückgang der Stärkekonzentration in der Wurzel von Bärenklau mit einer deutlichen Zunahme der Wurzelmasse verbunden war, die Assimilate also nicht nur zur Reservestoffbildung, sondern auch für das Wurzelwachstum verbraucht wurden.

Auf diesen Umstand weisen auch unsere Untersuchungen mit den  $^{14}\text{C}$ -Kohlenhydratfraktionen hin. So ist in einem vergleichbaren Stadium der Samenreife einen Tag nach  $^{14}\text{CO}_2$ -Begasung die  $^{14}\text{C}$ -Aktivität in den löslichen Zuckerfraktionen hoch, sieben Tage nachher ist dieser Anteil vergleichsweise gering. Tatsächlich ergab die Verteilung der gesamten  $^{14}\text{C}$ -Menge auf Sproß bzw. Wurzel (IMHOFF und KÜHBAUCH 1980) sowie die Verteilung der relativen Impulsraten in der Pflanze (KÜHBAUCH et al. 1975) einen deutlichen Hinweis auf den in die Wurzel gerichteten Assimilatefluß zur Zeit der Samenreife.

### Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde anhand der Verteilung der  $^{14}\text{C}$ -Assimilate in  $^{14}\text{CO}_2$ -begasteten Pflanzen für Stumpfbältrigen Ampfer (*Rumex obtusifolius* L.), Wiesenkerbel (*Anthriscus silvestris* L. Hoffmann) und Bärenklau (*Hera-*

*cleum sphondylium* L.) versucht, eine Entscheidungshilfe für die erfolgversprechende Anwendung von Herbiziden zu erhalten.

Ausgangspunkt dieses Versuches war die Beobachtung, daß Wuchsstoffherbizide ebenso wie das häufig gegen Ampfer eingesetzte „Asulam“ überwiegend mit dem Phloemstrom in der Pflanze transportiert werden und hohe Anteile von Mono- und Disacchariden an der Gesamtfraction der Nichtstrukturkohlenhydrate auf eine Umlagerung oder den Verbrauch von Assimilaten in der Pflanze schließen lassen. Folgende Ergebnisse können zusammengefaßt werden:

#### *Ampfer*

Zur Zeit der Sproßstreckung macht der Anteil der  $^{14}\text{C}$ -Mono- und Disaccharidfraction unmittelbar nach  $^{14}\text{CO}_2$ -Begasung im Sproß- bzw. Wurzelteil der Pflanze zum Teil mehr als 50 % der Gesamtzucker aus. Die hohe Konzentration an Mono- und Disacchariden hängt offenbar mit einer in diesem Wachstumsstadium beschleunigten Stärkeeinlagerung in das Wurzelsystem zusammen. Es trifft jedoch nicht zu, daß dadurch zugleich die Empfindlichkeit des Ampfers gegenüber systemischen Herbiziden erhöht wird. Die basipetale Translokation von Assimilaten scheint demnach nicht die einzige Voraussetzung für eine wirksame Bekämpfung dieser Unkrautart zu sein.

#### *Wiesenkerbel*

In allen Wachstumsabschnitten sind nur geringe Anteile der Gesamtaktivität in der  $^{14}\text{C}$ -Mono- und Disaccharidfraction vorhanden. Zur Zeit der Blüte, in der die Herbizidanwendung empfohlen werden kann, bringt die Zusammensetzung der  $^{14}\text{C}$ -Kohlenhydratfraction keine zusätzliche oder bessere Erklärung für die Herbizidempfindlichkeit der Pflanze in diesem Wachstumsstadium. Die Versuchsergebnisse wurden dadurch beeinträchtigt, daß zum Zeitpunkt der Blüte keine grundständige Rosette gebildet wird und die  $^{14}\text{C}$ -Applikation in einem am Sproß höher inserierten Blatt erfolgen mußte.

#### *Bärenklau*

In den Wurzeln der Bärenklaupflanzen erscheinen zur Zeit der Samenreife, in der sich neue grundständige Blätter bilden, unmittelbar nach  $^{14}\text{CO}_2$ -Begasung die überwiegenden Anteile der  $^{14}\text{C}$ -Aktivität in den Mono- und Disacchariden. Nach sieben Tagen befinden sich die größeren Anteile der  $^{14}\text{C}$ -Menge in der Stärkefraction der Wurzeln. Die angenommene enge Beziehung zwischen dem Transport von Herbiziden im Assimilatestrom und der tatsächlichen Herbizidempfindlichkeit von Bärenklau findet durch diese Ergebnisse eine zusätzliche Erklärung.

### Summary

Distribution of  $^{14}\text{C}$ -Activity after  $^{14}\text{CO}_2$  Application  
on the Non Structural Carbohydrate in Broad leaved Dock  
(*Rumex obtusifolius* L.), Wild Chervil (*Anthriscus silvestris* cv Hoffmann)  
and Cow Parsnip (*Heracleum sphondylium* L.), at Different Growth Stages

In the present work the distribution of  $^{14}\text{C}$  assimilates in  $^{14}\text{C}_2$  treated broad leaved dock (*Rumex obtusifolius* L.), wild chervil (*Anthriscus silvestris* L. Hoffmann) and cow parsnip (*Heracleum sphondylium* L.) was used to test and provide guidance on the successful utilization of herbicides.

The starting point of this experiment was the observation that herbicides are transported mainly in the phloem stream as is the case with "Asulam" which is often used to control broad leaved dock. From the high fractions of mono- and disaccharides of the tested fractions of non structural carbohydrate it may be concluded that the assimilates in the plant are used up or shifted. The following results may be summarised:

#### *Broad Leaved Dock*

At the time of sprouting the fraction of  $^{14}\text{C}$  mono- and disaccharides immediately after treatment with  $^{14}\text{CO}_2$ , in the roots and shoot parts of the plant sometimes makes up more than 50 % of the total sugars. The high concentration of mono- and disaccharides relates obviously with an accelerated starch accumulation at this stage of growth in the root system. However, it was not shown to be the case that the sensitivity of broad leaved dock towards systemic herbicides increases at the same time. The basipetal translocation of assimilates does not seem to be the only prerequisite for an effective attack on this type of weed.

#### *Wild Chervil*

At all growth stages only on small fraction of the  $^{14}\text{C}$  is present in the mono- and disaccharide fractions. At the time of flowering when the use of herbicides can be recommended, the composition of the  $^{14}\text{C}$  carbohydrate fraction does not give an addition or better explanation for the sensitivity of the plants towards herbicides at this stage of growth. The experimental results were influenced by the fact that at the time of flowering no basic rosette had been formed and the  $^{14}\text{C}$  application had to be applied at a higher inserted leaf on the shoot.

#### *Cow Parsnip*

The main fraction of  $^{14}\text{C}$  activity in mono- and disaccharide immediately after  $^{14}\text{CO}_2$  application occurs in the roots of cow parsnip at the time of seed ripening when new basic leaves are formed. After seven days the major fractions of the  $^{14}\text{C}$  applied occur in the starch fraction of the root. The assumed close relationship between the transport of herbicides in the assimilate stream and the actual herbicide sensitivity of cow parsnip is additionally explained by these results.

## Literaturverzeichnis

- IMHOFF, H., und G. VOIGTLÄNDER, 1979: Bewegungsrichtung und Verteilung von  $^{14}\text{C}$ -Assimilaten in Sproß und Wurzeln von *Rumex obtusifolius* L. und *Polygonum bistorta* L. als Indikatoren für eine termingerechte Herbizidanwendung. Z. Acker- und Pflanzenbau 148, 418—429.
- —, und W. KÜHBAUCH, 1980: Die Verteilung von  $^{14}\text{C}$ -Assimilaten in Wiesenkerbel (*Anthriscus silvestris* L.) und Bärenklau (*Heracleum sphondylium* L.) in verschiedenen Entwicklungsstadien und Termine für eine wirkungsvolle Herbizidanwendung. Z. Acker- und Pflanzenbau 149, 35—45.
- KINDL, M., und G. WÖBER, 1975: Biochemie der Pflanzen. Springer-Verlag, Berlin.
- KÜHBAUCH, W., A. SÜSS und V. LANG, 1975: Wanderung von  $^{14}\text{C}$ -Assimilaten und  $^{14}\text{C}$ -Herbiziden in Bärenklaupflanzen (*Heracleum sphondylium*). Angew. Bot. 49, 253—262.
- —, V. LANG, G. VOIGTLÄNDER und H. IMHOFF, 1976: Zum Reservestoffwechsel von Bärenklau (*Heracleum sphondylium*) und Wiesenkerbel (*Anthriscus silvestris*). Z. Acker- und Pflanzenbau 143, 294—303.
- MÜLLER, F., 1969: Zusammenhänge zwischen Entwicklungsalter, Kohlenhydrathaushalt und Transport von  $^{14}\text{C}$ -MCPA bei einigen mehrjährigen Pflanzen. Z. Pflanzenkrankh. 76, 473—483.
- —, 1972: Verteilung von  $^{14}\text{C}$ -markiertem MCPA in verschiedenen Entwicklungsstadien einiger mehrjähriger Umbelliferen. Z. Pflanzenkrankh. 79, 453—462.
- VOIGTLÄNDER, G., V. LANG und W. KÜHBAUCH, 1976: Zum Reservestoffwechsel des Stumpfblättrigen Ampfers (*Rumex obtusifolius*) und des Wiesenknöterichs (*Polygonum bistorta*). Landw. Forschg. 29, 109—117.

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. W. KÜHBAUCH, Gesamthochschule Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, D-3430 Witzenhausen. Apotheker Dr. H. IMHOFF und Prof. Dr. G. VOIGTLÄNDER, Lehrstuhl für Grünlandlehre der Technischen Universität München, D-8050 Freising-Weihenstephan.