

Sonderdruck aus „Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau“

[Z. Acker- u. Pflanzenbau (J. Agronomy & Crop Science) 143, 294—303, 1976]

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*

**Zum Reservestoffwechsel von Bärenklau
(*Heracleum sphondylium* L.)
und Wiesenkerbel (*Anthriscus silvestris* (L.) Hoffm.)**

Von

W. KÜHBAUCH, V. LANG, G. VOIGTLÄNDER und H. IMHOFF

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

**Zum Reservestoffwechsel von Bärenklau
(*Heracleum sphondylium* L.)
und Wiesenkerbel (*Anthriscus silvestris* (L.) Hoffm.)**

Von

W. KÜHBAUCH, V. LANG, G. VOIGTLÄNDER und H. IMHOFF

Mit 5 Abbildungen und 4 Tabellen

Eingegangen am 15. Juli 1976

I. Einleitung

Bärenklau und Wiesenkerbel gehören zu den mehrjährigen Unkräutern des Dauergrünlandes. Beide Unkrautarten sind wegen ihrer umfangreichen Wurzelbildung auch heute noch schwer zu bekämpfen. Mit systemischen Mitteln auf der Basis von Phenoxyverbindungen können bei geeignetem Anwendungszeitpunkt Erfolge erzielt werden. Da diese Wuchsstoffpräparate in der Pflanze mit dem Phloemstrom transportiert werden, hängt der Erfolg der chemischen Bekämpfung von der Intensität und der Richtung des Saftstromes ab, mit dem Assimilate in die Reserveorgane eingelagert bzw. als Reservestoffe ausgelagert werden (MÜLLER 1969, 1972). Die vorliegende Arbeit befaßt sich deshalb mit den Veränderungen des Monosaccharid-, Disaccharid- und Stärkegehaltes in Wurzeln und Sproß von *Heracleum sphondylium* und *Anthriscus silvestris* zur Bestimmung des optimalen Bekämpfungszeitpunktes.

II. Material und Methoden

Um die Pfahlwurzeln gänzlich der Erde entnehmen zu können, wurden die Versuchspflanzen in Plastikeimern (Inhalt 10 l) herangezogen. Die mit Krumenerde gefüllten Eimer wurden im Freiland bis zum Rand ins Erdreich versenkt. Die Entwicklung der Versuchspflanzen unterschied sich kaum von Pflanzen eines natürlichen Standortes. Die Anzucht erfolgte aus im Freiland gesammelten Keimpflanzen. Eingepflanzt wurde am 20. April 1972. Die Grunddüngung betrug 1,5 g K₂O bzw. 1,0 g P₂O₅/Topf und Jahr. Nach jeder Probenahme wurde 0,25 g N

gedüngt. Die möglichst gleichmäßige Verteilung der N-Gaben sollte einen unterschiedlichen Einfluß der N-Düngung auf die Kohlenhydratgehalte der einzelnen Proben ausschalten. Bei der Probenahme wurden die Pflanzen jeweils aus zwei Eimern entnommen und der Monosaccharid-, Disaccharid- und Stärkegehalt von Wurzeln und Sproß bestimmt.

Die quantitative Zuckerbestimmung erfolgte nach einem von KÜHBAUCH (1973) beschriebenen Verfahren, in Anlehnung an die kolorimetrische Zuckerbestimmung von NELSON (1944) und SOMOGYI (1952). Aufgrund von Vorversuchen mit heißen und kalten wäßrigen Lösungen verschiedener Alkoholkonzentration wurden die Zucker aus der gefriergetrockneten Pflanzensubstanz mit 80%igem Äthanol (Raumtemperatur) extrahiert. Der Stärkegehalt des Extraktionsrückstandes wurde nach MCCREADY et al. (1950) und LOEWUS (1952) bestimmt. Sämtliche Gehalte wurden als Glucose berechnet.

III. Ergebnisse

1. *Entwicklung der Pflanzen*

Der Bärenklau ist eine mehrjährige Pflanze. Die Keimung erfolgt im zeitigen Frühjahr. Nach unseren Beobachtungen entwickelte sich der Bärenklau im ersten Jahr nach der Keimung nur vegetativ bei gleichzeitigem Aufbau des Wurzelstockes. Im zweiten Jahr bildeten sich im Falle ungestörten Wachstums ab Mitte Juni ein bis zwei Blütentriebe je Wurzelstock. Der Wachstumsbeginn der Blattrosette lag deutlich vor dem der Gräser. Der Wurzelstock des Bärenklaues blieb im dritten Jahr erhalten und bildete abermals Blütentriebe aus.

Der Wiesenkerbel wuchs im ersten Jahr ebenfalls nur vegetativ. Aus einer Keimpflanze entstand ein verzweigter Wurzelstock mit sechs bis acht Blattrosetten. Im zweiten Jahr entwickelten sich ab Mitte April 10 bis 15 Blütentriebe je Wurzelstock. Nach unseren Beobachtungen ist der Wiesenkerbel bei ungestörtem Wachstum keine mehrjährige Pflanze. Die Hauptwurzel starb nach der Blüte ab; aus ihr wurden Ableger gebildet. Diese Ableger blühten im dritten Jahr. Eine weitere Bildung von Ablegern kam dann kaum noch zustande, so daß die Pflanzen im dritten Jahr allmählich abstarben. Unter Schnittnutzung (zwei- bis sechsmal) blieb dagegen die ursprüngliche Pfahlwurzel auch im dritten Jahr erhalten und bildete Blütentriebe aus.

2. *Reservestoffwechsel bei ungestörtem Wachstum*

In den Abbildungen 1 und 2 sind die Monosaccharid-, Disaccharid- und Stärkegehalte von Bärenklau in Wurzeln und Sproß in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium dargestellt; Tabelle 1 enthält die wichtigsten Angaben zu den Entwicklungsstadien. Im ersten Jahr wurde der Wurzelstock aufgebaut, was an der ständigen Zunahme des Wurzelgewichtes zu verfolgen war. Die größte Einlagerung scheint im August erfolgt zu sein, da die höchsten Gehalte an Saccharose am 23. August und 14 Tage später die höchsten Stärkegehalte in den Wurzeln gefunden wurden. Mittels Dünnschichtchromatographie konnte gezeigt werden, daß der Transportzucker Saccharose neben geringen Mengen Maltose den größten Teil der Disaccharide ausmachte. Während der Bildung der ersten Rosettenblätter begann aber sofort erneut die Einlagerung von Stärke. In dieser Zeit fanden wir die höchsten Monosaccharidgehalte im Sproß.

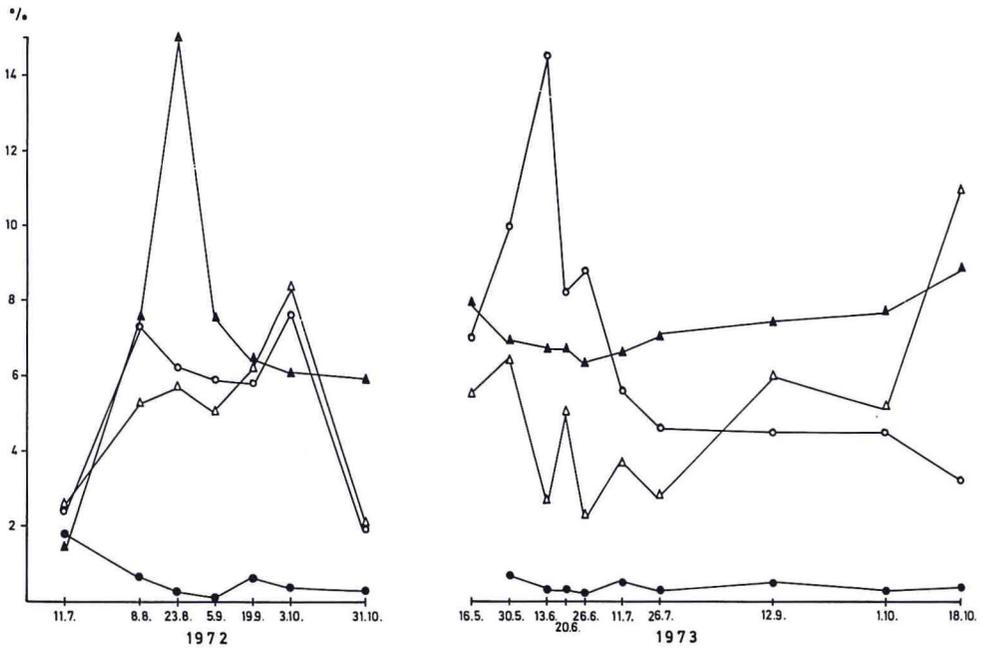


Abb. 1. Mono- (○, ●) und Disaccharide (△, ▲) in Wurzeln (●, ▲) und Sproß (○, △) von *Heracleum sphondylium* (als Glucose in % der Trm)
 Mono (○, ●) and disaccharide contents (△, ▲) in roots (●, ▲) and shoots (○, △) of *Heracleum sphondylium* (as glucose in % dm)

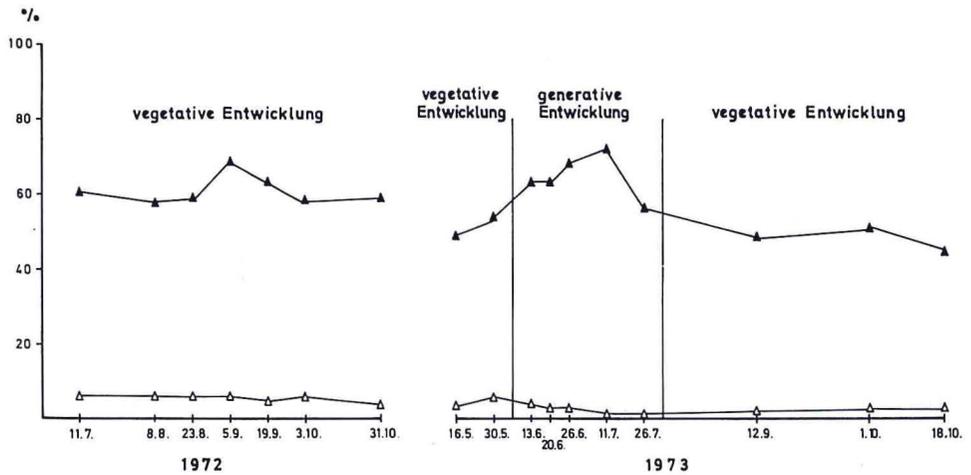


Abb. 2. Stärkegehalte in Wurzeln (▲) und Sproß (△) von *Heracleum sphondylium* (als Glucose in % der Trm)
 Starch content in roots (▲) and shoots (△) of *Heracleum sphondylium* (as glucose in % dm)

Tabelle 1 Erläuterungen zu den Abbildungen 1 und 2
Details of figures 1 and 2

Tag der Probenahme	Wuchshöhe der Sprosse (cm)	Sonstige Merkmale
20. 04. 72	Keimpflanzen in	die Versuchsgefäße eingepflanzt
11. 07. 72	-	vegetatives Wachstum
31. 10. 72	-	
30. 05. 73	-	vegetatives Wachstum
13. 06. 73	30 - 40	Blütentriebe erscheinen
20. 06. 73	100	Knospen sichtbar, aber noch grün und geschlossen
26. 06. 73	140	1. Dolde öffnet die Blüten
11. 07. 73	140	1. Dolde hat grüne Samen
26. 07. 73	140	Ende der Blüte, Samen grün, z. T. schon Endosperm sichtbar
12. 09. 73	-	Samen abgefallen, Blütentriebe vertrocknet, Neuaustrieb beginnt
01. 10. 73	-	vegetative Entwicklung
18. 10. 73	-	vegetative Entwicklung

In der zweiten Zeile muß es statt „vegetatives“ vegetatives Wachstum heißen.

Während der Blüte schien die Ableitung von Assimilaten in die Wurzeln zum Stillstand zu kommen. Nach der Blüte und während des Neuaustriebes nahm der Stärkegehalt in den Wurzeln wieder ab. Im weiteren Verlauf der vegetativen Entwicklung änderte sich der Stärkegehalt in den Wurzeln nur noch geringfügig, während die Gewichte der Trockenmasse in den Wurzeln laufend zunahm.

Im ersten Jahr verhielten sich die Kohlenhydratgehalte von Wiesenkerbel in Sproß und Wurzeln ganz ähnlich wie im Bärenklau (siehe Abb. 3 und 4). Über den Winter nahmen die Stärkegehalte in den Wurzeln ebenfalls ab. Der Abbau der Stärke setzte sich beim Wiesenkerbel jedoch bis zum Beginn der Blüte fort. Den überwiegenden Teil der Kohlenhydrate in den Wurzeln bildeten während dieser Zeit die Disaccharide.

Zu Beginn der Blüte fanden wir die höchsten Monosaccharidgehalte im Sproß. Gleichzeitig stiegen die Stärkegehalte in den Wurzeln sprunghaft an. Gegen Ende der Blüte kam die Einlagerung von Kohlenhydraten in die Wurzeln wieder zum Stillstand. Nach der Blüte bildete der Wiesenkerbel Ableger. Der Stärkegehalt der Ablegerwurzeln stieg bis Oktober laufend an, während die ursprüngliche Pfahlwurzel abstarb.

3. Reservestoffwechsel unter Schnittnutzung

Ein Teil der Versuchspflanzen wurde entsprechend einer Wiesen- bzw. Weidenutzung zwei- bzw. sechsmal geschnitten. Tabelle 3 zeigt die durchschnittlichen Stärkegehalte der einzelnen Behandlungen im September des zweiten Versuchsjahres. Häufige Schnittnutzung führte, wie bei anderen Grünlandpflanzen auch, zu einer Verringerung der Gehalte an Reservekohlenhydraten in den Speicherorganen.

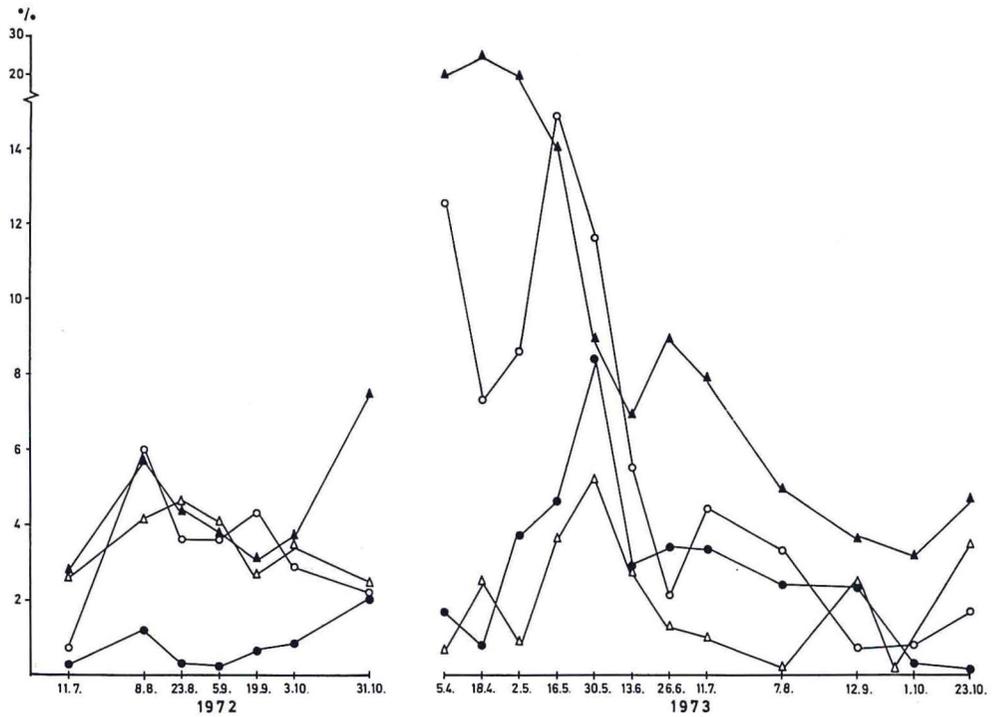


Abb. 3. Mono- (○ ●) und Disaccharide (△, ▲) in Wurzeln (●, ▲) und Sproß (○, △) von *Anthriscus silvestris* (als Glucose in % der Trm)
 Mono (○, ●) and disaccharide contents (▲, △) in roots (●, ▲) and shoots (○, △) of *Anthriscus silvestris* (as glucose in % dm)

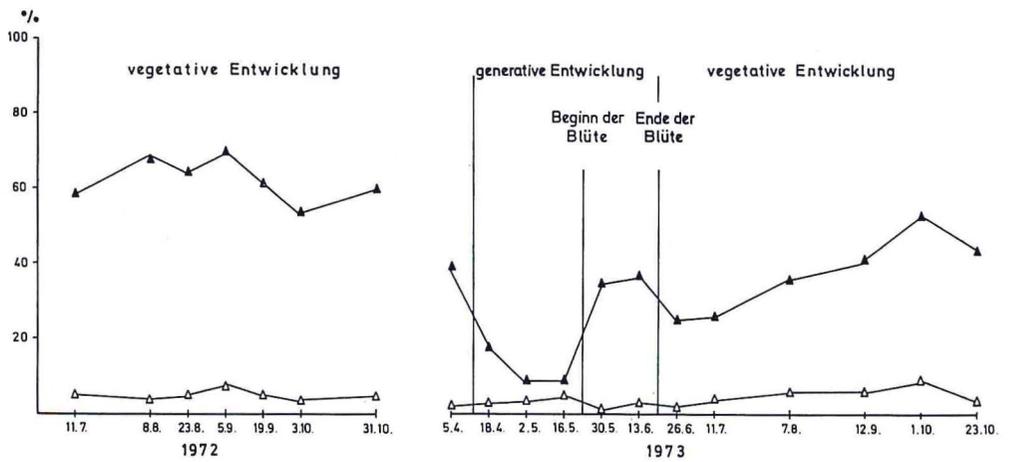


Abb. 4. Stärkegehalte in Wurzeln (▲) und Sproß (△) von *Anthriscus silvestris* (als Glucose in % der Trm)
 Starch content in the roots (▲) and tops (△) of *Anthriscus silvestris* (as glucose in % dm)

Tabelle 2 Erläuterungen zu den Abbildungen 3 und 4
Details of figures 3 and 4

Tag der Probenahme	Wuchshöhe des Blütensprosses (cm)	Sonstige Merkmale
20. 04. 72	Keimpflanzen in die Versuchsgefäße eingepflanzt	
11. 07. bis 31. 10. 72	-	vegetatives Wachstum
05. 04. 73	-	Rosettenstadium
18. 04. 73	-	erste Blütenanlagen werden sichtbar
02. 05. 73	15 - 20	Dolden noch geschlossen
16. 05. 73	80	Blüten sichtbar, noch geschlossen
30. 05. 73	100 - 200	in voller Blüte
13. 06. 73	-	Samen gebildet, werden bereits braun
26. 06. 73	-	Samen überwiegend reif
11. 07. 73	-	Samen abgefallen, am Grunde Neuaustrieb
07. 08. bis 23. 10. 73	-	vegetatives Wachstum

Tabelle 3 Durchschnittliche Stärkegehalte in Abhängigkeit von der Schnitthäufigkeit
(in Prozent der Trockenmasse)
Average starch content in relation to the frequency of cutting (in % of the dry matter)

Anzahl der Schnitte	Wiesenkerbel Pfahlwurzel	Bärenklau Pfahlwurzel
0	43,9	48,9
2	40,1	48,5
6	32,8	42,4

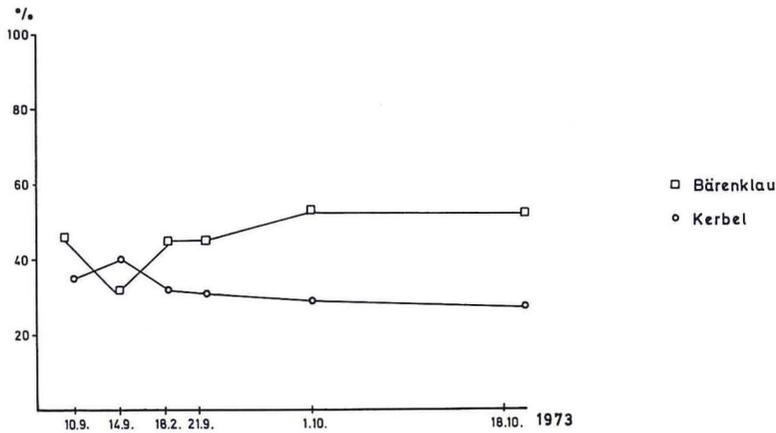


Abb. 5. Stärkegehalte in den Wurzeln von *Heracleum sphondylium* (□) und *Anthriscus silvestris* (○) nach dem fünften Schnitt (als Glucose in % der Trm)
Starch content in the roots of *Heracleum sphondylium* (□) and *Anthriscus silvestris* (○) after the 5th cut (as glucose in % dm)

Für die Herbizidanwendung wird häufig der Herbst als geeigneter Zeitpunkt angesehen. Wir verfolgten deshalb bei der sechsmaligen Nutzung die Stärkeeinlagerung nach dem fünften Schnitt (Abb. 5). Der Bärenklau erholte sich sehr rasch. Bereits nach acht Tagen waren Blätter gebildet und der Stärkegehalt der Wurzeln nahm wieder zu. Während des Oktobers ließ die Einlagerung jedoch deutlich nach. Der Wiesenkerbel erholte sich nach dem Schnitt nur noch sehr langsam; ein Anstieg der Stärkegehalte in den Wurzeln kam nach dem fünften Schnitt nicht mehr zustande.

Tabelle 4 Erläuterungen zu Abbildung 5
Details of figure 5

<u>Bärenklau</u>	
10. 09. 73	vegetatives Wachstum, 4 große Blätter
14. 09. 73	einige Knospen zeigen Wachstum
18. 09. 73	Blätter entfalten sich, noch klein
21. 09. 73	zwei kleine Blätter
01. 10. 73	zwei Blätter
18. 10. 73	4 - 5 Blätter
<u>Wiesenkerbel</u>	
10. 09. 73	vegetatives Wachstum, mittlere Wuchshöhe 15 cm
14. 09. 73	erste Knospen zeigen Wachstum
18. 09. 73	erste Blättchen gebildet
21. 09. 73	erste Blättchen gebildet
01. 10. 73	mittlere Wuchshöhe 10 cm
18. 10. 73	mittlere Wuchshöhe 15 cm

IV. Diskussion

Der Reservestoffwechsel von Bärenklau und Wiesenkerbel wurde in der vorliegenden Arbeit indirekt über die Bestimmung der Kohlenhydratgehalte in Sproß und Wurzeln verfolgt. Mit Hilfe der Begasung eines Blattes mit $^{14}\text{CO}_2$ konnte in einem an anderer Stelle beschriebenen Parallelversuch der Weg der Assimilate direkt beobachtet werden (KÜHBAUCH et al. 1975). Beide Untersuchungen wurden unternommen, um Parameter für den günstigsten Bekämpfungszeitraum von Bärenklau und Wiesenkerbel mit Wuchsstoffherbiziden festzustellen. Da es sich um perennierende, aus ihren Wurzelstöcken wiederholt austreibende Pflanzen handelt, muß die Behandlung mit Herbiziden zu einem Zeitpunkt geschehen, in dem die stärkste Einwanderung der Assimilate in die Wurzel erfolgt.

Welche Informationen können nun aus der Zusammenschau der Reservestoffgehalte und der ^{14}C -Assimilatewanderung gewonnen werden? Im Bärenklau kann eine relative Vernachlässigung der Assimilateversorgung der Wurzeln gegenüber den oberirdischen Pflanzenteilen durchaus mit einem Anstieg der Reservestoffgehalte in der Wurzel verbunden sein. Die Verfolgung der Kohlenhydratgehalte über die Vegetationszeit gibt daher allein auf keinen Fall hinreichende Informationen über die Orientierung des Assimilatstroms bzw. über den optimalen Bekämpfungszeitpunkt mit Wuchsstoffherbiziden.

Als Beispiel kann hier das erste Stadium beim Wiesenkerbel erwähnt werden. Die isolierte Betrachtung der Kohlenhydrat-, insbesondere der Stärkegehalte würde zunächst zu einer Fehlinterpretation führen. So könnte die Abnahme des Stärkegehaltes (Abb. 4) verstanden werden als Folge einer Vernachlässigung des Assimilatflusses in die Wurzel. Wie die Untersuchungsergebnisse von LANG et al. (1976) zeigen, ist aber gerade zu diesem Entwicklungsstadium die ^{14}C -Konzentration im Wurzelgewebe beachtlich hoch. Dieser scheinbare Widerspruch kann damit erklärt werden, daß hier der von der Pflanze betriebene Aufbau des Wurzelsystems einmal die angelieferten Assimilate verbraucht und darüber hinaus die vorhandenen Reservekohlenhydrate angreift.

Gegen Bärenklau und Wiesenkerbel kann man nach diesen Ergebnissen vor der Anwendung von Wuchsstoffherbiziden zur Zeit der Blüte abraten. In den übrigen Wachstumsstadien dürfte dagegen die Herbizidanwendung insbesondere dann erfolgreich sein, wenn schon große assimilationsfähige Blätter vorhanden sind. Dann erreicht auch während der frühen vegetativen Phase eine ausreichende Herbizidmenge die oberen regenerationsfähigen Teile der Wurzel (vgl. LANG et al. 1975). Eine Herbizidanwendung im Spätsommer bzw. Herbst kann erfolgen, solange noch assimilationsfähige Blätter vorhanden sind, weil in beiden Pflanzen dann das Wurzelgewicht zunimmt. Auch die ^{14}C -Assimilatwanderung zeigt nach der Samenentwicklung in beiden Pflanzen die Wurzel als bevorzugtes Zielorgan für Assimilate. Eine Herbizidanwendung sollte in diesem Entwicklungsstadium, und zwar zur Vermeidung einer generativen Vermehrung, noch vor der Samenreife erfolgen.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit den Veränderungen des Monosaccharid-, Disaccharid- und Stärkegehaltes in Wurzeln und Sproß von Bärenklau (*Heracleum sphondylium*) und Wiesenkerbel (*Anthriscus silvestris*) in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium zur Bestimmung des optimalen Bekämpfungszeitpunktes. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Nach der Bildung der ersten Rosettenblätter begann die Einlagerung von Stärke in die Wurzeln von Bärenklau. Während der Blüte kam die Zunahme der Stärke in den Wurzeln zum Stillstand. Nach der Blüte änderte sich der Stärkegehalt dort nur noch geringfügig, während die Gewichte an Trockenmasse bei den Wurzeln laufend zunahmen. Gegen eine sechsmalige Schnittnutzung erwies sich der Bärenklau als sehr widerstandsfähig. Acht Tage nach dem fünften Schnitt nahm der Stärkegehalt der Wurzeln bereits wieder zu.
2. In den Wurzeln von Wiesenkerbel stieg der Stärkegehalt erst zu Beginn der Blüte sprunghaft an, aber schon während der Blüte ließ die Einlagerung von Kohlenhydraten in die Wurzeln wieder nach. Nach der Blüte wurden Kohlenhydrate in die Ablegerwurzeln eingelagert; die

ursprüngliche Pfahlwurzel starb ab. Unter sechsmaliger Schnittnutzung wurden keine Ableger gebildet; die ursprüngliche Pfahlwurzel blieb erhalten.

3. Kurz vor und zu Beginn der Blüte müßten Phenoxyherbizide, entsprechend der am Stärkegehalt der Wurzeln gemessenen Hauptrichtung der Assimilate, gegen beide Arten besonders wirksam sein, da das Trockengewicht der Wurzeln nach der Blüte stetig zunimmt, solange assimilationsfähige Blätter vorhanden sind und von dort aus noch die unbehinderte Ableitung in die Wurzeln erfolgen kann. Mit dem Reservestoffgehalt der Wurzel allein wird sich jedoch, wie an anderer Stelle gezeigt, mit großer Treffsicherheit der optimale Anwendungszeitpunkt für die Herbizidanwendung nicht beschreiben lassen.

Summary

The reserve metabolism of *Heracleum sphondylium* L. (cow parsnip) and *Anthriscus silvestris* L. Hoffm. (cow parsley)

The present work is concerned with the changes in monosaccharide, disaccharide and starch contents in roots and shoots of *Heracleum sphondylium* (cow parsnip) and *Anthriscus silvestris* (cow parsley) in relation to the development stage for determining the point optimum herbicide control. The results may be summarised as follows:

1. The deposition of starch in the roots began in cow parsnip after the formation of the first rosette leaves. During flowering the increase in starch in the roots came to a halt. After flowering the starch content only changed to a small extent whereas the weight of the dry matter of the roots increased. Cow parsnip showed itself to be very resistant to 6 cuttings. Eight days after the fifth cut the starch content of the roots again increased.
2. In the roots of cow parsley the starch content increased dramatically at the beginning of flowering, but during flowering the deposition of carbohydrates in the roots slowed up. After flowering carbohydrates were deposited in the side roots; the tap root died off. In the 6 cutting treatment no side roots were formed and the tap root remained.
3. Phenoxyherbicides must be especially effective against both species shortly before and up to the beginning of flowering, the period corresponding to the starch content of the roots measuring the main direction of the assimilates. The dry weights of the roots after flowering increases regularly so long as leaves are present which are capable of assimilation and the unrestricted flow of assimilates to the roots can take place. As shown elsewhere, however, the contents reserve materials alone can not be used to indicate the optimal time for herbicide application.

Literaturverzeichnis

1. KÜHBAUCH, W., 1973: Veränderungen von Kohlenhydratfraktionen in Blättern und Stengeln einiger Knaulgrassorten während des Wachstums. *Landw. Forschg.* **26**, 213—220.
2. — —, A. SÜSS und V. LANG, 1975: Wanderung von C^{14} -Assimilaten und C^{14} -Herbiziden in Bärenklaupflanzen (*Heracleum sphondylium*). *Angew. Bot.* **49**, 253—262.
3. LANG, V., G. VOIGTLÄNDER und W. KÜHBAUCH, 1975: Zum Reservestoffwechsel von Stumpflättrigem Ampfer (*Rumex obtusifolius*). *Weed Res.* **15**, 105—110.
- 3a. — —, W. KÜHBAUCH, G. VOIGTLÄNDER und H. IMHOFF, 1976: Wanderung von $^{14}CO_2$ -Assimilaten im Wiesenkerbel (*Anthriscus silvestris* L. Hoffm.). *Z. Acker- und Pflanzenbau* **143**, 287—293.
4. LOEWUS, F., 1952: Improvement in anthrone method for determination of carbohydrates. *Anal. Chem.* **24**, 219.
5. MCCREADY, R. M., J. GUGGOLZ, V. SILVIERA, and H. S. OWENS, 1950: Determination of starch and amylose in vegetables. *Anal. Chem.* **22**, 1156—1158.
6. MÜLLER, F., 1969: Zusammenhänge zwischen Entwicklungsalter, Kohlenhydrathaushalt und Transport von C^{14} -MCPA bei einigen mehrjährigen Unkräutern. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz* **76**, 473—483.
7. — —, 1972: Verteilung von C^{14} -MCPA in verschiedenen Entwicklungsstadien einiger mehrjähriger Umbelliferen. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz* **79**, 453—462.
8. NELSON, N., 1944: A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. biol. Chem.* **153**, 375—380.
9. SOMOGYI, M., 1952: Notes on sugar determination. *J. biol. Chem.* **195**, 19—23.

Anschrift der Autoren: Dr. habil. W. KÜHBAUCH, Dr. V. LANG, Prof. Dr. G. VOIGTLÄNDER und Apotheker H. IMHOFF, Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, 8050 Freising-Weihenstephan.